

DIN EN ISO 1101



ICS 17.040.40

Ersatz für  
DIN EN ISO 1101:2014-04

**Geometrische Produktspezifikation (GPS) –  
Geometrische Tolerierung –  
Tolerierung von Form, Richtung, Ort und Lauf (ISO 1101:2017);  
Deutsche Fassung EN ISO 1101:2017**

Geometrical product specifications (GPS) –  
Geometrical tolerancing –  
Tolerances of form, orientation, location and run-out (ISO 1101:2017);  
German version EN ISO 1101:2017

Spécification géométrique des produits (GPS) –  
Tolérancement géométrique –  
Tolérancement de forme, orientation, position et battement (ISO 1101:2017);  
Version allemande EN ISO 1101:2017

Gesamtumfang 159 Seiten

DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG)



## **Nationales Vorwort**

Dieses Dokument (EN ISO 1101:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 213 „Dimensional and geometrical product specifications and verification“ in Zusammenarbeit mit dem technischen Komitee CEN/TC 290 „Geometrische Produktspezifikation und -prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 152-03-02 AA „CEN/ISO Geometrische Produktspezifikation und -prüfung“ im DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG) zuständig.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 128-24:1999	siehe	DIN ISO 128-24:1999-12
ISO 1660	siehe	DIN ISO 1660
ISO 2692:2014	siehe	DIN EN ISO 2692:2015-12
ISO 3040:1990	siehe	DIN EN ISO 3040:2016-12
ISO 3098-1	siehe	DIN EN ISO 3098-1
ISO 3098-2:2000	siehe	DIN EN ISO 3098-2:2000-11
ISO 3098-5	siehe	DIN EN ISO 3098-5
ISO 5458	siehe	DIN EN ISO 5458
ISO 5459	siehe	DIN EN ISO 5459
ISO 7083:1983	siehe	DIN ISO 7083:1984-06
ISO 8015:2011	siehe	DIN EN ISO 8015:2011-09
ISO 10579:2010	siehe	DIN EN ISO 10579:2013-11
ISO 13715	siehe	DIN ISO 13715
ISO 14253-1	siehe	DIN EN ISO 14253-1
ISO 14638	siehe	DIN EN ISO 14638
ISO 16610 (all Parts)	siehe	DIN EN ISO 16610 (alle Teile)
ISO 17450-1:2011	siehe	DIN EN ISO 17450-1:2012-04
ISO 17450-2	siehe	DIN EN ISO 17450-2
ISO 17450-3	siehe	DIN EN ISO 17450-3
ISO 22432	siehe	DIN EN ISO 22432
ISO 25378:2011	siehe	DIN EN ISO 25378:2011-12
ISO 81714-1	siehe	DIN EN ISO 81714-1

## Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 1101:2014-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) es wurden Werkzeuge zur Festlegung der Filterung des tolerierten Geometrieelements ergänzt;
- b) es wurden Werkzeuge zur Tolerierung assoziierter Geometrieelemente ergänzt;
- c) es wurden Werkzeuge zur Tolerierung von Formeigenschaften ergänzt, indem die Assoziation von Bezugselementen und der tolerierte Parameter festgelegt werden;
- d) es wurden Werkzeuge zur Festlegung der Nebenbedingungen für die Toleranzzone ergänzt;
- e) die Regeln für Toleranzen, bei denen die Modifikatoren „rundum“ oder „rundherum“ angewendet werden, wurden erläutert;
- f) im Falle von Rundheitstoleranzen für Kegel ist die Richtung der Toleranzzone nun stets anzugeben, um eine Ausnahme von der allgemeinen Regel, dass Toleranzen für integrale Geometrieelemente senkrecht zur Oberfläche gelten, zu vermeiden;
- g) das „von-bis“-Symbol wurde ausgemustert und durch das „zwischen“-Symbol ersetzt.

## Frühere Ausgaben

DIN 7182-4: 1959-03

DIN 7184-1: 1972-05

DIN 7184-1 Beiblatt 1: 1973-02

DIN ISO 1101: 1985-03, 2006-02

DIN EN ISO 1101: 2008-08, 2014-04

DIN EN ISO 1101 Berichtigung 1: 2011-10

## **Nationaler Anhang NA** **(informativ)**

### **Literaturhinweise**

DIN ISO 128-24:1999-12, *Technische Zeichnungen - Allgemeine Grundlagen der Darstellung - Teil 24: Linien in Zeichnungen der mechanischen Technik (ISO 128-24:1999)*

DIN ISO 1660, *Technische Zeichnungen — Eintragung von Maßen und Toleranzen von Profilen; Identisch mit ISO 1660:1987*

DIN EN ISO 2692:2015-12, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Geometrische Tolerierung — Maximum-Material-Bedingung (MMR), Minimum-Material-Bedingung (LMR) und Reziprozitätsbedingung (RPR) (ISO 2692:2014); Deutsche Fassung EN ISO 2692:2014*

DIN EN ISO 3040:2016-12, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Bemaßung und Tolerierung — Kegel (ISO 3040:2016); Deutsche Fassung EN ISO 3040:2016*

DIN EN ISO 3098-1, *Technische Produktdokumentation — Schriften — Teil 1: Grundregeln*

DIN EN ISO 3098-2:2000-11, *Technische Produktdokumentation — Schriften — Teil 2: Lateinisches Alphabet, Ziffern und Zeichen (ISO 3098-2:2000); Deutsche Fassung EN ISO 3098-2:2000*

DIN EN ISO 3098-5, *Technische Produktdokumentation — Schriften Teil 5: CAD-Schrift des lateinischen Alphabetes sowie der Ziffern und Zeichen*

DIN EN ISO 5458, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Form- und Lagetolerierung — Positionstolerierung*

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

DIN ISO 7083:1984-06, *Technische Zeichnungen — Symbole für Form- und Lagetolerierung — Verhältnisse und Maße*

DIN EN ISO 8015:2011-09, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Grundlagen - Konzepte, Prinzipien und Regeln (ISO 8015:2011); Deutsche Fassung EN ISO 8015:2011*

DIN EN ISO 10579:2013-11, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Bemaßung und Tolerierung — Nicht-formstabile Teile (ISO 10579:2010, einschließlich Cor 1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 10579:2013*

DIN EN ISO 13715, *Technische Zeichnungen — Werkstückkanten mit unbestimmter Form — Begriffe und Zeichnungsangaben*

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

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

DIN EN ISO 16610 (alle Teile), *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Filterung*

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

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

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

DIN EN ISO 22432, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Zur Spezifikation und Prüfung benutzte Geometrieelemente*

DIN EN ISO 25378:2011-12, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Merkmale und Bedingungen — Begriffe (ISO 25378:2011); Deutsche Fassung EN ISO 25378:2011*

DIN EN ISO 81714-1, *Gestaltung von graphischen Symbolen für die Anwendung in der technischen Produktdokumentation — Teil 1: Grundregeln*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Geometrische Produktspezifikation (GPS) —  
Geometrische Tolerierung —  
Tolerierung von Form, Richtung, Ort und Lauf  
(ISO 1101:2017)

Geometrical product specifications (GPS) —  
Geometrical tolerancing —  
Tolerances of form, orientation, location and run-out  
(ISO 1101:2017)

Spécification géométrique des produits (GPS) —  
Tolérancement géométrique —  
Tolérancement de forme, orientation, position et  
battement (ISO 1101:2017)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 14. Dezember 2016 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

# Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort .....	4
Vorwort .....	5
Einleitung .....	7
1 Anwendungsbereich.....	9
2 Normative Verweisungen.....	9
3 Begriffe .....	10
4 Grundlagen.....	13
5 Symbole .....	14
6 Tolerierte Geometrieelemente.....	18
7 Toleranzzonen.....	21
7.1 Toleranzzonendefaults.....	21
7.2 Toleranzzonen mit variabler Weite.....	22
7.3 Richtung von Toleranzzonen bei abgeleiteten Geometrieelementen.....	22
7.4 Zylindrische und kugelförmige Toleranzzonen .....	22
8 Angabe der geometrischen Spezifikation.....	23
8.1 Allgemeines .....	23
8.2 Toleranzindikator .....	23
8.3 Indikatoren für Ebenen und Geometrieelemente .....	45
8.4 Unmittelbar neben dem Toleranzindikator stehende Angaben .....	46
8.5 Gestapelte Toleranzangaben.....	48
8.6 Angabe von Zeichnungs-Defaults.....	49
9 Ergänzende Angaben.....	50
9.1 Angaben eines zusammengesetzten oder eines begrenzten tolerierten Geometrieelementes .....	50
9.2 Bewegliche Baugruppen .....	56
10 Theoretisch exakte Maße (TED) .....	56
11 Einschränkende Spezifikationen.....	57
12 Projiziertes toleriertes Geometrieelement.....	59
13 Schnittebenen .....	63
13.1 Die Rolle von Schnittebenen.....	63
13.2 Zum Aufbau einer Familie von Schnittebenen verwendete Geometrieelemente.....	63
13.3 Graphische Symbole .....	63
13.4 Regeln .....	63
14 Orientierungsebenen .....	66
14.1 Rolle von Orientierungsebenen .....	66
14.2 Zum Aufbau von Orientierungsebenen verwendete Geometrieelemente .....	66
14.3 Graphische Symbole .....	66
14.4 Regeln .....	67
15 Richtungselement.....	68
15.1 Rolle von Richtungselementen.....	68

15.2	Zum Aufbau von Richtungselementen verwendete Geometrielemente .....	70
15.3	Graphische Symbole .....	70
15.4	Regeln .....	70
16	Kollektionsebene.....	72
16.1	Rolle von Kollektionsebenen .....	72
16.2	Zum Aufbau von Kollektionsebenen verwendete Geometrielemente .....	72
16.3	Graphische Symbole .....	72
16.4	Regeln .....	72
17	Definitionen geometrischer Spezifikationen .....	72
17.1	Allgemeines .....	72
17.2	Geradheitsspezifikation.....	72
17.3	Ebenheitsspezifikation.....	74
17.4	Rundheitsspezifikation .....	75
17.5	Zylindrizitätsspezifikation.....	77
17.6	Linienprofilspezifikation ohne Bezug.....	78
17.7	Linienprofilspezifikation in Verbindung mit einem Bezugssystem .....	79
17.8	Flächenprofilspezifikation ohne Bezug.....	81
17.9	Flächenprofilspezifikation mit einem Bezug .....	81
17.10	Parallelitätsspezifikation .....	82
17.11	Rechtwinkligkeitsspezifikation .....	90
17.12	Neigungsspezifikation .....	95
17.13	Positionsspezifikation .....	99
17.14	Konzentritäts- und Koaxialitätsspezifikation .....	106
17.15	Symmetriespezifikation.....	109
17.16	Rundlaufspezifikation .....	110
17.17	Gesamtrundlaufspezifikation .....	116
Anhang A (informativ) Überholte und frühere Praktiken .....		118
Anhang B (informativ) Explizite und implizite Regeln für geometrische Toleranzzonen .....		126
Anhang C (informativ) Filter .....		132
Anhang D (normativ) ISO spezielle Modifikatoren für Form .....		135
Anhang E (informativ) Filter-Details.....		136
Anhang F (normativ) Verhältnisse und Maße von graphischen Symbolen.....		150
Anhang G (informativ) Zusammenhang mit dem GPS-Matrix-Modell .....		152
Literaturhinweise.....		153

## **Europäisches Vorwort**

Dieses Dokument (EN ISO 1101:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 213 „Dimensional and geometrical product specifications and verification“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 290 „Geometrische Produktspezifikationen und -prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2017 und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2017 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 1101:2013.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

### **Anerkennungsnotiz**

Der Text von ISO 1101:2017 wurde vom CEN als EN ISO 1101:2017 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

## Vorwort

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

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

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

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: [www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 213, *Dimensional and geometrical product specifications and verifications*.

Diese vierte Ausgabe ersetzt die dritte Ausgabe (ISO 1101:2012), welche technisch überarbeitet wurde.

Die Berichtigung ISO 1101:2012/Cor.1:2013 ist ebenfalls eingearbeitet.

Die wichtigsten Änderungen sind wie folgt:

- Es wurden Werkzeuge zur Festlegung der Filterung des tolerierten Geometrieelements ergänzt und eine Linienart wurde für seine visuelle Darstellung bezeichnet.
- Es wurden Werkzeuge zur Tolerierung assoziierter Geometrieelemente ergänzt.
- Es wurden Werkzeuge zur Festlegung von Formmerkmalen ergänzt, indem die Assoziation von Referenzelementen und zugehörige Parameter festgelegt wurden.
- Es wurden Werkzeuge zur Festlegung der Nebenbedingungen für die Toleranzzone ergänzt.
- Die Regeln für Spezifikationen, die die Modifikatoren „rundum“ oder „rundherum“ verwenden, wurden erläutert.

- Im Falle von Rundheitstoleranzen für rotationssymmetrische Flächen, die weder zylindrisch noch kugelförmig sind, z. B. Kegel, ist die Richtung der Toleranzzone nun stets anzugeben, um eine Ausnahme von der allgemeinen Regel, dass Spezifikationen für integrale Geometrieelemente rechtwinklig zur Fläche gelten, zu vermeiden.
- Das „von-bis“-Symbol wurde zurückgezogen und durch das „zwischen“-Symbol ersetzt.

## Einleitung

Dieses Dokument ist eine Norm der Geometrischen Produktspezifikation (GPS) und als allgemeine GPS-Norm zu betrachten (siehe ISO 14638). Es beeinflusst Kettenglieder A, B und C der Normenkette zu Form, Richtung, Ort und Lauf.

Der ISO/GPS-Masterplan in ISO 14638 gibt einen Überblick über das ISO-GPS-System, von dem dieses Dokument ein Teil ist. Die grundsätzlichen ISO-GPS-Regeln nach ISO 8015 gelten für dieses Dokument. Die Default-Entscheidungsregeln nach ISO 14253-1 gelten für Spezifikationen, die nach diesem Dokument getroffen werden, solange nichts anderes angegeben ist.

Für weitere Informationen im Zusammenhang mit diesem Dokument und dem GPS-Matrix-Modell, siehe Anhang G.

Dieses Dokument stellt die Ausgangsbasis für die geometrische Tolerierung dar und beschreibt deren erforderliche Grundlagen. Dennoch ist es ratsam, auch die gesonderten Normen, auf die im Abschnitt 2 und in den Tabellen 3 und 4 hingewiesen wird, für weitere detaillierte Informationen heranzuziehen.

Für die Darstellung der Beschriftung (Größenverhältnisse und Maße), siehe ISO 3098-2.

Alle Bilder in diesem Dokument für 2D-Zeichnungseintragungen sind in der Projektionsmethode 1 mit Maßen und Toleranzen in Millimetern gezeichnet. Es hätten jedoch ebenso gut die Projektionsmethode 3 und andere Maßeinheiten angewendet werden können, ohne dadurch die Bedeutung der festgelegten Grundlagen zu verändern. Für alle Bilder mit Spezifikationsbeispielen in 3D sind die Maße und Toleranzen dieselben wie für die gleichen in 2D dargestellten Bilder.

Die Bilder in diesem Dokument stellen entweder 2D-Zeichnungsansichten oder axonometrische 3D-Ansichten von 2D-Zeichnungen dar und sollen veranschaulichen, wie eine Spezifikation vollständig mit sichtbaren Anmerkungen angezeigt werden kann. Für Möglichkeiten der Darstellung einer Spezifikation, wo Geometrielemente der Spezifikation durch eine Abfrage-Funktion oder eine andere Abfrage von Informationen zu dem 3D-CAD-Modell verfügbar gemacht werden können und für die Regeln zur Angabe von Spezifikationen zu 3D-CAD-Modellen siehe ISO 16792.

Die Bilder in diesem Dokument illustrieren den Text und sind nicht dazu geeignet, die tatsächliche Anwendung wiederzugeben. Folglich sind die Bilder nicht vollständig angegeben und spezifiziert sondern nur allgemeine Grundsätze. Bei den Bildern ist nicht beabsichtigt, wenn versteckte Details, Tangentenlinien oder andere Annotationen gezeigt oder nicht gezeigt werden, einer bestimmten Anzeigeanforderung inhaltlich zu entsprechen. Bei vielen Bildern wurden Linien oder Details entfernt, hinzugefügt oder erweitert, um bei der Erläuterung des Textes zu helfen. Siehe Tabelle 1 für die Darstellung der Linienarten in den Bildern.

Damit eine GPS-Spezifikation eindeutig ist, müssen die Partitionsbestimmung, die Begrenzung des tolerierten Geometrielements sowie die Filterung genau definiert sein. Aktuell sind die detaillierten Regeln für die Partitionierung und den Default für die Filterung nicht in den GPS-Normen definiert.

Für die eindeutige Darstellung (Größenverhältnisse und Maße) der Symbole der geometrischen Tolerierung, siehe ISO 7083 und Anhang F.

Der Anhang A dieses Dokuments dient nur der Information. Er stellt frühere, in dieser Norm nicht mehr enthaltene und nicht mehr anzuwendende Zeichnungseintragungen dar.

Für die Anwendung dieses Dokuments werden die Benennungen „Achse“ und „Mittalebene“ für abgeleitete Geometrieelemente mit perfekter Form und die Benennungen „Mittellinie“ und „Mittelfläche“ für abgeleitete Geometrieelemente mit nicht perfekter Form verwendet. Weiterhin wurden in den erklärenden Bildern die nachstehenden Linienarten verwendet, d. h. die für nicht technische Zeichnungen, für welche die Regeln nach ISO 128 (alle Teile) gültig sind.

**Tabelle 1**

Ebene des Geometrie-elementes	Art des Geometrie-elementes	Details	Linienart	
			Sichtbar	Verdeckt durch Ebene/Fläche
nominales Geometrieelement	integrales Geometrieelement	Punkt Linie/Achse Fläche/Ebene	breite Volllinie	schmale Strichlinie
	abgeleitetes Geometrieelement	Punkt Linie/Achse Fläche/Ebene	schmale Strich-Punktlinie (langer Strich)	schmale Strich-Punktlinie
reales Geometrieelement	integrales Geometrieelement	Fläche	breite Freihandlinie	schmale Freihand-Strichlinie
extrahiertes Geometrieelement	integrales Geometrieelement	Punkt Linie Fläche	breite Strichlinie (kurzer Strich)	schmale Strichlinie (kurzer Strich)
	abgeleitetes Geometrieelement	Punkt Linie Fläche	breite Punktlinie	schmale Punktlinie
gefiltertes Geometrieelement	integrales Geometrieelement	Linie Fläche	schmale Volllinie	schmale Volllinie
assoziiertes Geometrieelement	integrales Geometrieelement	Punkt gerade Linie Ebene	breite Zweistrich-Zweipunktlinie	schmale Zweistrich-Zweipunktlinie
	abgeleitetes Geometrieelement	Punkt gerade Linie (Achse) Ebene	schmale Strich-Zweipunktlinie (langer Strich)	breite Strich-Zweipunktlinie
	Bezug	Punkt Linie/Achse Fläche/Ebene	breite Strich-Doppelkurzstrichlinie (langer Strich)	schmale Strich-Doppelkurzstrichlinie (langer Strich)
Grenzen der Toleranzzone, Toleranzebenen		Linie Fläche	schmale Volllinie	schmale Strichlinie
Schnitt-, Abbildungs-, Zeichnungs- und Hilfsebene		Linie Fläche	schmale Strich-Kurzstrichlinie (langer Strich)	schmale Strich-Kurzstrichlinie
Maßhilfs-, Maß-, Hinweis- und Referenzlinien		Linie	schmale Volllinie	schmale Strichlinie

**WICHTIG — Die Bilder in diesem Dokument sollen den Text veranschaulichen und/oder Beispiele liefern in Bezug auf die Spezifikation der technischen Zeichnung; diese Bilder sind nicht vollständig bemaßt und toleriert und zeigen nur die jeweils zutreffenden allgemeinen Grundlagen. Insbesondere enthalten viele Bilder keine Filterspezifikationen. Folglich stellen die Bilder nicht ein gesamtes Werkstück dar und entsprechen nicht der in der Industrie geforderten Qualität (im Hinblick auf die vollständige Übereinstimmung mit den von ISO/TC 10 und ISO/TC 213 erarbeiteten Normen) und sind somit nicht für Unterrichtszwecke geeignet.**

## 1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument definiert die Symbolsprache für geometrische Spezifikationen von Werkstücken und die Regeln zu deren Interpretation.

Es bietet die Grundlage für die geometrische Spezifikation.

Die Bilder in diesem Dokument sollen veranschaulichen, wie eine Spezifikation vollständig mit sichtbaren Anmerkungen (einschließlich z. B. TEDs) angegeben werden kann.

ANMERKUNG 1 Weitere Internationale Normen, auf die im Abschnitt 2 und in den Tabellen 3 und 4 hingewiesen werden, enthalten ausführlichere Informationen zur geometrischen Tolerierung.

ANMERKUNG 2 Das vorliegende Dokument enthält Regeln für die explizite und direkte Angabe von geometrischen Spezifikationen. Alternativ können die gleichen Spezifikationen indirekt angegeben werden in Übereinstimmung mit ISO 16792 in dem diese einem 3D CAD-Model zugewiesen werden. In diesem Fall ist es möglich, dass Geometrielemente der Spezifikation über eine Abfragefunktion oder sonstige Informationsabfrage zum Modell verfügbar sein können, anstatt mittels sichtbarer Anmerkungen angezeigt zu werden

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden in diesem Dokument solcher Art zitiert, dass einige Teile oder der gesamte Inhalt Anforderungen dieses Dokuments enthalten. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 128-24:1999, *Technical drawings — General principles of presentation — Part 24: Lines on mechanical engineering drawing*

ISO 1660, *Technical drawings — Dimensioning and tolerancing of profiles*

ISO 2692:2014, *Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Maximum material requirement (MMR), least material requirement (LMR) and reciprocity requirement (RPR)*

ISO 5458, *Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Positional tolerancing*

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

ISO 8015:2011, *Geometrical product specifications (GPS) — Fundamentals — Concepts, principles and rules*

ISO 10579:2010, *Geometrical product specifications (GPS) — Dimensioning and tolerancing — Non-rigid parts*

ISO 13715, *Technical drawings — Edges of undefined shape — Vocabulary and indications*

ISO 16610 (alle Teile), *Geometrical product specifications (GPS) — Filtration*

ISO 17450-1:2011, *Geometrical product specifications (GPS) — General concepts — Part 1: Model for geometrical specification and verification*

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

ISO 17450-3, *Geometrical product specifications (GPS) — General concepts — Part 3: Toleranced features*

ISO 22432, *Geometrical product specifications (GPS) — Features utilized in specification and verification*

ISO 25378:2011, *Geometrical product specifications (GPS) — Characteristics and conditions — Definitions*

### **3 Begriffe**

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 8015, nach der Reihe ISO 16610, ISO 17450-1, ISO 17450-2, ISO 17450-3, ISO 22432, ISO 25378 und die folgenden Begriffe.

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

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: unter <http://www.iso.org/obp>

#### **3.1**

##### **Toleranzzone**

Raum, der durch eine oder mehrere ideale Linien oder Flächen, diese mit einschließend, begrenzt und durch ein oder mehrere Längenmaße, Toleranz genannt, gekennzeichnet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch 4.4.

#### **3.2**

##### **Schnittebene**

Ebene, errichtet aus einem extrahierten Geometrieelement eines Werkstücks, die eine Linie auf einer extrahierten Fläche (integrale oder mittlere) oder einen Punkt auf einer extrahierten Linie festlegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Verwendung von Schnittebenen macht es möglich, tolerierte Geometrieelemente unabhängig von der Ansicht festzulegen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für die Oberflächengüte kann die Schnittebene verwendet werden, um die Richtung des Auswertebereichs zu definieren, siehe ISO 25178-1.

#### **3.3**

##### **Orientierungsebene**

Ebene, errichtet aus einem extrahierten Geometrieelement eines Werkstücks, das die Orientierung der Toleranzzone festlegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Verwendung einer Orientierungsebene macht es möglich, unabhängig des theoretisch exakten Maßes (TEDs) (für den Fall des Ortes) oder des Bezugs (für den Fall der Orientierung) die Richtung der Ebenen oder Zylinder festzulegen, welche die Toleranzzone begrenzen. Die Orientierungsebene wird zu diesem Zweck nur verwendet, wenn das tolerierte Geometrieelement ein mittleres Geometrieelement (Mittelpunkt, mittlere Gerade) ist und die Toleranzzone durch zwei parallele Geraden oder zwei parallele Ebenen oder für einen Mittelpunkt einen Zylinder festgelegt ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Verwendung einer Orientierungsebene ermöglicht es außerdem, die Richtung eines rechteckigen eingeschränkten Bereiches festzulegen.

### 3.4

#### **Richtungsgeometrieelement**

ideales Geometrieelement, errichtet aus einem extrahierten Geometrieelement des Werkstücks, das die Richtung der lokalen Abweichungen kennzeichnet

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Richtungsgeometrieelement kann eine Ebene, ein Zylinder oder ein Kegel sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für eine Linie auf einer Fläche macht es die Verwendung eines Richtungsgeometrieelements möglich, die Richtung der Weite der Toleranzzone zu ändern.

Anmerkung 3 zum Begriff: Das Richtungsgeometrieelement wird verwendet, wenn der Toleranzwert anstatt senkrecht zur spezifizierten Geometrie in einer anderen spezifizierten Richtung gilt.

Anmerkung 4 zum Begriff: Das Richtungsgeometrieelement wird aus dem Bezug aufgebaut, der im zweiten Feld des Richtungsgeometrieelement-Indikators vorgegeben ist. Die Geometrie des Richtungsgeometrieelements hängt von der Geometrie des tolerierten Geometrieelements ab.

### 3.5

#### **zusammengesetztes kontinuierliches Geometrieelement**

einzelnes Geometrieelement, aus mehr als einem einzelnen Geometrieelement ohne Zwischenräume zusammengesetzt

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein zusammengesetztes kontinuierliches Geometrieelement kann geschlossen sein oder nicht.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein nicht geschlossenes zusammengesetztes kontinuierliches Geometrieelement kann dadurch festgelegt werden, dass das „zwischen“-Symbol (siehe 9.1.4) und der UF-Modifikator verwendet werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Ein geschlossenes zusammengesetztes kontinuierliches Geometrieelement kann dadurch festgelegt werden, dass das „Rundum“-Symbol (siehe 9.1.2) sowie der UF-Modifikator verwendet werden. In diesem Fall ist es ein Satz von einzelnen Geometrieelementen, deren Schnitt mit jeder Ebene parallel zu einer Kollektionsebene eine Linie oder einen Punkt ergibt.

Anmerkung 4 zum Begriff: Ein geschlossenes zusammengesetztes kontinuierliches Geometrieelement kann dadurch festgelegt werden, dass das „Rundherum“-Symbol (siehe 9.1.2) und der UF-Modifikator verwendet werden.

### 3.6

#### **Kollektionsebene**

Ebene, errichtet aus einem Geometrieelement eines Werkstücks, die ein geschlossenes zusammengesetztes kontinuierliches Geometrieelement festlegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Kollektionsebene wird stets verwendet, wenn das „Rundum“-Symbol angewendet wird.

### 3.7

#### **theoretisch exaktes Maß**

##### **TED**

in GPS-Anwendungen angegebenes lineares oder Winkelmaß, welches theoretisch exakte Geometrie, Ausdehnung, Orte und Richtungen von Geometrieelementen festlegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Für den Zweck dieses Dokuments wurde der Begriff „theoretisch exaktes Maß“ durch TED (en: theoretically exact dimension) abgekürzt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein TED kann verwendet werden zur Definition von Folgendem:

- die Nenngestalt und -maße von Geometrieelementen;
- die Definition von theoretisch exakten Geometrieelementen (TEF);

- der Ort und das Maß von Teilbereichen von Geometrieelementen, einschließlich eingeschränkter Toleranz-(Geometrie-)Elemente;
- die Länge von projizierten Geometrieelementen;
- der relative Ort und die relative Richtung von zwei oder mehreren Toleranzzonen;
- die relative Lage und Richtung von Bezugsstellen, einschließlich beweglicher Bezugsstellen;
- der Ort und die Richtung von Toleranzzonen bezüglich der Bezüge und Bezugssysteme;
- die Richtung der Weite von Toleranzzonen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Ein TED kann explizit oder implizit sein. Bei dessen Angabe wird ein expliziter TED durch eine Zahl in einem rechteckigen Rahmen gekennzeichnet und teilweise mit einem assoziierten Symbol, z. B.  $\varnothing$  oder R. An 3D-Modellen können, bei Bedarf, explizite TEDs zur Verfügung gestellt werden.

Anmerkung 4 zum Begriff: Ein implizierter TED ist nicht angegeben. Ein implizierter TED ist einer der folgenden: 0 mm, 0°, 90°, 180°, 270° und der Winkelabstand zwischen Bezügen mit gleichem Abstand auf einem kompletten Kreis.

Anmerkung 5 zum Begriff: TEDs sind von individuellen oder allgemeinen Spezifikationen nicht betroffen.

### **3.8** **theoretisch exaktes Geometrieelement** **TEF**

nominales Geometrieelement mit idealer Gestalt, idealem Größenmaß, idealer Richtung und Lage, je nach Anwendung

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein theoretisch exaktes Geometrieelement (TEF) kann jede Gestalt haben und kann durch explizit angegebene theoretisch exakte Maße (TEDs) oder implizit in den CAD-Daten bestimmt definiert werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die theoretisch exakte Lage und Orientierung ist, sofern zutreffend, die Lage und Orientierung relativ zum angezeigten Bezugssystem für die Spezifikation des entsprechenden tatsächlichen Geometrieelementes.

Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe auch ISO 25378.

BEISPIEL 1 Die in Bild 110 dargestellte kugelförmige Fläche ist ein theoretisch exaktes Geometrieelement mit einem festgelegten Kugelradius und einer festgelegten Lage und Orientierung zum Bezug A.

BEISPIEL 2 Eine virtuelle Bedingung, z. B. eine virtuelle Maximum-Material-Bedingung (MMVC) nach ISO 2692 ist ein theoretisch exaktes Geometrieelement.

### **3.9** **vereinigtes Geometrieelement**

zusammengesetztes integrales Geometrieelement, das kontinuierlich sein kann, aber nicht muss und als einzelnes Geometrieelement angesehen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein vereinigtes Geometrieelement kann ein abgeleitetes Geometrieelement haben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Festlegung eines vereinigten Geometrieelementes ist absichtlich sehr weit gefasst, um zu vermeiden, dass hilfreiche Anwendungen ausgeschlossen werden. Es ist jedoch nicht beabsichtigt, dass ein vereinigtes Geometrieelement zur Festlegung von etwas verwendet werden kann, das von Natur aus mehrere gesonderte Geometrieelemente umfasst. Beispielsweise ist der Aufbau eines vereinigten Geometrieelementes aus zwei parallelen nicht koaxialen zylindrischen Geometrieelementen oder zwei parallelen nicht koaxialen Rechteckrohren (jedes jeweils errichtet aus zwei senkrechten Paaren paralleler Ebenen) kein vorgesehener Verwendungszweck.

BEISPIEL 1 Ein zylindrisches Geometrieelement, das durch eine Reihe von Bogenelementen definiert wird, wie z. B. der Außendurchmesser eines Splines, ist eine geplante Anwendung für ein vereinigtes Geometrieelement, siehe Bild 48.

BEISPIEL 2 Zwei vollständige koaxiale Zylinder, die nicht dasselbe Nennmaß haben, können nicht als vereinigtes Geometrieelement angesehen werden.

## 4 Grundlagen

**4.1** Geometrische Toleranzen müssen in Übereinstimmung mit den Funktionsanforderungen spezifiziert werden. Anforderungen aus der Herstellung und der Prüfung können die geometrische Tolerierung ebenfalls beeinflussen.

ANMERKUNG Die Angabe geometrischer Toleranzen legt nicht unbedingt die Anwendung irgendeines speziellen Verfahrens zur Herstellung, Messung oder Eichung fest.

**4.2** Eine auf ein Geometrieelement angewendete geometrische Toleranz definiert die Toleranzzone um das Referenzgeometrieelement, in der dieses tolerierte Geometrieelement liegen muss.

ANMERKUNG 1 In manchen Fällen, d.h. wenn die in diesem Dokument eingeführten Modifikatoren für Merkmalparameter, siehe Bild 13, verwendet wurden, können geometrische Spezifikationen Merkmale statt Zonen beschreiben.

ANMERKUNG 2 Alle in den Bildern dieses Dokuments angegebenen Maße sind in Millimeter.

**4.3** Ein Geometrieelement ist ein bestimmter Teil eines Werkstückes, wie ein Punkt, eine Linie oder eine Fläche. Diese Geometrieelemente können integrale Geometrieelemente (z. B. eine Zylindermantelfläche) oder abgeleitete Geometrieelemente (z. B. eine Mittellinie oder eine Mittelfläche) sein. Siehe ISO 17450-1.

**4.4** Je nach zu spezifizierendem Merkmal und je nach Art seiner Spezifizierung ist die Toleranzzone eine der folgenden:

- der Raum innerhalb eines Kreises;
- der Raum zwischen zwei konzentrischen Kreisen;
- der Raum zwischen zwei parallelen Kreisen auf einer Kegelfläche;
- der Raum zwischen zwei parallelen Kreisen mit demselben Durchmesser;
- der Raum zwischen zwei abstandsgleichen komplexen Linien oder zwei parallelen geraden Linien;
- der Raum zwischen zwei nicht-abstandsgleichen komplexen Linien oder zwei nicht-parallelen geraden Linien;
- der Raum innerhalb eines Zylinders;
- der Raum zwischen zwei coaxialen Zylindern;
- der Raum innerhalb eines Kegels;
- der Raum innerhalb einer einzelnen komplexen Fläche;
- der Raum zwischen zwei abstandsgleichen komplexen Flächen oder zwei parallelen Ebenen;
- der Raum innerhalb einer Kugel;
- der Raum zwischen zwei nicht-abstandsgleichen komplexen Flächen oder zwei nicht-parallelen Ebenen.

ANMERKUNG Die Toleranzzone kann im CAD-Modell bestimmt werden.

**4.5** Solange keine weitere Einschränkung gefordert ist, zum Beispiel durch eine erklärende Anmerkung, darf das tolerierte Geometrieelement jede beliebige Form oder Orientierung und/oder Lage innerhalb dieser Toleranzzone haben.

**4.6** Die Spezifikation gilt für die ganze Länge des betrachteten Geometrieelementes, solange nicht etwas anderes spezifiziert ist. Siehe Abschnitte 11 und 12.

Aktuell sind die detaillierten Regeln für die Partitionierung (Definieren der Begrenzung des tolerierten Geometrieelementes) nicht in den GPS-Normen definiert. Dies führt zu einer Spezifikationsmehrdeutigkeit.

**4.7** Geometrische Spezifikationen an Geometrieelementen mit einem Bezug begrenzen nicht die Formabweichungen des(r) Bezugselements(e) selbst.

**4.8** Wenn es aus funktionellen Gründen erforderlich ist, können ein oder mehrere Merkmale spezifiziert werden, um die geometrischen Abweichungen eines Geometrieelementes festzulegen. Bestimmte Spezifikationsarten, welche die geometrischen Abweichungen eines tolerierten Geometrieelementes begrenzen, können auch andere Arten von Abweichungen des gleichen Geometrieelementes begrenzen.

- Eine Ortsspezifikation begrenzt die Ortsabweichung, die Richtungsabweichung und die Formabweichung des tolerierten Geometrieelementes.
- Eine Richtungsspezifikation begrenzt die Richtungs- und Formabweichungen des tolerierten Geometrieelementes, kann aber keine Ortsabweichung kontrollieren.
- Eine Formspezifikation begrenzt nur Formabweichungen des tolerierten Geometrieelementes.

## **5 Symbole**

Die im Symbolfeld des Toleranzindikators verwendeten Symbole sind in Tabelle 2 festgelegt.

Die im Feld für Zone, Geometrieelement und Merkmal des Toleranzindikators verwendeten Symbole sind in Tabelle 3 festgelegt. Anhang C legt die Bedeutung der Filtersymbole und Anhang D die Bedeutung von Assoziationssymbolen und Parametersymbolen (eines Merkmals) fest.

Einige in anderen Normen festgelegte Symbole, die in ISO 1101 verwendet werden, sind in Tabelle 4 zur Information dargestellt.

Für Filtersymbole, siehe Tabelle C.1, für Nesting-Indizes, siehe Tabelle C.2, für Assoziationssymbole, siehe Tabelle D.1, und für Parametersymbole, siehe Tabelle D.2.

ANMERKUNG Zu den Symbolverhältnissen siehe ISO 7083 und Anhang F.

Tabelle 2 — Symbole für geometrische Merkmale

Spezifikation	Merkmale	Symbol	Bezug erforderlich	Unterabschnitt
Form	Geradheit	—	nein	17.2
	Ebenheit	▭	nein	17.3
	Rundheit	○	nein	17.4
	Zylindrizität	∅	nein	17.5
	Linienprofil	⌒ <sup>a</sup>	nein	17.6
	Flächenprofil	⤿ <sup>a</sup>	nein	17.8
Richtung	Parallelität	//	ja	17.10
	Rechtwinkligkeit	⊥	ja	17.11
	Neigung	∠	ja	17.12
	Linienprofil	⌒ <sup>a</sup>	ja	
	Flächenprofil	⤿ <sup>a</sup>	ja	
Ort	Position	⊕	nein	<sup>b</sup>
			ja	17.13
	Konzentrität (für Mittelpunkte)	⊙	ja	17.14
	Koaxialität (für Mittellinien)	⊙	ja	17.14
	Symmetrie	≡	ja	17.15
	Linienprofil	⌒ <sup>a</sup>	ja	17.7
Flächenprofil	⤿ <sup>a</sup>	ja	17.9	
Lauf	Einfacher Lauf	↗	ja	17.16
	Gesamtlauf	↗↗	ja	17.17
<p>ANMERKUNG 1 Das Symbol für die Spezifikation des Linienprofils wurde in früheren Versionen dieses Dokuments „Profil einer beliebigen Linie“ genannt.</p> <p>ANMERKUNG 2 Das Symbol für die Spezifikation des Flächenprofils wurde in früheren Versionen dieses Dokuments „Profil einer beliebigen Fläche“ genannt.</p> <p><sup>a</sup> Siehe auch ISO 1660</p> <p><sup>b</sup> Siehe auch ISO 5458</p>				

**Tabelle 3 — Zusätzliche in diesem Dokument festgelegte Symbole**

Beschreibung	Symbol	Abschnitt
Modifikatoren zur Kombination von Toleranzzonen		
kombinierte Zone	CZ <sup>a c</sup>	8.2.2.1.2
getrennte Zonen	SZ <sup>a</sup>	8.2.2.1.2, ISO 2692 und ISO 5458
Modifikatoren für ungleichmäßige Toleranzzonen		
spezifiziert versetzte Toleranzzone	UZ <sup>a</sup>	8.2.2.1.3
Modifikatoren für Nebenbedingungen		
unspezifiziert linear versetzte Toleranzzone (Versatzzone)	OZ	8.2.2.1.4.1
unspezifizierte Neigung der Toleranzzone (variabler Winkel)	VA	8.2.2.1.4.2
Modifikatoren für assoziierte tolerierte Geometrielemente		
Minimax (Tschebyschew)-Geometrieelement	Ⓒ	8.2.2.2.2
(Gaußsches) Kleinste-Quadrate-Geometrieelement	Ⓔ	8.2.2.2.2
kleinstes umschriebenes Geometrieelement	Ⓐ	8.2.2.2.2
Tangentiales Geometrieelement	Ⓓ	8.2.2.2.2
größtes einbeschriebenes Geometrieelement	ⓧ	8.2.2.2.2
Modifikatoren für abgeleitete tolerierte Geometrielemente		
abgeleitetes Geometrieelement	Ⓐ	Abschnitt 6 und 8.2.2.2.3
projizierte Toleranzzone	Ⓔ	Abschnitt 12 und 8.2.2.2.3
Modifikatoren für die Assoziation von Referenzelementen zur Formauswertung		
Minimax (Tschebyschew)-Geometrieelement ohne Nebenbedingung	C	8.2.2.3.1
Von der materialfreien Seite anliegendes Minimax (Tschebyschew)- Geometrieelement	CE	8.2.2.3.1
Von der Materialseite anliegendes Minimax (Tschebyschew)- Geometrieelement	CI	8.2.2.3.1
Kleinste-Quadrate(Gauß) - Geometrieelement ohne Nebenbedingung	G	8.2.2.3.1
Von der materialfreien Seite anliegendes Kleinste-Quadrate (Gauß)- Geometrieelement	GE	8.2.2.3.1
Von der Materialseite anliegendes Kleinste-Quadrate (Gauß)- Geometrieelement	GI	8.2.2.3.1
kleinstes umschriebenes Geometrieelement	N	8.2.2.3.1
größtes einbeschriebenes Geometrieelement	X	8.2.2.3.1

Tabelle 3 (fortgesetzt)

Beschreibung	Symbol	Abschnitt
Modifikatoren für Parameter		
Abweichungsspanne	T	8.2.2.3.2
Spitzenwert	P	8.2.2.3.2
Tiefstwert	V	8.2.2.3.2
Standardabweichung	Q	8.2.2.3.2
Modifikatoren für tolerierte Geometrieelemente		
Zwischen		3.5, 7.2, 8.2.2.1.1, 8.2.2.1.3, 8.4.2, 9.1.3 und 9.1.4
vereinigtes Geometrieelement	UF	3.9 und 8.4.2
kleinster Durchmesser	LD	8.4.2
größter Durchmesser	MD	8.4.2
Flankendurchmesser	PD	8.4.2
rundum (Profil)		9.1.2
rundherum (Profil)		9.1.2
Toleranzindikator		
Angabe einer geometrischen Spezifikation ohne Bezugfeld		8.2
Angabe einer geometrischen Spezifikation mit Bezugfeld		8.2 und ISO 5459
Zusatzangaben von Geometrieelementen		
jeder beliebige Querschnitt	ACS	8.4.2
Schnittebenen-Indikator		Abschnitt 13
Orientierungsebenen-Indikator		Abschnitt 14
Richtungselement-Indikator		Abschnitt 15
Kollektionsebenen-Indikator		Abschnitt 16
Symbol für das theoretisch exakte Maß (TED)		
theoretisch exaktes Maß (TED)		10
Symbole für Defaults auf Zeichnungen: siehe Tabelle 6.		
a Siehe auch ISO 1660, ISO 2692 und ISO 5458.		
b Die Buchstaben, Werte und charakteristischen Symbole in diesen Symbolen sind Beispiele.		
c Das CZ-Symbol wurde in der früheren Version dieses Dokuments als „gemeinsame Toleranzzone“ bezeichnet.		

Tabelle 4 — Zusätzliche in anderen Normen festgelegte Symbole

Beschreibung	Symbol	Referenz
Modifikator für die Materialbedingung		
Maximum-Material-Bedingung	Ⓜ	ISO 2692
Minimum-Material-Bedingung	Ⓛ	ISO 2692
Reziprozitätsbedingung	Ⓡ	ISO 2692
Modifikator für den freien Zustand		
freier Zustand (nicht formstabile Teile)	ⓕ	ISO 10579
Angaben und Modifikatoren für Bezüge		
Bezugselement-Indikator		ISO 5459
Bezugsstellen-Indikator		ISO 5459
berührendes Geometrieelement	CF	ISO 5459
Nur-Richtung-Modifikator	><	ISO 5459
Modifikator für die Größenmaßtoleranz		
Hüllbedingung	ⓔ	ISO 14405-1
<sup>a</sup> Die Buchstaben, Werte und charakteristischen Symbole in diesen Modifikatoren sind Beispiele.		

## 6 Tolerierte Geometrielemente

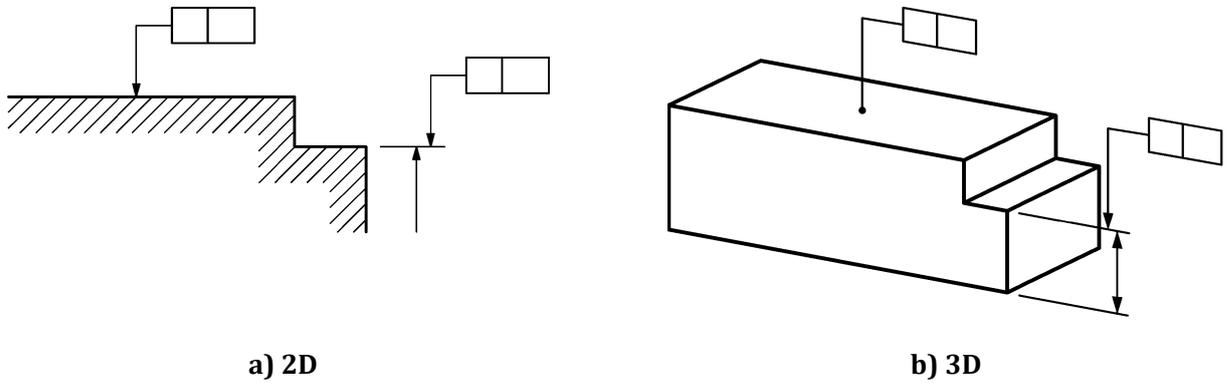
Eine geometrische Spezifikation gilt für ein einzelnes vollständiges Geometrieelement, sofern nicht ausdrücklich etwas anderes angegeben ist. Wenn das tolerierte Geometrieelement kein einzelnes vollständiges Geometrieelement ist, siehe 8.4.2, Abschnitt 9 und Abschnitt 11.

Wenn sich die geometrische Spezifikation auf das integrale Geometrieelement bezieht, muss die Angabe der geometrischen Spezifikation mit dem tolerierten Geometrieelement durch eine Referenzlinie verbunden werden, siehe 8.4.1, und durch eine Hinweislinie, die in einer der folgenden Weisen endet:

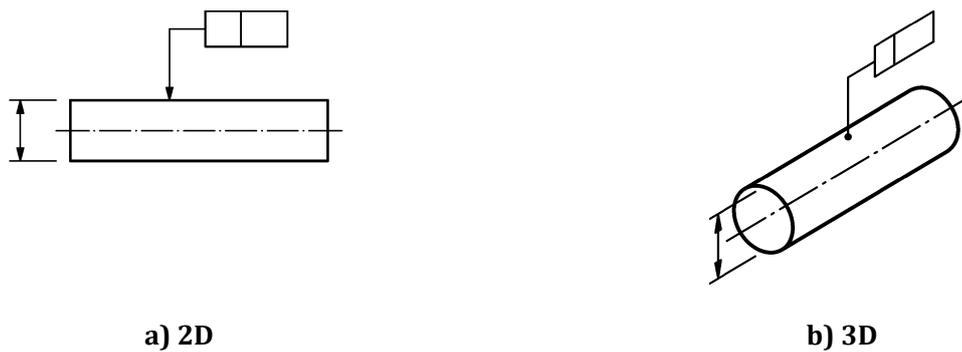
- in der 2D-Darstellung auf der Konturlinie des Geometrieelements oder auf einer Verlängerung der Konturlinie (aber deutlich versetzt von der Maßlinie) [siehe die Bilder 1 a) und 2 a)]. Das Ende der Hinweislinie ist
  - ein Pfeil, wenn sie auf einer Konturlinie oder verlängerter Linie des Geometrieelementes endet; oder
  - ein Punkt, wenn die Hinweislinie innerhalb der Kontur des Geometrieelementes endet [siehe Bild 3 a)]. Wenn die Fläche sichtbar ist, wird der Punkt ausgefüllt; wenn die Fläche unsichtbar ist, wird der Punkt nicht ausgefüllt, und die Hinweislinie ist eine Strichlinie;
  - Die Pfeilspitze darf auf einer Referenzlinie angebracht werden, die mit einer Hinweislinie auf die Fläche zeigt [siehe Bild 3 a)].
- in der 3D-Darstellung auf dem integralen Geometrieelement oder auf einer Verlängerung der Konturlinie (aber deutlich versetzt von der Maßlinie) [siehe die Bilder 1 b) und 2 b)]. Das Ende der

Hinweislinie ist ein Pfeil auf einer verlängerten Linie und Punkt auf dem integralen Geometrieelement. Wenn die Fläche sichtbar ist, wird der Punkt ausgefüllt; wenn die Fläche unsichtbar ist, wird der Punkt nicht ausgefüllt, und die Hinweislinie ist eine Strichlinie.

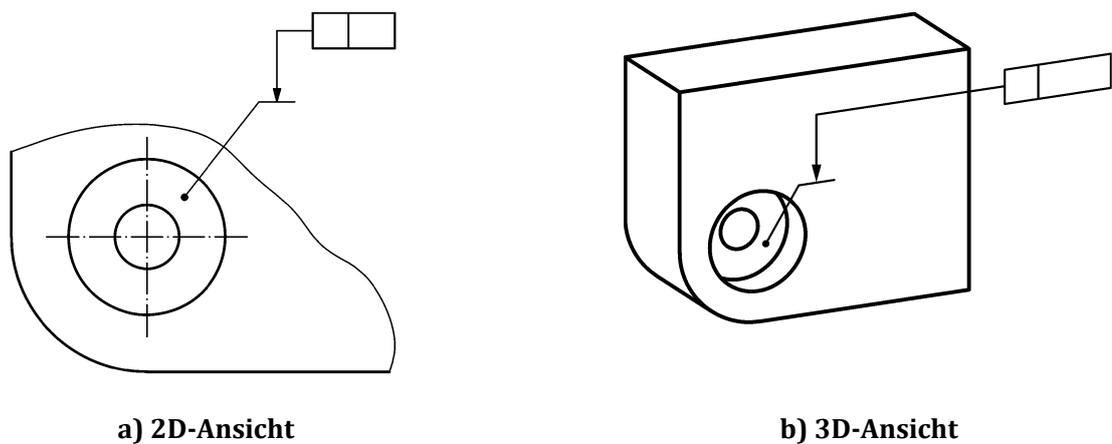
- Das Ende der Hinweislinie darf ein Pfeil sein, der auf einer Referenzlinie angebracht ist, die mit einer Hinweislinie auf die Fläche zeigt [siehe Bild 3 b)]. Die obigen Regeln für den Punkt am Ende der Hinweislinie gelten auch in diesem Fall.



**Bild 1 — Angabe der Spezifikation des integralen Geometrieelements**



**Bild 2 — Angabe der Spezifikation des integralen Geometrieelements**

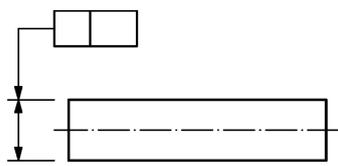


**Bild 3 — Verbindung der Spezifikation des tolerierten Geometrieelements mithilfe einer Referenzlinie und einer Hinweislinie**

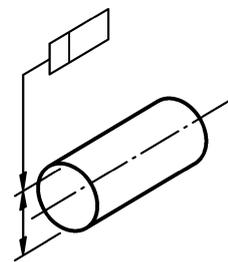
Wenn sich die geometrische Spezifikation auf ein abgeleitetes Geometrieelement (einen Mittelpunkt, eine Mittellinie oder eine Mittelfläche) bezieht, muss dies entweder

- durch eine Referenzlinie, siehe 8.4.1, und eine Hinweislinie, die mit einem Pfeil an der Verlängerung der Maßlinie eines Größenmaßelementes endet (siehe die Beispiele in den Bildern 4, 5 und 6); oder
- im Falle einer Rotationsfläche durch den Modifikator  $\textcircled{A}$  (mittleres Geometrieelement), der im Feld für Zone, Geometrieelement und Merkmal des Toleranzindikators platziert ist. In diesem Fall braucht die Hinweislinie nicht an der Maßlinie zu enden, sondern kann mit einem Punkt auf dem integralen Geometrieelement oder einem Pfeil an der Konturlinie oder einer Verlängerungslinie enden (siehe Bild 7).

ANMERKUNG Der Modifikator  $\textcircled{A}$  kann nur für Rotationsflächen verwendet werden und nicht für andere Arten von Größenmaßelementen, da es in anderen Fällen nicht eindeutig sein kann, welches das andere Geometrieelement des Größenmaßelementes ist.

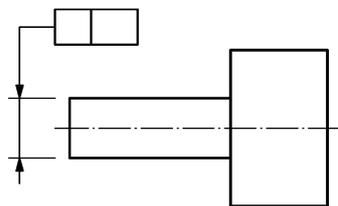


a) 2D

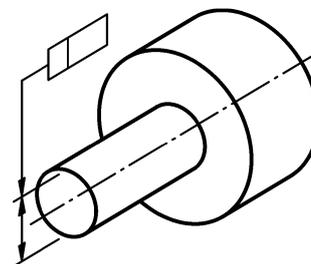


b) 3D

**Bild 4 — Angabe der Spezifikation des abgeleiteten Geometrieelements**

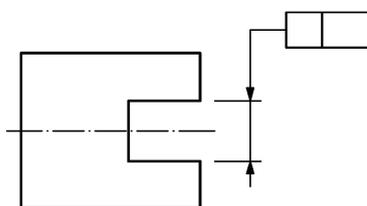


a) 2D

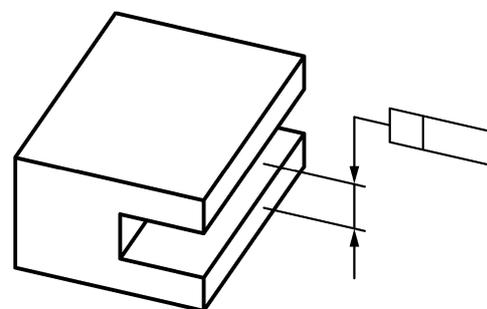


b) 3D

**Bild 5 — Angabe der Spezifikation des abgeleiteten Geometrieelements**

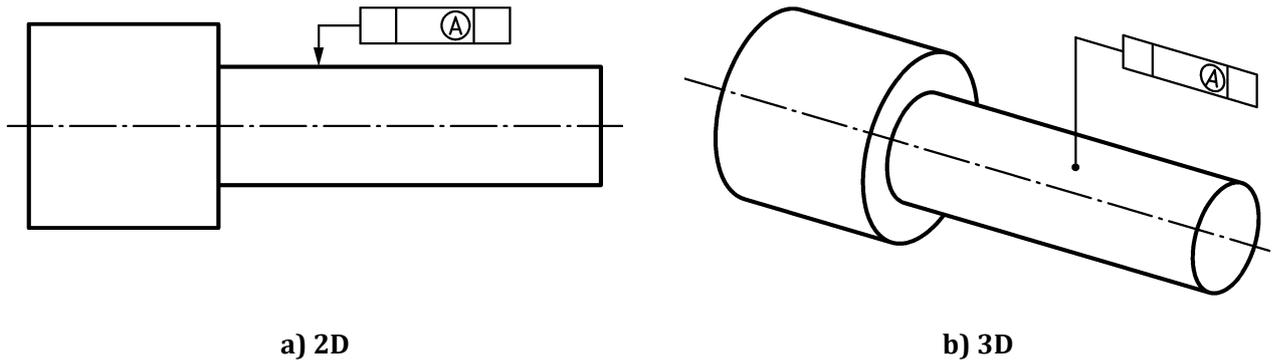


a) 2D



b) 3D

**Bild 6 — Angabe der Spezifikation des abgeleiteten Geometrieelements**



**Bild 7 — Angabe der Spezifikation des abgeleiteten Geometrieelements**

Wenn erforderlich, muss ein Schnittebenen-Indikator verwendet werden, um zu spezifizieren, dass das tolerierte Geometrieelement eine Ansammlung von Linien ist (siehe Bild 122, anstatt einer Fläche, wie in Bild 126).

ANMERKUNG Wenn das tolerierte Geometrieelement eine abgeleitete Linie ist, kann eine weitere Angabe zur Kontrolle der Orientierung der Toleranzzone nötig sein, siehe Bild 114.

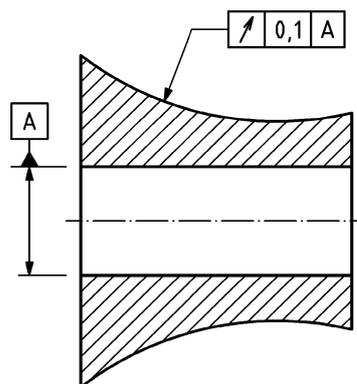
## 7 Toleranzzonen

### 7.1 Toleranzzonendefaults

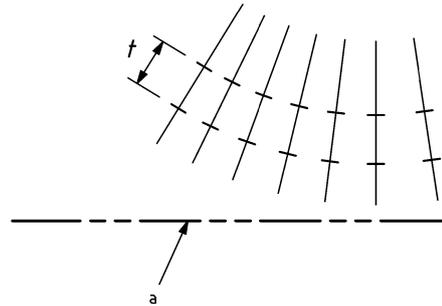
Die Toleranzzone muss symmetrisch um das Referenzgeometrieelement herum angeordnet werden, soweit nichts anderes angegeben ist (siehe 8.2.2.1.3). Der Toleranzwert definiert die Weite der Toleranzzone. Die lokale Weite der Toleranzzone muss senkrecht zur spezifizierten Geometrie gelten (siehe die Bilder 8 und 9), sofern nichts anderes angegeben ist. Siehe Abschnitt 15.

Für die Rundheit von Rotationsflächen, die weder zylindrisch noch kugelförmig sind, z. B. Kegel, muss die Richtung der Weite der Toleranzzonen stets angegeben werden. Siehe Abschnitt 15.

ANMERKUNG Die Orientierung der Hinweislinie allein beeinflusst nicht die Definition der Toleranzzone, ausgenommen den Fall, dass die Orientierung der Hinweislinie und damit die Richtung der Weite der Toleranzzone durch ein theoretisch exaktes Maß (TED) angegeben sind. Siehe Abschnitt 15.



**Bild 8 — Zeichnungseintragung**

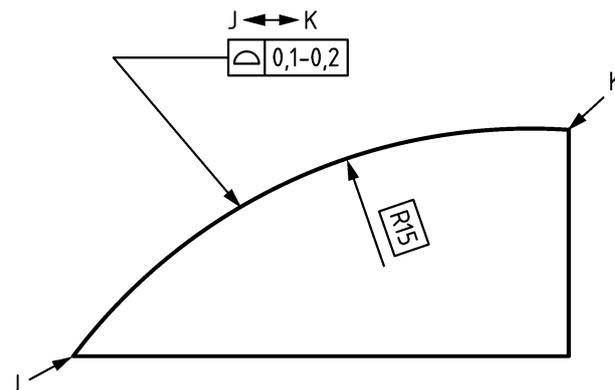


a Bezug A.

**Bild 9 – Interpretation**

## 7.2 Toleranzzonen mit variabler Weite

Der Toleranzwert ist über die Länge des betrachteten Geometrieelements konstant, sofern nicht anders durch eine graphische Darstellung angezeigt, die eine proportionale Schwankung von einem Wert zu einem anderen zwischen zwei festgelegten Orten auf dem betrachteten Geometrieelement, wie nach 8.2.2.1.1 und 9.1.4 bezeichnet (siehe Bild 10), festlegt. Defaultmäßig folgt die proportionale Schwankung dem krummlinigen Abstand, d. h. dem Abstand auf der die beiden festgelegten Orte verbindenden Kurve. Für weitere Informationen siehe auch ISO 1660.



**Bild 10 – Zeichnungseintragung für variable Weiten-Spezifikation mithilfe des "Zwischen"-Symbols**

## 7.3 Richtung von Toleranzzonen bei abgeleiteten Geometrieelementen

Bei abgeleiteten Geometrieelementen, bei denen eine Toleranzzone, die aus zwei parallelen Ebenen besteht, eine Mittellinie begrenzt, oder bei denen eine Toleranzzone, die aus einem Zylinder besteht, einen Mittelpunkt eines Kreises oder einer Kugel begrenzt, muss die Richtung der Ebenen oder des Zylinders durch einen Orientierungsebenen-Indikator kontrolliert werden. Siehe Abschnitt 14 und Bilder 114 bis 117.

ANMERKUNG Anstatt der Verwendung eines Orientierungsebenen-Indikators können ähnliche Anforderungen häufig mit dem Nur-Richtung-Modifikator, siehe ISO 5459, angegeben werden.

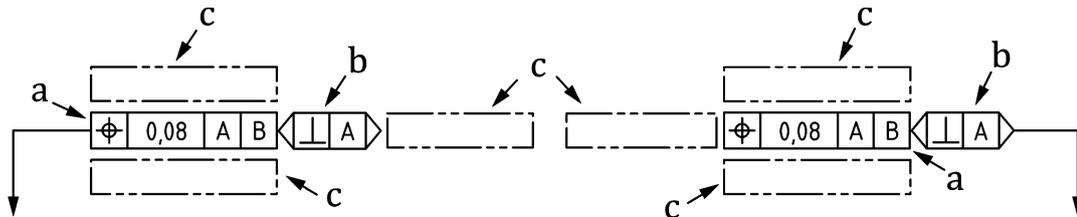
## 7.4 Zylindrische und kugelförmige Toleranzzonen

Die Toleranzzone muss zylindrisch sein oder kreisförmig, wenn vor dem Toleranzwert im zweiten Feld des Toleranzindikators das Symbol „ $\phi$ “ steht, siehe Beispiel in Bild 94, oder sie muss kugelförmig sein, wenn davor das Symbol „ $S\phi$ “ steht, siehe Bild 150.

## 8 Angabe der geometrischen Spezifikation

### 8.1 Allgemeines

Die Angabe einer geometrischen Spezifikation besteht aus einem Toleranzindikator, optionalen Ebenen- und Geometrieelementangaben sowie optionalen angrenzenden Angaben. Siehe Bild 11.



#### Legende

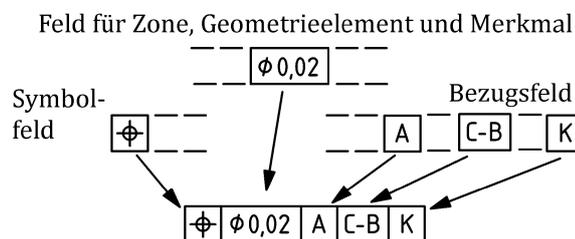
- a Toleranzindikator
- b Ebenen- und Geometrieelement-Indikator
- c Angrenzende Angaben

**Bild 11 — Die Bestandteile einer geometrischen Spezifikationsangabe**

Die Angabe der geometrischen Spezifikation muss durch eine Referenzlinie mit der Hinweislinie verbunden sein. Die Referenzlinie ist am Mittelpunkt des linken oder rechten Endes des Toleranzindikators anzubringen, wenn es keine optionale Ebenen- und Geometrieelementangabe(n) gibt. Wenn es eine optionale Ebenen- und Geometrieelementangabe(n) gibt, muss die Referenzlinie am Mittelpunkt des linken Endes des Toleranzindikators oder am Mittelpunkt des rechten Endes des letzten Ebenen- und Geometrieelementindikators angebracht werden. Das gilt sowohl für 2D- als auch für 3D-Darstellungen.

### 8.2 Toleranzindikator

Die Anforderungen sind in einem rechteckigen Rahmen anzugeben, der in zwei oder drei Felder unterteilt ist. Das dritte und optionale Bezugsfeld darf aus einem bis drei Teilfeldern bestehen. Die Felder werden stets von links nach rechts wie in Bild 12 angegeben angeordnet.



**Bild 12 — Die drei Felder des Toleranzindikators**

ANMERKUNG Der Toleranzindikator wurde früher als Toleranzrahmen bezeichnet.

#### 8.2.1 Symbolfeld

Das Symbolfeld muss das Symbol für das geometrische Merkmal enthalten. Siehe Tabelle 2.

## 8.2.2 Feld für Zone, Geometrieelement und Merkmal

Bild 13 zeigt eine Übersicht über die Modifikatoren, die in dem zum Toleranzindikator gehörenden Feld für die Zone, das Geometrieelement und Merkmal verwendet werden können. Außerdem zeigt Bild 13 die Gruppierung und Reihenfolge, in der diese Modifikatoren anzugeben sind.

Die Modifikatoren werden in den folgenden Unterabschnitten in der in Bild 13 angegebenen Reihenfolge erläutert. Alle Modifikatoren sind optional, ausgenommen Weite und Ausdehnung.

Toleranzzone					Toleriertes Geometrieelement				Merkmal		Materialzustand	Zustand
Gestalt	Weite und Ausdehnung	Komb.	Spezifizierter Versatz	Nebenbedingung	Filter <sup>a</sup>		Ass. tol. Geometrieelement	Abgeleitetes Geometrieelement	Assoziation <sup>b</sup>	Parameter <sup>c</sup>		
					Typ	Indizes						
$\phi$	0,02	CZ	UZ+0,2	OZ	G	0,8	Ⓒ	Ⓐ	C CE CI	P	Ⓜ	Ⓕ
S $\phi$	0,02-0,01	SZ	UZ-0,3	VA	S	-250	Ⓖ	Ⓟ	G GE GI	V	Ⓛ	
	0,1/75		UZ+0,1+0,2	><	etc.	0,8-250	Ⓝ	Ⓟ25	X	T	Ⓡ	
	0,1/75×75		UZ+0,2;-0,3			500	Ⓣ	Ⓟ32-7	N	Q		
	0,2/φ4		UZ-0,2;-0,3			-15	Ⓧ					
	0,2/75×30°					500-15						
	0,3/10°×30°					etc.						
1a	1b	2 <sup>d</sup>	3	4 <sup>d</sup>	5a	5b	6	7 <sup>d</sup>	8	9	10 <sup>d</sup>	11
8.2.2.1					8.2.2.2				8.2.2.3		8.2.2.4	8.2.2.5

a Filter, siehe Tabellen C.1 und C.2.

b Assoziationen, siehe Tabelle D.1.

c Parameter, siehe Tabelle D.2.

d Bei dieser Spalte ist es möglich, mehrere der aufgeführten Modifikatoren zu verwenden.

ANMERKUNG 1 Die Liste der Modifikatoren darf erweitert werden.

ANMERKUNG 2 Einige der Informationen über das tolerierte Geometrieelement dürfen in unmittelbar daneben stehenden Angaben enthalten sein, siehe 8.4.4.

ANMERKUNG 3 In der letzten Zeile im Bild ist der Unterabschnitt angegeben, in dem die Auswertung der betreffenden Modifikatoren festgelegt ist.

ANMERKUNG 4 Der Modifikator für das assoziierte tolerierte Geometrieelement ändert das tolerierte Geometrieelement, siehe 8.2.2.2.2. Der Modifikator für die Merkmalassoziation ändert das Referenzgeometrieelement aus dem charakteristische Parameter berechnet wurden, siehe 8.2.2.3.1.

### Bild 13 — Die Modifikatoren in der Toleranzzone, Geometrieelement und Merkmal des Toleranzindikators

Zwischen Modifikatoren aus unterschiedlich nummerierten Spalten muss ein Leerzeichen sein, außer bei Modifikatoren in den Spalten 6, 7, 10 und 11 (Buchstaben in Kreisen), bei denen kein Leerzeichen voranstellen darf.

Zwischen den Modifikatoren in einer nummerierten Spalte oder zwischen den Modifikatoren in Spalten 1a und 1b bzw. 5a und 5b dürfen grundsätzlich keine Leerzeichen eingefügt werden.

Falls gefordert muss die Filterung des tolerierten Geometrieelements durch ein oder mehrere Buchstaben unmittelbar, d. h. ohne Leerraum, gefolgt von Zahlen definiert werden, siehe die Bilder E.9 bis E.18.

Das assoziierte Geometrieelement von dem ausgehend die Abweichung berechnet wird und/oder der Parameter müssen durch einen oder mehrere Buchstaben aus Spalte 8 und 9, denen keine Zahlen folgen, definiert werden. Dadurch können diese Modifikatoren von den Modifikatoren für die Filterung unterschieden werden. Diese Angabe ändert das tolerierte Geometrieelement nicht, siehe Bilder 38 bis 41 sowie 44 bis 45.

### 8.2.2.1 Modifikatoren für die Toleranzzone

#### 8.2.2.1.1 Gestalt, Weite und Ausdehnung der Modifikatoren

Der Modifikator für die Gestalt der Toleranzzone ist ein optionaler Modifikator.

Defaultmäßig gilt:

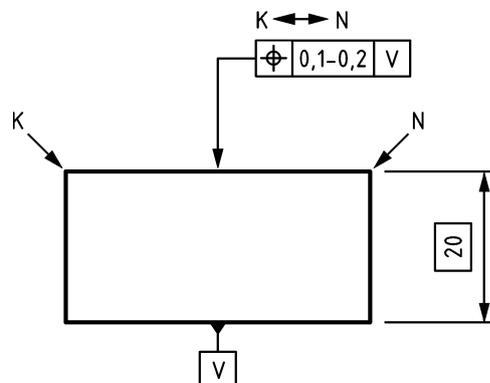
- falls das tolerierte Geometrieelement eine Fläche ist, ist die Gestalt der Toleranzzone der Raum zwischen zwei abstandsgleichen Flächen entsprechend der Nenngeometrie des tolerierten Geometrieelements, als Beispiel siehe 17.8.,
- falls das tolerierte Geometrieelement eine integrale Linie ist, ist die Toleranzzone die Fläche zwischen zwei abstandsgleichen Linien in der Schnittebene entsprechend der Nenngeometrie des tolerierten Geometrieelements, als Beispiel siehe 17.6.,
- falls das tolerierte Geometrieelement eine abgeleitete gerade Linie ist (nominell eine Gerade), ist die Toleranzzone der Raum zwischen zwei abstandsgleichen Ebenen, als Beispiel siehe 17.10.2..

Falls das tolerierte Geometrieelement eine Linie oder ein Punkt ist und die Toleranzzone kreis-, zylinderförmig oder ein Rohr, muss dem Toleranzwert das Symbol „ $\phi$ “ vorangestellt werden, siehe Bilder 94 und 95. Ist das tolerierte Geometrieelement ein Punkt und ist die Toleranzzone kugelförmig, so muss dem Toleranzwert das Symbol „ $S\phi$ “ vorangestellt werden, siehe Bild 150.

Der Toleranzwert ist ein verbindliches Spezifikationselement. Der Toleranzwert muss in derselben Einheit angegeben werden wie die Längenmaße. Der Toleranzwert gibt die Weite der Toleranzzone an, die defaultmäßig als rechtwinklig zum tolerierten Geometrieelement definiert ist.

Defaultmäßig hat die Toleranzzone eine konstante Weite. Falls die Weite der Toleranzzone zwischen zwei Werten linear variiert, müssen diese beiden Werte durch das Symbol „-“ getrennt angegeben werden, siehe Bild 14 und 7.2.

Eine Angabe mit dem „Zwischen“-Symbol angrenzend an den Toleranzindikator, siehe 9.1.4, ist zu verwenden, um die beiden Stellen zu bezeichnen, an denen jeder Wert gültig ist, siehe Bild 14.



**Bild 14 — Spezifikation einer linear variablen Toleranzzone**

Ist die Variation nicht linear, so muss sie auf andere Weise angegeben werden.

Defaultmäßig gilt die Spezifikation für das gesamte tolerierte Geometrieelement. Falls die Spezifikation für einen beliebigen eingeschränkten Anteil innerhalb der gesamten Länge des Geometrieelements gilt, muss nach dem Toleranzwert, und von diesem durch einen Schrägstrich getrennt, die Länge des eingeschränkten Anteils in linearen Einheiten oder in Winkleinheiten oder beiden (je nachdem, was zutrifft) angegeben werden. Wenn eine Toleranz für einen bestimmten eingeschränkten Teil innerhalb Ausdehnung des Geometrieelements gilt, werden die Methoden in 9.1.3 verwendet. Bild 15 zeigt eine auf Linienelemente begrenzte Anforderung. Bild 16 zeigt eine auf kreisförmige Bereiche begrenzte Anforderung. Siehe auch Abschnitt 11.

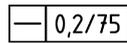


Bild 15 — Linear eingeschränkte Toleranzzonenspezifikation

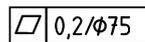


Bild 16 — Kreisförmig eingeschränkte Toleranzzonenspezifikation

### 8.2.2.1.2 Modifikatoren zur Kombination

Falls die Spezifikation für mehrere Geometrieelemente gilt, muss angegeben werden, in welcher Weise die Spezifikation für diese Geometrieelemente gilt, siehe die Bilder 17 bis 20.

Defaultmäßig ist die Anforderung an die Spezifikation für jedes tolerierte Geometrieelement aufgrund des in ISO 8015 festgelegten Unabhängigkeitsgrundsatzes unabhängig.

Optional kann die Angabe SZ verwendet werden, um die Unabhängigkeit der Anforderungen des Geometrieelements hervorzuheben. Dies ändert jedoch in diesem Fall nicht die Bedeutung der Angabe, siehe Bild 53. SZ steht für „Separate Zone“ d. h. getrennte Zonen.

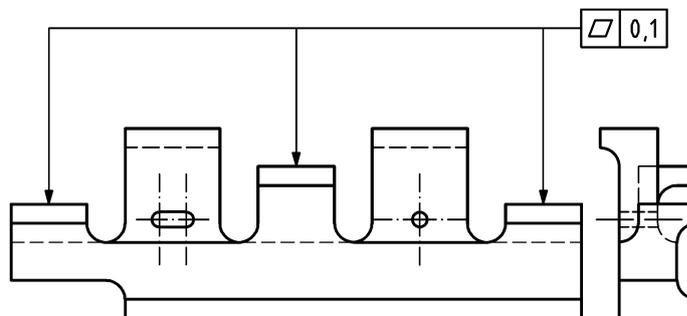


Bild 17 — Spezifikation, die separat für verschiedene Geometrieelemente gilt

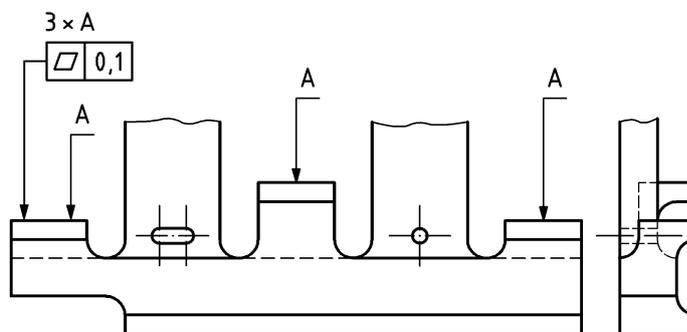
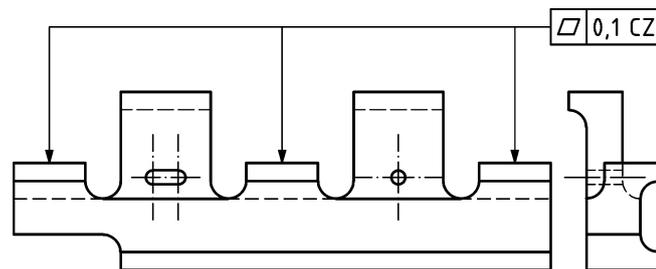


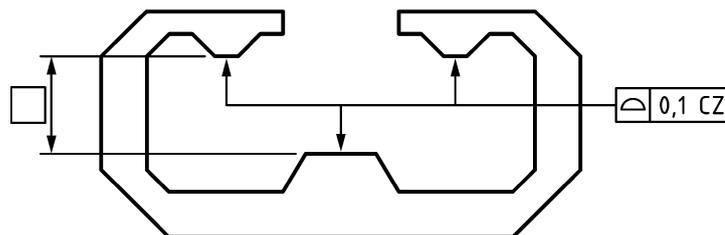
Bild 18 — Spezifikation, die separat für verschiedene Geometrieelemente gilt

Wird eine kombinierte Toleranzzone auf mehrere getrennte Geometrielemente angewendet oder werden mehrere kombinierte Toleranzzonen (die durch denselben Toleranzindikator definiert werden) gleichzeitig auf mehrere getrennte Geometrielemente (nicht unabhängig) angewendet, so muss die Anforderung durch das Symbol CZ für „Combined Zone“ d. h. kombinierte Zone, angezeigt werden, siehe die Bilder 19 und 20. Die Angabe muss durch die Angabe ergänzt werden, dass die Spezifikation für mehrere Geometrielemente gilt [entweder unter Verwendung von z. B. „3×“ in einem angrenzenden Anzeigebereich (siehe 8.4 und Bild 18) oder unter Verwendung von z. B. drei mit dem Toleranzindikator verbundenen Hinweislinien (siehe Bild 19), nicht aber beidem].

Enthält der Toleranzindikator die Angabe CZ (siehe Bilder 19 und 20), so müssen alle einzelnen damit verbundenen Toleranzzonen in Ort und Richtung untereinander eingeschränkt werden, entweder unter Verwendung von expliziten theoretisch exakten Maßen (TED) oder von impliziten TEDs, siehe 3.7 Anmerkung 4 zum Begriff.



**Bild 19 — Kombinierte Zonenspezifikation, die für verschiedene Geometrielemente gilt**



ANMERKUNG Wenn es sich bei den tolerierten Geometrieelementen um ebene Flächen handelt, kann das Lagesymbol mit derselben Bedeutung verwendet werden.

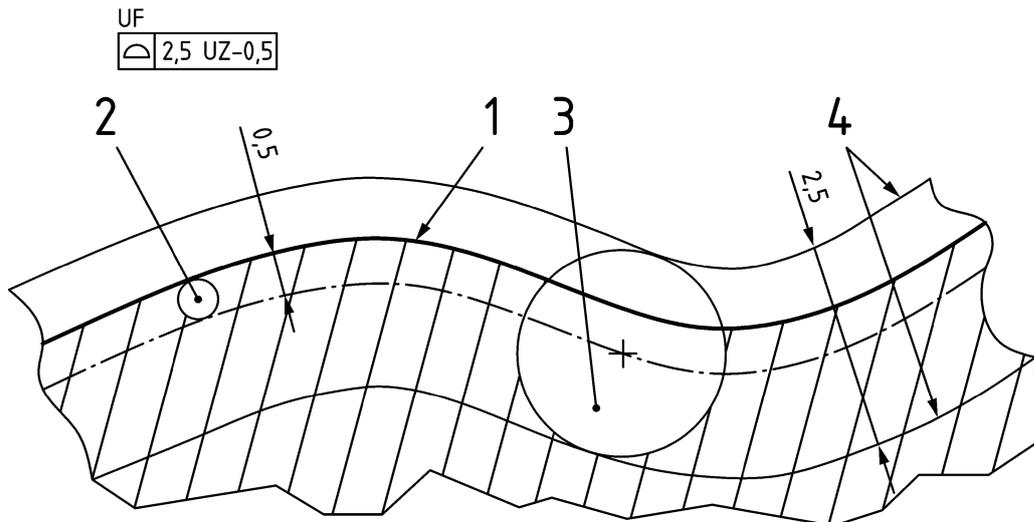
**Bild 20 — Kombinierte Zonenspezifikation, die für verschiedene Geometrielemente gilt**

Der Modifikator CZ kann zur Erstellung einer Geometrielement-Gruppe (Muster) verwendet werden: für weitere Einzelheiten zu Mustern siehe ISO 5458.

Bei Nichteindeutigkeit ist entweder SZ oder CZ anzugeben. Bei der Verwendung von „rundum“ oder „rundherum“ gelten separate Regeln, siehe 9.1.2.

### 8.2.2.1.3 Modifikator für eine spezifiziert versetzte Toleranzzone

Defaultmäßig liegt die Toleranzzone symmetrisch um das theoretisch exakte Geometrielement (TEF) herum und macht es so zum Referenzgeometrielement. Beim Toleranzzonenversatz UZ handelt es sich um einen optionalen Modifikator. Siehe Bild 21.



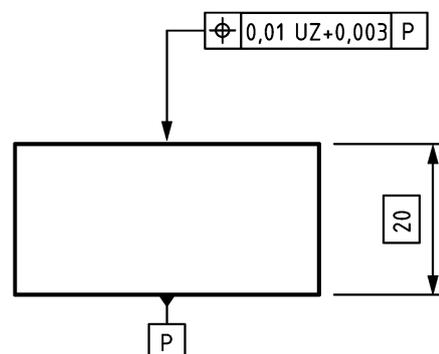
### Legende

- 1 einzelnes komplexes theoretisch exaktes Geometrieelement (TEF, en: theoretical exact feature) in diesem Beispiel ist das Material unter dem Geometrieelement
- 2 eine der unendlich vielen Kugeln, welche das versetzte theoretische Geometrieelement, d. h. das Referenzgeometrieelement, definieren
- 3 eine der unendlich vielen Kugeln, welche die Toleranzzone entlang des Referenzgeometrieelements definieren
- 4 Grenzen der Toleranzzone

Für Profilspezifikationen von komplexen Linien oder Flächen darf das Spezifikationselement UZ mit oder ohne Bezüge verwendet werden.

**Bild 21 — Spezifiziert versetzte Toleranzzone**

Die extrahierte Fläche muss zwischen zwei abstandsgleichen Flächen liegen, die Kugeln mit einem definierten Durchmesser gleich dem Toleranzwert einschließen. Deren Mittelpunkte liegen wiederum auf einer Fläche, die der Hüllfläche einer Kugel entspricht, die an dem TEF anliegt, und deren Durchmesser gleich dem Betrag des absoluten Wertes sind, der nach UZ angegeben ist. Die Richtung des Versatzes wird durch das Vorzeichen angegeben, wobei das „+“ Zeichen dabei „außerhalb des Materials“ anzeigt und das „-“ Zeichen „innerhalb des Materials“, siehe Bild 22. Das Vorzeichen für den Versatz muss stets angegeben werden. Für die bisherige Praxis, siehe A.3.9.



**ANMERKUNG** Das Spezifikationselement UZ kann in Kombination mit dem Positionssymbol ausschließlich für ebene Geometrielemente verwendet werden.

**Bild 22 — Versetzte Toleranzzonenspezifikation**

Falls der Versatz der Toleranzzone zwischen zwei Werten linear variiert, müssen diese beiden Werte durch einen Doppelpunkt „:“ getrennt angegeben werden, siehe Bild 13. In diesem Fall kann einer der Versatzwerte Null sein und wird dann ohne Zeichen angegeben. Eine Angabe, bei der unmittelbar neben dem Toleranzindikator das „Zwischen“-Symbol verwendet wird, siehe 9.1.4, ähnlich der in Bild 14 verwendeten, muss zur Kennzeichnung der Enden der Toleranzzone verwendet werden, innerhalb deren jeder Versatzwert gültig ist.

Erfolgt die Variation des Versatzes nicht linear, so muss sie spezifiziert werden, z. B. im CAD-Modell.

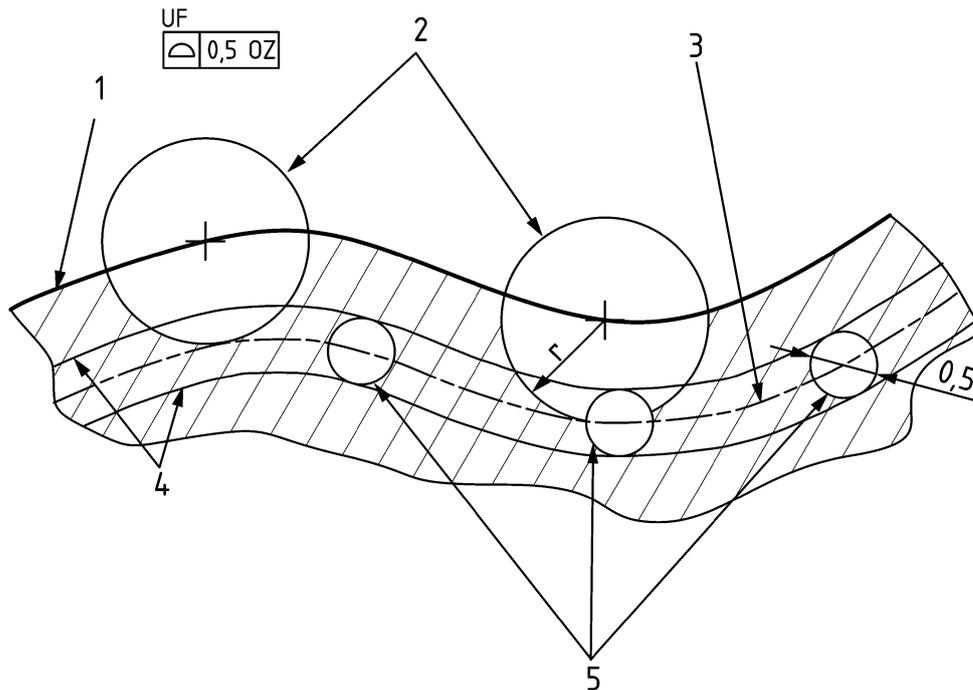
Das Spezifikationselement UZ kann nur für integrale Geometrieelemente verwendet werden.

#### **8.2.2.1.4 Modifikatoren für Nebenbedingungen**

##### **8.2.2.1.4.1 Modifikator für eine unspezifiziert versetzte Toleranzzone**

Falls ein Versatz der Toleranzzone aus der Symmetrie ihres TEF heraus um einen gleichbleibenden, jedoch nicht zuvor festgelegten Betrag zulässig ist, muss das Symbol OZ angegeben werden.

Die Nenngröße des TEF kann nicht durch ein TED für Kreise, Zylinder, Kugeln und Ringflächen definiert werden, z. B. wenn für das Größenmaß nur eine  $\pm$  Toleranz angegeben ist. In diesem Fall muss der OZ-Modifikator immer für Linienprofilspezifikationen und Flächenprofilspezifikationen angegeben werden, um deutlich auszudrücken, dass das Größenmaß das TEF nicht fest ist.



### Legende

- 1 einzelnes komplexes theoretisch exaktes Geometrieelement (TEF)
- 2 zwei der unendlich vielen Kugeln oder Kreise, welche das versetzte theoretische Geometrieelement, d. h. das Referenzgeometrieelement, definieren
- 3 Referenzgeometrieelement in gleichem Abstand vom TEF
- 4 Grenzen der Toleranzzone
- 5 drei der unendlich vielen Kugeln oder Kreise, welche die Toleranzzone entlang des Referenzgeometrieelements definieren
- r gleich bleibender, jedoch nicht spezifizierter, Versatz

Das Bild zeigt, wie die Gestalt der versetzten Toleranzzone aus dem TEF definiert wird. Für eine Formtoleranz, d. h. eine Toleranz ohne Referenz auf Bezüge, ist das TEF nicht eingeschränkt, d. h. die Toleranzzone in Kombination mit einem Versatzwert kann beim Versuch der Passung an das tolerierte Geometrieelement jede Lage oder Richtung annehmen (siehe 4.8). TEDs und Verweisungen auf einen oder mehrere Bezüge im Toleranzindikator können zur Einschränkung des TEF zusammen mit der Zone verwendet werden.

### Bild 23 — Unspezifiziert versetzte Toleranzzone

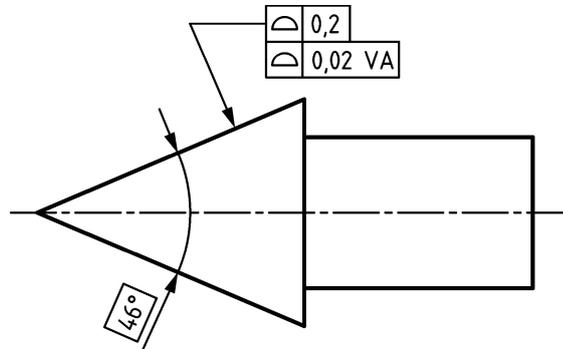
ANMERKUNG 1 Da es für den Versatz keine Grenzen gibt, wird eine Spezifikation mit dem OZ-Modifikator üblicherweise mit einer größeren Toleranz ohne den OZ-Modifikator kombiniert. Wenn beiden Spezifikationen entsprochen wird, kontrolliert diese Kombination die Form des tolerierten Geometrieelements innerhalb der größeren, feststehenden Toleranzzone.

ANMERKUNG 2 Für ebene Flächen und gerade Linien ist es oftmals möglich, z. B. Parallelität anstatt der Lage zu verwenden, um dieselbe Wirkung wie OZ zu erreichen.

#### 8.2.2.1.4.2 Modifikator für eine un spezifizierte Neigung der Toleranzzone

Der VA-Modifikator muss im Feld für Zone, Geometrieelement und Merkmal des Toleranzindikators angegeben werden, wenn die Toleranzzone aus einem TEF definiert wird, das ein Winkel-Größenmaßelement ist, und dessen Größenmaß als variabel (un spezifiziert) angesehen wird, siehe Bild 24. Siehe auch Beispiel in ISO 3040.

Das Nenn-Winkelgrößenmaß des TEF kann nicht durch ein TED für Kegel definiert werden, z. B. wenn für das Winkelgrößenmaß nur eine  $\pm$  Toleranz angegeben ist. In diesem Fall muss das VA-Spezifikationselement immer für Linienprofilspezifikationen und Flächenprofilspezifikationen angegeben werden, um deutlich auszudrücken, dass das Winkelgrößenmaß das TEF nicht festgelegt ist.



**Bild 24 — Variabler Winkel, VA (en: variable angle), Modifikator**

ANMERKUNG Da es für den Winkelversatz keine Grenzen gibt, wird eine Spezifikation mit dem VA-Modifikator üblicherweise mit einer anderen Spezifikation (Winkelmaßspezifikation oder geometrische Spezifikation ohne VA-Modifikator) kombiniert, siehe Beispiel in Bild 24.

#### 8.2.2.1.4.3 Modifikator für „Nur-Richtung“

Das nur für Richtungen geltende Symbol  $\succ\prec$  ist im Feld für Zone, Geometrieelement und Merkmal des Toleranzindikators anzugeben, wenn die Toleranzzonentranslation nicht eingeschränkt ist, d. h. wenn nur rotatorische Freiheitsgrade für die Toleranzzone in einer Spezifikation eingeschränkt sind. Es sei denn die translatorischen Freiheitsgrade sind bereits durch Bezüge eingeschränkt. Siehe auch ISO 5459.

ANMERKUNG 1 Für ebene Flächen und gerade Linien ist es oftmals möglich, z. B. Parallelität anstatt der Lage zu verwenden, um dieselbe Wirkung wie Nur-Richtung zu erreichen.

ANMERKUNG 2 Nur-Richtung ermöglicht, dass die Toleranzzone unverändert versetzt wird, während bei Verwendung von OZ die Toleranzzone verändert wird (Innenradien werden kleiner und Außenradien werden größer). Dieser Unterschied ist für nicht gerade und nicht ebene Flächen und für Größenmaßelemente von Bedeutung. Wenn in Bild 23 Nur-Richtung statt OZ verwendet würde, wäre Legende 3 nicht transformiert worden, hätte aber dieselbe Gestalt wie Legende 1. Für einzelne ebene Flächen und einzelne gerade Linien ist die Wirkung von OZ und Nur-Richtung gleich.

#### 8.2.2.2 Modifikator für das tolerierte Geometrieelement

##### 8.2.2.2.1 Modifikatoren für Filter

Alle Begriffe in Bezug auf die Filterung sind in ISO 16610-1:2015 festgelegt. Die speziellen Filter sind in den weiteren Teilen von ISO 16610 festgelegt.

Gegenwärtig ist in den GPS-Normen keine defaultmäßige Filterung festgelegt. Folglich ist die Filterung undefiniert, wenn sie nicht ausdrücklich mithilfe dieser Spezifikationen oder durch andere Mittel angegeben ist, siehe C.3. Dadurch kommt es zu einer Spezifikationsmehrdeutigkeit, siehe ISO 17450-2.

ANMERKUNG Bezüglich der früher üblichen Filterung, siehe A.3.7.

Der Filter-Modifikator ist ein optionaler Modifikator. Der spezifizierte Filter des tolerierten Geometrieelements muss durch eine Kombination von zwei Modifikatoren angegeben werden. Der erste gibt den Filtertyp an und der zweite den Nesting-Index.

Die Symbole für die genormten Filter sind in Tabelle C.1 angegeben. Zu Einzelheiten zur Wirkung von Filtern und Beispielen für Filterangaben, siehe Anhang E.

Die Nesting-Indizes und ihre Bedeutung für die einzelnen Filtertypen sind in Tabelle C.2 angegeben. Bei Langwellenfiltern muss nach dem Index das Symbol „–“ stehen. Bei Kurzwellenfiltern muss dem Index das Symbol „–“ vorangestellt werden. Bei Bandpassfiltern, bei denen für beide Seiten derselbe Filtertyp verwendet wird, ist zuerst der Langwellenfilterindex und als zweites der Kurzwellenfilterindex anzugeben. Die Indizes sind durch das Symbol „–“ voneinander zu trennen.

Nur bei Fourier-Filtern, die durch das Spezifikationselement F (Fourier) angegeben werden, ist ein Einzelwert anzugeben, wenn die Spezifikation für nur eine harmonische Welle gilt (Wellenlänge oder UPR-Wert). Wenn die Spezifikation für ein gefiltertes Geometrieelement gilt, das einen bestimmten Bereich von harmonischen Wellen enthält, müssen bei der Angabe die oben angegebenen Regeln befolgt werden.

Bei Bandpassfiltern, bei denen unterschiedliche Filtertypen verwendet werden, muss das Langwellenfilter vor dem Kurzwellenfilter angegeben werden.

Im Spezifikationsoperator für Bandpassfilter muss das Langwellenfilter vor dem Kurzwellenfilter angewendet werden.

Kurzwellenfilter und Bandpassfilter dürfen nur für Formspezifikationen verwendet werden, d. h. für Spezifikationen, die keine Bezüge referenzieren, weil sie Orts- und Richtungseigenschaften des tolerierten Geometrieelements beseitigen.

Für offene Geometrieelemente, z. B. gerade Linien, Ebenen und Zylinder in Axialrichtung, muss der Nesting-Index in mm angegeben werden. Für geschlossene Geometrieelemente, z. B. Zylinder in Umfangsrichtung, Ringflächen und Kugeln, muss der Nesting-Index in UPR (Wellenzahl je Umdrehung) angegeben werden. Die Einheiten dürfen nicht angegeben werden.

Wenn für ein in beiden Richtungen offenes Geometrieelement, z. B. eine Ebene, in den beiden Richtungen zwei unterschiedliche Filter zu verwenden sind, ist ein Schnittebenen-Indikator zu verwenden, um die Richtung anzugeben, in der das zuerst angegebene Filter anzuwenden ist. Das Symbol „×“ ist zur Trennung der beiden Filterangaben zu verwenden. Das zweite angegebene Filter ist in der Richtung senkrecht zur ersten Filterrichtung anzuwenden.

Für ein Geometrieelement, das in eine Richtung offen und in die andere Richtung geschlossen ist, z. B. ein Zylinder, muss das Filter für die offene Richtung vor dem Filter für die geschlossene Richtung angegeben werden. Das Symbol „×“ ist zur Trennung der beiden Filterangaben zu verwenden.

Wenn beide Filter vom gleichen Typ sind, braucht der Filtertyp unabhängig davon, ob die beiden Richtungen beide offen sind (z. B. bei einer Ebene), beide geschlossen (z. B. bei einer Kugel) sind oder eine offen und eine geschlossen (z. B. bei einem Zylinder) ist, nur einmal angegeben zu werden.

Wenn das tolerierte Geometrieelement ein abgeleitetes oder assoziiertes Geometrieelement ist, muss die Filterung des integralen Geometrieelements vor der Ableitung oder Assoziation erfolgen.

Siehe E.2 zu Beispielen für Spezifikationen unter Verwendung von Filtern.

#### **8.2.2.2.2 Modifikator für ein assoziiertes toleriertes Geometrieelement**

Defaultmäßig gilt die Spezifikation für das angegebene extrahierte integrale oder abgeleitete Geometrieelement selbst. Der Modifikator für ein assoziiertes toleriertes Geometrieelements ist optional. Es ist zu verwenden, um anzuzeigen, dass die Spezifikation nicht für das angegebene Geometrieelement selbst, sondern für ein damit assoziiertes Geometrieelement gilt. Ist ein Filter angegeben, bezieht sich die Assoziation auf das gefilterte Geometrieelement.

Der Modifikator für das assoziierte tolerierte Geometrieelement darf nur für Spezifikationen verwendet werden, die Bezüge beinhalten, d. h. Richtungs- und Ortsspezifikationen.

Wenn der Modifikator für das assoziierte tolerierte Geometrieelement zusammen mit einem Filter-Modifikator verwendet wird, muss sich die Assoziation auf das gefilterte Geometrieelement als das nicht ideale Geometrieelement beziehen.

Wenn das tolerierte Geometrieelement ein abgeleitetes Geometrieelement ist, muss das assoziierte Geometrieelement das indirekt assoziierte Geometrieelement sein, siehe ISO 22432.

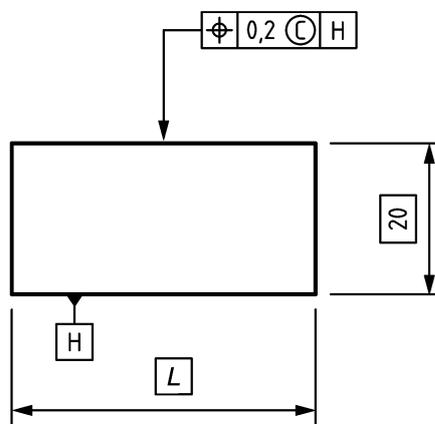
Die Länge des assoziierten tolerierten Geometrieelements muss gleich der Länge des Geometrieelements sein, auf das es sich bezieht.

Der Modifikator für das assoziierte tolerierte Geometrieelement darf nicht zusammen mit einem Modifikator für die Assoziation von Referenzelementen, siehe 8.2.2.3.1, oder einem Parameter-Modifikator, siehe 8.2.2.3.2, oder einem Modifikator für eine Materialbedingung, siehe ISO 2692, verwendet werden.

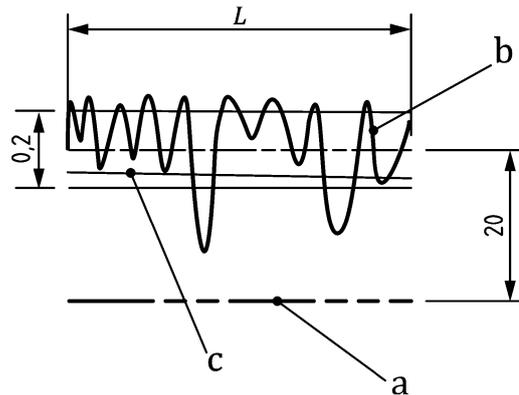
Es stehen die folgenden Modifikatoren für assoziierte tolerierte Geometrieelemente zur Verfügung:

Ⓒ ist anzuwenden, um anzuzeigen, dass das tolerierte Geometrieelement das assoziierte Minimax (Tschebyschew)-Element ohne eine Material-Nebenbedingung ist. Dieser Modifikator kann für Geometrieelemente verwendet werden, die nominell gerade Linien, Ebenen, Kreise, Zylinder, Kegel und Ringflächen sind.

Bild 25 zeigt ein Beispiel für eine Positionsspezifikation, die für das assoziierte Minimax (Tschebyschew)-Element gilt. Siehe auch Bild 26.



**Bild 25 — Minimax (Tschebyschew) assoziiertes toleriertes Geometrieelement — Zeichnungseintragung**



### Legende

- a Bezug H
- b reales Geometrieelement oder gefiltertes Geometrieelement
- c Minimax (Tschebyschew)-Geometrieelement (toleriertes Geometrieelement)

ANMERKUNG Das tolerierte Geometrieelement ist eine Fläche, aber zur Vereinfachung der Darstellung wird diese als Linie gezeigt.

### Bild 26 — Minimax (Tschebyschew) assoziiertes toleriertes Geometrieelement — Interpretation

Ⓞ ist anzuwenden, um anzugeben, dass das tolerierte Geometrieelement das assoziierte (Gaußsche) Kleinste-Quadrate-Element ohne Material-Nebenbedingung ist. Dieses Spezifikationselement kann für Geometrieelemente verwendet werden, die nominell gerade Linien, Ebenen, Kreise und Zylinder, Kegel und Ringflächen sind.

Bild 27 zeigt ein Beispiel für eine Positionsspezifikation, die für das assoziierte (Gaußsche) Kleinste-Quadrate-Element gilt. Siehe auch Bild 28.

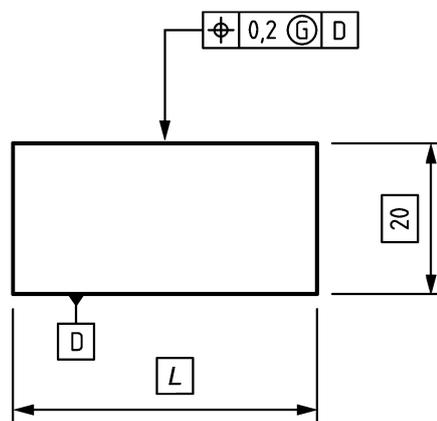
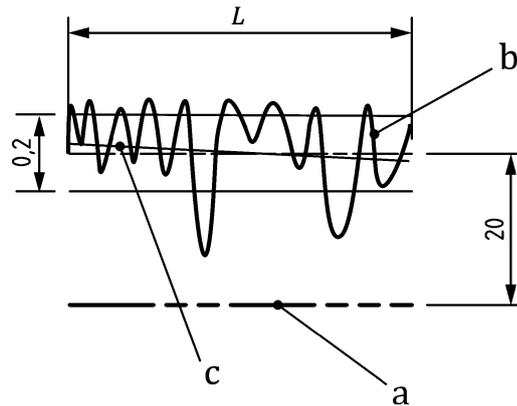


Bild 27 — Kleinste-Quadrate (Gaußsches) assoziiertes toleriertes Geometrieelement — Zeichnungseintragung



### Legende

- a Bezug D
- b reales Geometrieelement oder gefiltertes Geometrieelement
- c Kleinste-Quadrate (Gaußsches) Geometrieelement (toleriertes Geometrieelement)

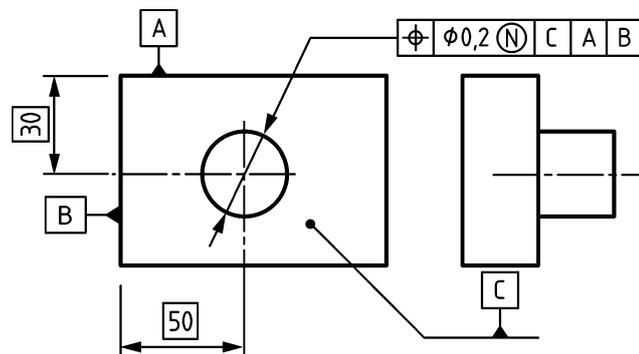
ANMERKUNG Das tolerierte Geometrieelement ist eine Fläche, aber zur Vereinfachung der Darstellung wird diese als Linie gezeigt.

**Bild 28 — Kleinste-Quadrate (Gaußsches) assoziiertes toleriertes Geometrieelement — Interpretation**

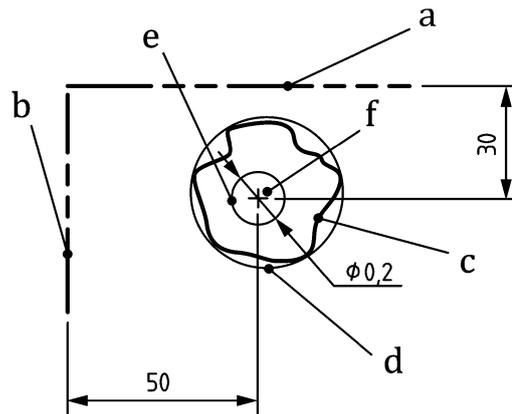
Ⓝ ist zu verwenden, um anzugeben, dass das tolerierte Geometrieelement das assoziierte kleinste umschriebene Geometrieelement oder sein abgeleitetes Geometrieelement ist. Die Assoziation des kleinsten umschriebenen Geometrieelements minimiert das Größenmaß des assoziierten Geometrieelements mit der Nebenbedingung, dass das assoziierte Geometrieelement das nicht-ideale Geometrieelement umschreibt. Dieser Modifikator kann nur für Geometrieelemente linearer Größenmaße verwendet werden.

Bild 29 zeigt ein Beispiel für eine Positionsspezifikation, die für das kleinste umschriebene assoziierte Geometrieelement gilt. Siehe auch Bild 30.

ANMERKUNG Auch wenn das Spezifikationselement Ⓝ normalerweise für außenliegende Geometrieelemente, z. B. Wellen wie in Bild 29, verwendet wird, kann es auch für innenliegende Geometrieelemente, z. B. Bohrungen verwendet werden.



**Bild 29 — Kleinstes umschriebenes assoziiertes toleriertes Geometrieelement — Zeichnungseintragung**



### Legende

- a Bezug A
- b Bezug B
- c reales Geometrieelement oder gefiltertes Geometrieelement
- d kleinstes umschriebenes Geometrieelement
- e Toleranzzone
- f toleriertes Geometrieelement (Mittellinie für d)

ANMERKUNG Das tolerierte Geometrieelement ist eine gerade Linie (die Mittellinie des assoziierten Geometrieelements), aber zur Vereinfachung der Darstellung wird diese als Punkt gezeigt.

### Bild 30 — Kleinstes umschriebenes assoziiertes toleriertes Geometrieelement — Interpretation

Ⓢ ist zu verwenden, um anzugeben, dass das tolerierte Geometrieelement das assoziierte Tangentialelement auf der Grundlage der  $L_2$ -Norm (kleinste Quadrate) mit der Nebenbedingung ist, dass das Tangentialelement außerhalb des Materials des nicht idealen Geometrieelements liegt. Dieser Modifikator kann nur für nominell gerade Linien- und Flächenelemente verwendet werden. Das tolerierte Geometrieelement ist die Tangentengerade oder -ebene des angegebenen Geometrieelementes, wie jeweils zutreffend.

ANMERKUNG Die  $L_2$ -Norm mit der Nebenbedingung, dass das Tangentialelement außerhalb des Material liegt, ist das Assoziationskriterium für Bezüge, siehe ISO 5459.

Bild 31 zeigt ein Beispiel für eine Parallelitätsspezifikation, die für das assoziierte Tangentialelement gilt. Siehe auch Bild 32.

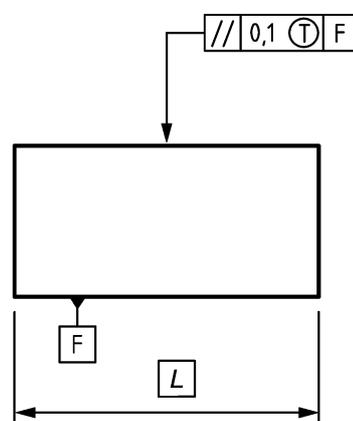
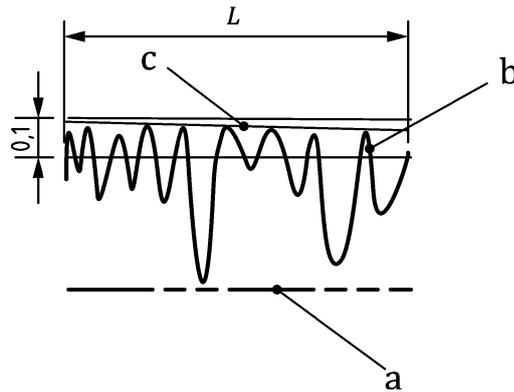


Bild 31 — Tangentiales assoziiertes toleriertes Geometrieelement — Zeichnungseintragung



### Legende

- a Bezug F
- b reales Geometrieelement oder gefiltertes Geometrieelement
- c Tangentialelement (toleriertes Geometrieelement)

ANMERKUNG Das tolerierte Geometrieelement ist eine Fläche, aber zur Vereinfachung der Darstellung wird diese als Linie gezeigt.

### Bild 32 — Tangentiales assoziiertes toleriertes Geometrieelement — Interpretation

⊗ ist zu verwenden, um anzugeben, dass das tolerierte Geometrieelement das assoziierte größte einbeschriebene Geometrieelement oder sein abgeleitetes Geometrieelement ist. Die Assoziation des größten einbeschriebenen Geometrieelements maximiert das Größenmaß des assoziierten Geometrieelements mit der Nebenbedingung, dass das assoziierte Geometrieelement dem nicht idealen Geometrieelement einbeschrieben ist. Dieses Spezifikationselement kann nur für Geometrieelemente linearer Größenmaße verwendet werden.

ANMERKUNG Auch wenn das Spezifikationselement ⊗ normalerweise für innenliegende Geometrieelemente, z. B. Bohrungen wie in Bild 33, verwendet wird, kann es auch für außenliegende Geometrieelemente, z. B. Wellen, verwendet werden.

Bild 33 zeigt ein Beispiel für eine Positionsspezifikation, die für das assoziierte größte einbeschriebene Geometrieelement gilt. Siehe auch Bild 34.

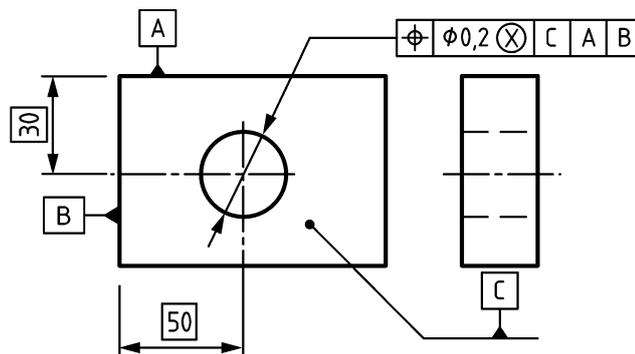
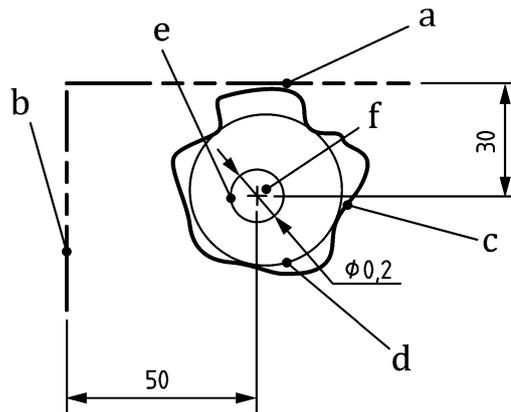


Bild 33 — Größtes einbeschriebenes assoziiertes toleriertes Geometrieelement — Zeichnungseintragung



### Legende

- a Bezug A
- b Bezug B
- c reales Geometrieelement oder gefiltertes Geometrieelement
- d größtes einbeschriebenes Geometrieelement
- e Toleranzzone
- f toleriertes Geometrieelement (Mittellinie für d)

ANMERKUNG Das tolerierte Geometrieelement ist eine gerade Linie (die Mittellinie des assoziierten Geometrieelements), aber zur Vereinfachung der Darstellung wird diese als Punkt gezeigt.

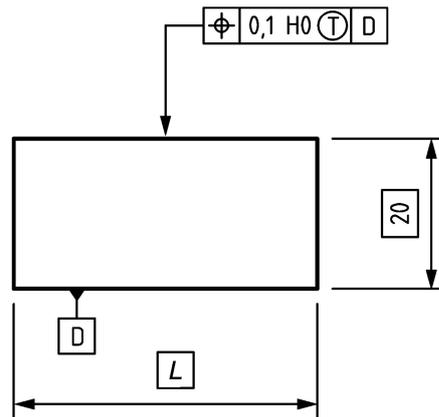
### Bild 34 — Größtes einbeschriebenes assoziiertes toleriertes Geometrieelement — Interpretation

Eine Zusammenfassung der assoziierten tolerierten Geometrieelemente kann auf die in Tabelle 5 dargestellten Geometrieelementarten angewendet werden.

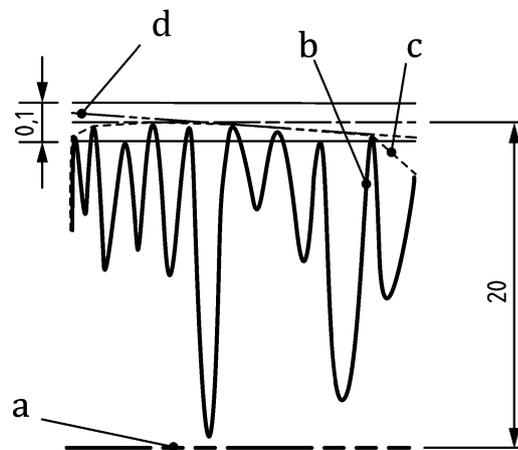
**Tabelle 5 — Zusammenfassung der anwendbaren assoziierten tolerierten Geometrieelemente nach Geometrieelementart**

Art des Geometrieelements	Ⓒ	Ⓔ	Ⓓ	Ⓙ	ⓧ
gerade Linie	Ja	Ja		Ja	
Ebene	Ja	Ja		Ja	
Kreis	Ja	Ja	Ja		Ja
Zylinder	Ja	Ja	Ja		Ja
Kegel	Ja	Ja			
Ringfläche	Ja	Ja			
Größenmaßelement: 2 parallele Ebenen	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

Das Spezifikationselement des assoziierten tolerierten Geometrieelements kann mit Filter-Modifikatoren kombiniert werden. Bild 35 zeigt ein Beispiel, in dem der Modifikator  $\text{Ⓙ}$  mit dem H0-Konvexhüllen-Modifikator kombiniert ist, wodurch angegeben wird, dass das L<sub>2</sub>-Norm Tangentialelement der konvexen Hülle, das tolerierte Geometrieelement ist. Dieses tolerierte Geometrieelement wird genau so definiert wie ein Bezug auf Basis eines Ebenen-Bezugselements, siehe ISO 5459, und ermöglicht so eine Spezifikation zur Regelung der Orientierung und des Ortes eines Bezugs. Siehe Bild 36.



**Bild 35 — Toleriertes Tangentialelement des mittels konvexer Hülle gefilterten Geometrieelementes — Zeichnungseintragung**



### Legende

- a Bezug D
- b reales Geometrieelement
- c gefiltertes Konvexhüllen-Element
- d Tangentialelement des gefilterten Konvexhüllen-Elements (toleriertes Geometrieelement)

ANMERKUNG Das tolerierte Geometrieelement ist eine Fläche, aber zur Vereinfachung der Darstellung wird diese als Linie gezeigt.

**Bild 36 — Toleriertes Tangentialelement des mittels konvexer Hülle gefilterten Geometrieelementes — Interpretation**

### 8.2.2.2.3 Modifikatoren für abgeleitete tolerierte Geometrieelemente

Defaultmäßig gilt die Spezifikation für das angegebene Geometrieelement selbst, mit Ausnahme der Festlegungen in Abschnitt 6. Der Modifikator für abgeleitete tolerierte Geometrieelemente ist optional. Er wird verwendet, um anzuzeigen, dass die Spezifikation nicht für das integrale Geometrieelement selbst, sondern für ein davon abgeleitetes Geometrieelement gilt.

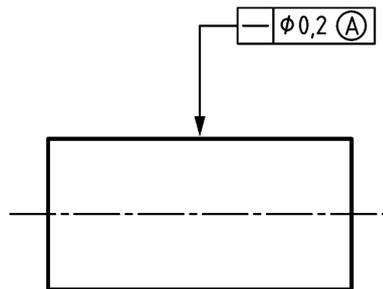
Für abgeleitete tolerierte Geometrieelemente stehen die folgenden Modifikatoren zur Verfügung:

- $\textcircled{A}$  wird verwendet, um anzuzeigen, dass das tolerierte Geometrieelement das abgeleitete Geometrieelement ist. Entsprechend kann dieses Spezifikationselement nur für Größenmaßelemente verwendet werden. Da die Angabe nicht eindeutig wäre, wenn das Größenmaßelement von zwei

Geometrieelementen gebildet wird, z. B. von zwei parallelen Ebenen, kann diese Spezifikation nur für Rotationsflächen angewendet werden. Das abgeleitete Geometrieelement ist die Mittellinie, falls das angegebene Geometrieelement ein Zylinder ist, bzw. der Mittelpunkt, falls das angegebene Geometrieelement ein Kreis oder eine Kugel ist.

- $\textcircled{P}$  wird verwendet, um anzugeben, dass die Toleranzzone für ein verlängertes Geometrieelement gilt (projiziertes Geometrieelement), siehe Abschnitt 12.

Bild 37 zeigt ein Beispiel für eine Geradheitstoleranz, die für das abgeleitete Geometrieelement, d. h. in diesem Fall für die Mittellinie des Zylinders gilt.



**Bild 37 — Für das mittlere Geometrieelement geltende Spezifikation**

### 8.2.2.3 Modifikatoren für Merkmale

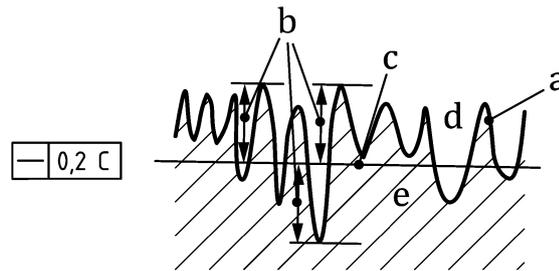
#### 8.2.2.3.1 Modifikator für die Assoziation von Referenzelementen

Defaultmäßig ist die Assoziation von Referenzelementen die Minimax (Tschebyschew)-Assoziation ohne Nebenbedingungen. Der Modifikator für die Assoziation von Referenzelementen ist optional. Es kann für Formspezifikationen verwendet werden, d. h. Spezifikationen, die nicht auf Bezüge verweisen und andere Spezifikationen, die mindestens einen uneingeschränkten, nicht-redundanten Freiheitsgrad haben.

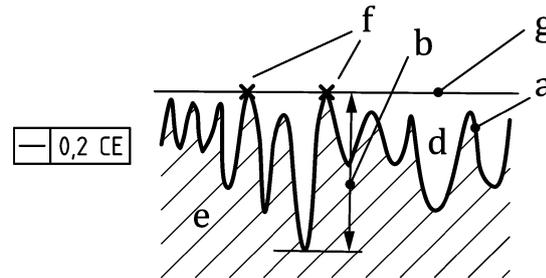
Die folgenden Modifikatoren stehen zur Verfügung:

- $\textcircled{C}$  ist zu verwenden, um die Minimax (Tschebyschew)-Assoziation anzugeben. Es minimiert den Abstand vom fernsten Punkt auf dem tolerierten Geometrieelement zum Referenzelement, siehe Bild 38 a).
- $\textcircled{CE}$  ist zu verwenden, um die Minimax (Tschebyschew)-Assoziation mit der Nebenbedingung „außerhalb des Materials“ anzugeben. Er minimiert den Abstand vom fernsten Punkt auf dem tolerierten Geometrieelement zum Referenzelement, welches außerhalb des Materials bleibt, siehe Bild 38 b).
- $\textcircled{CI}$  ist zu verwenden, um die Minimax (Tschebyschew)-Assoziation mit der Nebenbedingung „innerhalb des Materials“ anzugeben. Er minimiert den Abstand vom fernsten Punkt auf dem tolerierten Geometrieelement zum Referenzelement, welches innerhalb des Materials bleibt, siehe Bild 38 c).

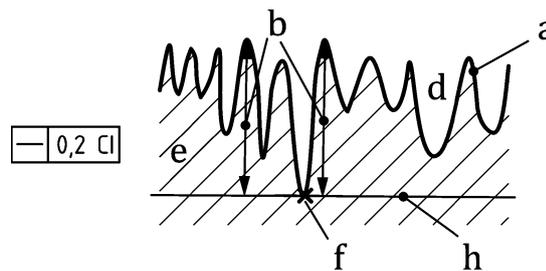
**ANMERKUNG 1** Das Minimax (Tschebyschew)-Geometrieelement ohne Nebenbedingung, das von der materialfreien Seite anliegende Minimax (Tschebyschew)-Geometrieelement und das von der Materialseite anliegende Minimax (Tschebyschew)-Geometrieelement (siehe c, g und h in Bild 38) sind alle per Definition parallel.



a) Minimax (Tschebyschew)-Geometrieelement ohne Nebenbedingung



b) von der materialfreien Seite anliegendes Minimax (Tschebyschew)-Geometrieelement



c) von der Materialseite anliegendes Minimax (Tschebyschew)-Geometrieelement

- a toleriertes Geometrieelement
- b minimierte größte Abstände
- c assoziierte Minimax (Tschebyschew)-Gerade ohne zusätzliche Nebenbedingungen – Referenzelement mit Modifikator C
- d außerhalb des Materials
- e innerhalb des Materials
- f Berührungspunkt zwischen assoziiertem und toleriertem Geometrieelement
- g assoziierte Minimax (Tschebyschew)-Gerade mit der Nebenbedingung außerhalb des Materials – Referenzelement mit Modifikator CE
- h assoziierte Minimax (Tschebyschew)-Gerade mit der Nebenbedingung innerhalb des Materials – Referenzelement mit Modifikator CI

ANMERKUNG Die in diesem Bild gezeigten Toleranzindikator zeigen kein Parameter-Spezifikationselement, siehe 8.2.2.3.2, sodass das spezifizierte Merkmal der gesamte Abweichungsbereich ist, der der Defaultparameter ist.

### Bild 38 — Minimax (Tschebyschew)-Assoziationen

- G ist anzuwenden, um die (Gaußsche) Kleinste-Quadrate-Assoziation anzugeben. Es minimiert das Quadrat der örtlichen Abweichungen des tolerierten Geometrieelements auf das Referenzelement.
- GE ist anzuwenden, um die (Gaußsche) Kleinste-Quadrate-Assoziation mit der Nebenbedingung „außerhalb des Materials“ anzugeben. Es minimiert das Quadrat der örtlichen Abweichungen des

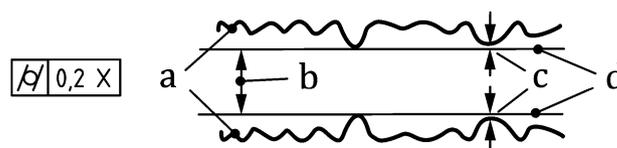
tolerierten Geometrieelements auf das Referenzelement, während das Referenzelement außerhalb des Materials bleibt.

- $G$  ist anzuwenden, um die (Gaußsche) Kleinste-Quadrate-Assoziation mit der Nebenbedingung „innerhalb des Materials“ anzugeben. Es minimiert das Quadrat der örtlichen Abweichungen des tolerierten Geometrieelements auf das Referenzelement, während das Referenzelement innerhalb des Materials bleibt.

ANMERKUNG 2 Die (Gaußschen) Kleinste-Quadrate-Assoziationen sind den in Bild 38 dargestellten Minimax (Tschebyschew)-Assoziationen ähnlich mit Ausnahme dessen, dass in diesem Falle nicht der größte Abstand zum assoziierten Geometrieelement minimiert wird, sondern die Quadratwurzel der Summe der Quadrate der örtlichen Abweichungen zwischen dem tolerierten und dem assoziierten Referenzelement.

ANMERKUNG 3 Die (Gaußsche) Kleinste-Quadrate-Assoziation ohne Nebenbedingung, die (Gaußsche) Kleinste-Quadrate-Assoziation mit der Nebenbedingung „außerhalb des Materials“ und die (Gaußsche) Kleinste-Quadrate-Assoziation mit der Nebenbedingung „innerhalb des Materials“ (entsprechend den Legenden c, g und h in Bild 38) sind per Definition alle nicht parallel.

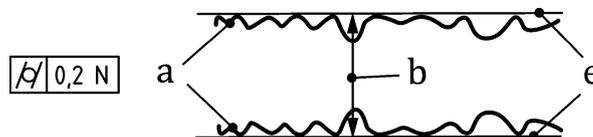
- $X$  ist anzuwenden, um die größte einbeschriebene Assoziation anzuzeigen. Er steht nur für tolerierte Geometrieelemente linearer Größenmaße zur Verfügung. Er maximiert das Größenmaß des Referenzelements, während das Referenzelement vollständig innerhalb des tolerierten Geometrieelements bleibt. Siehe Bild 39.



- a toleriertes Größenmaßelement
- b Größenmaß des assoziierten Geometrieelements (maximiert)
- c ausgleichender Abstand, im Falle instabiler Assoziation
- d größtes einbeschriebenes assoziiertes Größenmaßelement

**Bild 39 — Größte einbeschriebene Assoziation**

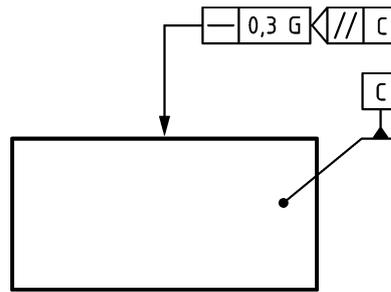
$N$  ist anzuwenden, um die kleinste umschriebene Assoziation anzuzeigen. Es steht nur für tolerierte Geometrieelemente linearer Größenmaße zur Verfügung. Es minimiert das Größenmaß des Referenzelements, während das Referenzelement vollständig außerhalb des tolerierten Geometrieelements bleibt. Siehe Bild 40.



- a toleriertes Größenmaßelement
- b Größenmaß des assoziierten Geometrieelements (minimiert)
- e kleinstes umschriebenes assoziiertes Größenmaßelement

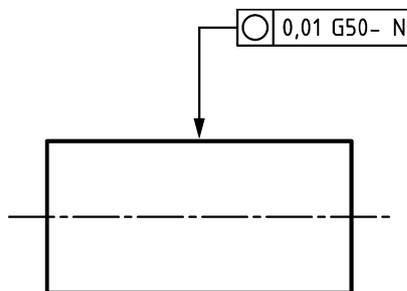
**Bild 40 — Kleinste umschriebene Assoziation**

Bild 41 zeigt ein Beispiel für eine Geradheitsspezifikation, die in Relation zum (Gaußschen) Kleinste-Quadrate-Referenzelement gilt. Der Schnittebenen-Indikator zeigt an, dass die Richtung der tolerierten Linien parallel zum Bezug C verläuft.



**Bild 41 — Spezifikation, die den Modifikator (Gaußsches) Kleinste-Quadrate-Referenzelement verwendet**

Bild 42 zeigt ein Beispiel für eine Rundheitsspezifikation, die relativ zum kleinsten umschriebenen Referenzelement nach Anwendung eines Langwellen-Gauß-Filters mit einem Grenzwellenzahl von 50 UPR gilt. Nach dem Modifikator für den Filtertyp folgt immer vom Wert des Nesting-Index und der Modifikator für das Referenzelement besteht nur aus Buchstaben. Falls beide in derselben Spezifikation gelten, muss der Modifikator für den Filtertyp immer vor dem Modifikator für das Referenzelement stehen.



**Bild 42 — Spezifikation, die den Filter-Modifikator und den Modifikator für das kleinste umschriebene Referenzelement verwendet**

### 8.2.2.3.2 Modifikator für Parameter

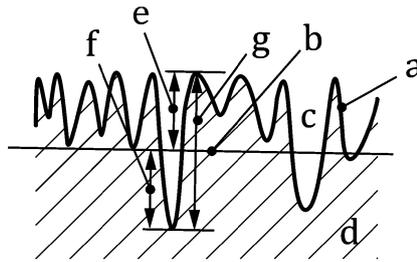
Der Default-Parameter, der dann gilt, wenn kein Modifikator angegeben ist, ist der Gesamtbereich der Abweichungen, d. h. der Abstand vom tiefsten Tal des tolerierten Geometrieelements zum Referenzelement zuzüglich des Abstands von der höchsten Spitze des tolerierten Geometrieelements zum Referenzelement. Das Parameterspezifikationselement ist optional. Es kann für Formspezifikationen verwendet werden, d. h. für Spezifikationen, die keine Bezüge referenzieren und weitere Spezifikationen, die mindestens einen unbeschränkten, nicht-redundanten Freiheitsgrad haben.

Die folgenden Parameter Modifikatoren stehen zur Verfügung:

T darf angewendet werden, um den Gesamtbereich der Abweichungen, d. h. den Default-Parameter anzuzeigen, siehe Bild 43.

P ist anzuwenden, um die Spitzenhöhe anzuzeigen, d. h. den Abstand von der höchsten Spitze des tolerierten Geometrieelements zum Referenzelement. Die Spitzenhöhe ist nur in Relation zur Minimax (Tschebyschew)-Assoziation und zur (Gaußschen) Kleinste-Quadrate-Assoziation, d. h. zu den Assoziationsmodifikatoren C und G, definiert, siehe Bild 43.

V ist anzuwenden, um die Riefentiefe anzuzeigen, d. h. den Abstand vom tiefsten Tal des tolerierten Geometrieelements zum Referenzelement. Die Riefentiefe ist nur in Relation zur Minimax (Tschebyschew)-Assoziation und zur (Gaußschen) Kleinste-Quadrate-Assoziation, d. h. zu den Assoziations-Modifikatoren C und G, definiert, siehe Bild 43.



- a toleriertes Geometrieelement
- b assoziierte Minimax (Tschebyschew)- oder (Gaußsche) Kleinste-Quadrate-Gerade ohne zusätzliche Nebenbedingungen
- c außerhalb des Materials
- d innerhalb des Materials
- e Parameter der Spitzenhöhe (P)
- f Parameter der Riefentiefe (V)
- g Parameter des Gesamtbereichs (T),  $T = P + V$

**Bild 43 — Parameter**

—  $Q$  ist anzuwenden, um die Quadratwurzel der Summe der Quadrate der Residuen oder der Standardabweichung des tolerierten Geometrieelements in Relation zum Referenzelement anzuzeigen.

$$Q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l Z^2(x) dx} \text{ für lineare Geometrieelemente}$$

oder

$$Q = \sqrt{\frac{1}{a} \int_0^a Z^2(x) dx} \text{ für Flächenelemente.}$$

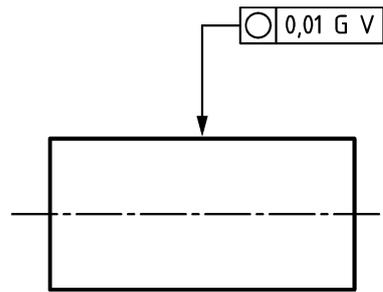
Dabei ist:

- $Q$  der  $Q$ -Parameter;
- $l$  die Länge des tolerierten Geometrieelements;
- $a$  die Fläche des tolerierten Geometrieelements;
- $Z(x)$  die Funktion der örtlichen Abweichungen für das tolerierte Geometrieelement;
- $x$  die Position im Verlauf des tolerierten Geometrieelements.

ANMERKUNG 1 Der Ursprung von  $Z(x)$  ist das Referenzelement, entweder das defaultmäßige Referenzelement Minimax (Tschebyschew)-Element ohne Nebenbedingung oder das nach 8.2.2.3.1 spezifizierte Referenzelement.

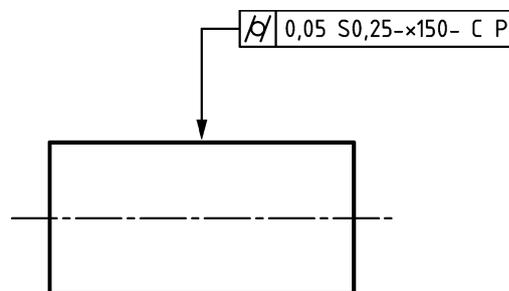
ANMERKUNG 2 Das T-Spezifikationselement ist das einzige, das dem Konzept einer Toleranzzone entspricht.

Bild 44 zeigt ein Beispiel für eine Rundheitsspezifikation, die für die Riefentiefe in Relation zum (Gaußschen) Kleinste-Quadrate-Bezugskreis gilt.



**Bild 44 — Spezifikation, die den Modifikator(Gaußsches) Kleinste-Quadrate-Referenzelement und der Modifikator Taltiefe verwendet**

Bild 45 zeigt ein Beispiel für eine Zylindrizitätsspezifikation, die für die Spitzenhöhe im Verhältnis zum Minimax (Tschebyschew)-Referenzzyylinder nach Anwendung eines Langwellen-Spline-Filters mit einem Nesting-Index (cutoff) von 0,25 mm in Achsrichtung und 150 UPR in der Umfangsrichtung.



**Bild 45 — Spezifikation mit einem Filter-Modifikator, einem Referenzelement-Modifikator und einem Merkmal-Modifikator**

#### 8.2.2.4 Modifikator für die Materialbedingung

Die Modifikatoren für die Materialbedingung,  $\textcircled{M}$ ,  $\textcircled{L}$  und  $\textcircled{R}$ , sind optionale Modifikatoren, siehe ISO 2692.

#### 8.2.2.5 Zustands Modifikator

Der Zustands Modifikator  $\textcircled{F}$  ist ein optionaler Modifikator, siehe ISO 10579.

#### 8.2.3 Bezugfeld

Zu Bezügen und Angaben im Bezugfeld, siehe ISO 5459.

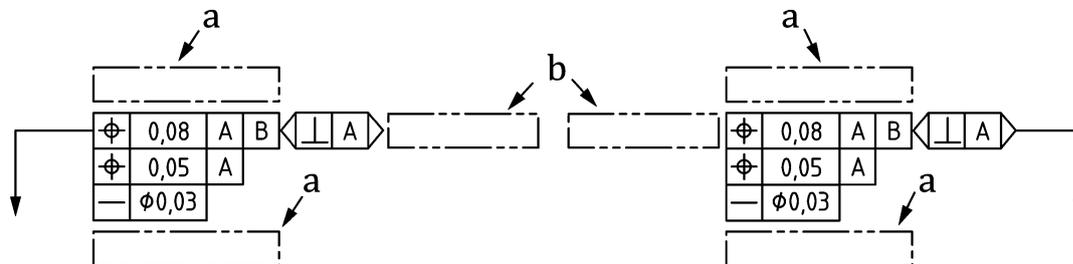
### 8.3 Indikatoren für Ebenen und Geometrielemente

Schnittebenen-Indikatoren (Abschnitt 13), Orientierungsebenen-Indikatoren (Abschnitt 14), Richtungselement-Indikatoren (Abschnitt 15) und Kollektionsebenen-Indikatoren (Abschnitt 16) können rechts vom Toleranzindikator angegeben werden. Bei Angabe von mehreren dieser Indikatoren ist der Schnittebenen-Indikator am nächsten zum Toleranzindikator anzugeben, gefolgt vom Orientierungsebenen-Indikator oder Richtungselement-Indikator (diese beiden dürfen nicht zusammen angegeben werden) und abschließend dem Kollektionsebenen-Indikator. Zwischen dem Toleranzindikator und dem/den Indikator(en) für die Ebene und das Geometrielement darf kein Leerraum eingefügt werden. Wenn irgendeiner dieser Indikatoren angezeigt wird, kann die Referenzlinie entweder links vom Toleranzindikator oder rechts davon am letzten der freigestellten Indikatoren angebracht werden.

## 8.4 Unmittelbar neben dem Toleranzindikator stehende Angaben

### 8.4.1 Allgemeines

Unmittelbar neben dem Toleranzindikator gibt es drei Bereiche, in denen ergänzende Angaben angezeigt werden können, siehe Bild 46.



- a darüber oder darunter stehender Anzeigebereich  
b innerhalb der Zeile unmittelbar daneben stehender Anzeigebereich

ANMERKUNG Wengleich Anzeigen im darüber und darunter stehenden Anzeigebereich dasselbe bedeuten, ist, sofern praktisch möglich, die Anzeige im darüber stehenden Anzeigebereich bevorzugt.

**Bild 46 — Angrenzende Angabenbereiche**

Angaben, die für alle mit der Hinweislinie verbundenen Toleranzindikatoren sowie alle Maßspezifikationen gelten, müssen im darüber oder darunter angrenzenden Anzeigebereich angezeigt werden. Die Bedeutung der Angaben in darüber und darunter angrenzenden Anzeigebereichen ist gleich. Nur einer dieser beiden angrenzenden Bereiche darf verwendet werden.

Angaben, die nur für einen Toleranzindikator gelten, müssen in einem in derselben Zeile unmittelbar angrenzenden Bereich angezeigt werden. Bild 46 zeigt die Anordnung von Anzeigebereichen in derselben Zeile abhängig davon, mit welchem Ende der Toleranzangabe die Referenzlinie verbunden ist.

Wenn es nur einen Toleranzindikator gibt, bedeuten die Anzeigen in den darüber oder darunter angrenzenden Anzeigebereichen und im in dieser Zeile angrenzenden Anzeigebereich dasselbe. In diesem Fall ist nur ein Anzeigebereich zu verwenden und, sofern praktisch möglich, muss die Anzeige im darüber angrenzenden Anzeigebereich bevorzugt verwendet werden.

Angaben im darüber/darunter angrenzenden Anzeigebereich müssen linksbündig angeordnet werden. Angaben in einem in derselben Zeile unmittelbar daneben angrenzenden Bereich müssen linksbündig angeordnet werden, wenn sie sich rechts vom Toleranzindikator befinden, und rechtsbündig, wenn sie sich links vom Toleranzindikator befinden.

### 8.4.2 Modifikatoren für tolerierte Geometrielemente

Falls das tolerierte Geometrielement nicht das gesamte einzelne durch die mit dem Toleranzindikator verbundene Hinweislinie mit Pfeil gekennzeichnete Geometrielement ist, muss eine Angabe vorhanden sein, die das tolerierte Geometrielement anzeigt:

- ACS, falls das tolerierte Geometrielement eine Schnittlinie oder ein Schnittpunkt ist, definiert als Schnitt zwischen einem extrahierten integralen Geometrieelement und einer Schnittebene oder zwischen einer extrahierten Mittellinie und einer Schnittebene festgelegt ist, siehe Bild 47. Falls ein Bezug angegeben ist, ändert der ACS-Modifikator auch das Bezugselement, so dass es sich im entsprechenden Querschnitt befindet. Der Querschnitt gilt rechtwinklig zum angezeigten Bezug oder zur Situationsgeraden des integralen Geometrieelements. Der ACS-Modifikator kann nur bei Rotationsflächen, Zylinderflächen oder prismatischen Flächen verwendet werden.

- Buchstaben, die Positionen auf dem Geometrieelement anzeigen und durch das „Zwischen“-Symbol getrennt sind, falls das tolerierte Geometrieelement ein eingeschränktes Geometrieelement ist, siehe Bild 60 und Bild 63, oder die Weite der Toleranzzone variiert proportional zwischen den Positionen, siehe Bild 10 und Bild 14. Frühere Praxis, siehe A.3.2.

Wenn die Spezifikation für mehrere tolerierte Geometrieelemente gilt, können  $n\times$  oder mehrere Hinweislinien verwendet werden, um die tolerierten Geometrieelemente zu identifizieren oder sie können wie in 9.1.2 angegeben identifiziert werden. Wenn die tolerierten Geometrieelemente als ein vereinigt Geometrieelement anzusehen sind, muss der UF-Modifikator hinzugefügt werden, siehe Bild 48, in dem eine Kollektion von gekrümmten Geometrieelementen als zylindrisches Geometrieelement definiert ist, und Bild 55, in dem das gesamte Werkstück als ein vereinigt Geometrieelement angesehen wird. In diesem Fall definiert die Spezifikation eine Toleranzzone für das vereinigt Geometrieelement.

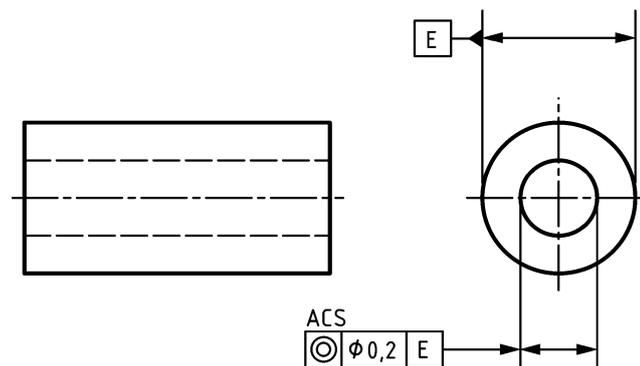


Bild 47 — Angabe, dass die Spezifikation für jeden beliebigen Querschnitt gilt

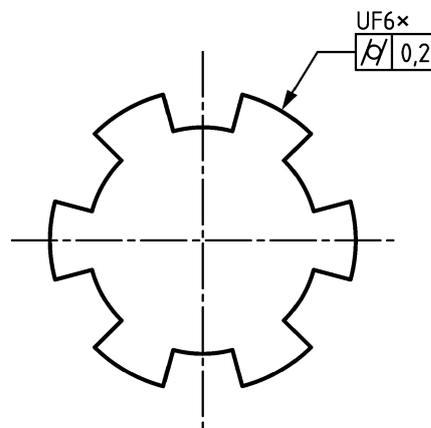
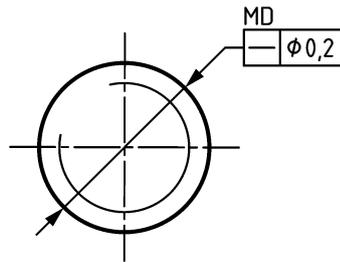


Bild 48 — Angabe einer Spezifikation, die für ein vereinigt Geometrieelement gilt

Spezifikationen für Schraubgewinde gelten für die aus dem Zylinder defaultmäßig abgeleitete Achse. „MD“ muss angegeben werden, um den größter Durchmesser zu benennen und „LD“, um kleinster Durchmesser zu benennen. Spezifikationen und Bezüge für Keilwellen und Zahnräder müssen stets das spezifische Geometrieelement benennen, für das sie gültig sind, z. B. „PD“ für Flankendurchmesser, „MD“ für größter Durchmesser oder „LD“ für kleinster Durchmesser, siehe Bild 49.



**Bild 49 — Angabe einer Spezifikation für den größten Durchmesser eines Gewindes**

ANMERKUNG Die Interpretation der geometrischen Spezifikationen des realen Werkstücks für die Geometrielemente Flankendurchmesser, größter Durchmesser und kleinster Durchmesser und von diesen abgeleitete Geometrielemente, (z. B. Mittellinie des Flankendurchmesser-Geometrieelements), ist derzeit nicht ausreichend in den GPS-Normen definiert.

### 8.4.3 Muster

Zusätzliche Informationen können in einem angrenzenden Anzeigebereich angegeben werden, um die Geometrielemente zu bezeichnen, für welche die Spezifikation(en) gilt (gelten), siehe Bild 64. Hierzu gehören die Anzahl von Mustern, die Anzahl der Geometrielemente in jedem Muster, die Bezeichnung der zum Muster gehörenden Geometrielemente und alle für die Größenmaßelemente im Muster geltenden Größenmaßtoleranzen, für welche die Spezifikation gilt, sowie Informationen über die Länge des Geometrieelements (der Geometrieelemente), für welche die Spezifikation gilt.

Weitere Informationen über Muster, siehe ISO 5458.

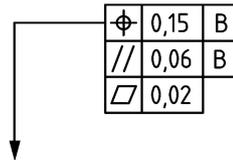
### 8.4.4 Reihenfolge der in angrenzenden Anzeigebereichen zu machenden Angaben

Falls in einem angrenzenden Anzeigebereich mehr als eine Angabe gemacht wird, müssen die einzelnen Angaben in folgender Reihenfolge angegeben werden, wobei zwischen den Angaben jeweils ein Leerzeichen vorhanden sein muss:

- Angaben von mehreren tolerierten Geometrieelementen, z. B.  $n \times$  oder  $n \times m \times$ , siehe ISO 5458.
- Maßtoleranzangabe, siehe ISO 14405-1 und ISO 286-1.
- „Zwischen“-Angabe(n), die nicht mit dem vereinigten Geometrieelement verbunden sind, siehe 9.1.4.
- UF für vereinigt Geometrieelement und  $n \times$  für die Anzahl von Geometrieelementen, die zum Aufbau jedes vereinigten Geometrieelementes verwendet werden, siehe 8.4.2, oder „Zwischen“-Angaben zur Definition der Länge des vereinigten Geometrieelements.
- ACS für Schnitte, siehe 8.4.2.
- LD, PD oder MD für Gewinde und Zahnräder, siehe 8.4.2.

### 8.5 Gestapelte Toleranzangaben

Falls es nötig ist, mehr als ein geometrisches Merkmal für ein Geometrieelement zu spezifizieren, dürfen die Anforderungen zur besseren Übersicht in Toleranzindikator untereinander gesetzt werden (siehe das Beispiel im Bild 50).



**Bild 50 — Gestapelte Toleranzangabe**

In diesem Fall wird empfohlen, die Toleranzindikator so anzuordnen, dass die Toleranzwerte absteigend von oben nach unten angezeigt werden, wie in Bild 50 gezeigt.

In diesem Fall ist die Referenzlinie abhängig vom Platz am Mittelpunkt des linken oder rechten Endes der Toleranzindikatoren anzubringen, nicht als Verlängerung der Linie zwischen den Toleranzindikatoren. Das gilt sowohl für 2D- als auch für 3D-Darstellungen.

## 8.6 Angabe von Zeichnungs-Defaults

ISO-Defaults gibt es für die Form der Toleranzzone, die Assoziation von Referenzelementen (8.2.2.3.1), Merkmale (Parameter) (8.2.2.3.2) und tolerierte Geometrielemente (Flankendurchmesser) für Schraubgewinde (8.4.2).

Die große Bandbreite von Anwendungen des vorliegenden Dokuments macht es unmöglich, einen Default für die Filterung zu benennen, der für einen großen Teil aller Anwender anwendbar ist.

Zeichnungs-Defaults für die Filterung können im oder in der Nähe des Schriftfeldes entweder als ein Default für alle geometrischen Spezifikationen oder als gesonderte Defaults für Form, Richtung und Lage angegeben werden, indem die Angabe "ISO 1101" gefolgt von dem entsprechenden Symbole aus Tabelle 6 und einem Doppelpunkt ":" verwendet werden, gefolgt der Default-Filterung, siehe Anhang C.

**Tabelle 6 — Symbole für die Default-Filterung und Assoziation**

Symbol	Bedeutung	Anwendungsbereich des Defaults
FC	Form-Assoziationskriterium	Form-Spezifikation
TF	Filter für tolerierte Geometrielemente	Alle Form-, Orts-, Richtungs- und Laufspezifikationen
TFF	Toleriertes Geometrielement, Form, Filter	Form-Spezifikation
TFO	Toleriertes Geometrielement, Richtung, Filter	Richtungsspezifikationen
TFL	Toleriertes Geometrielement, Ort, Filter	Ortsspezifikationen

BEISPIEL 1 ISO 1101 TF: G 0,8– x 50– legt die defaultmäßige Filterung als Verwendung eines Gauß-Langwellenfilters mit einem Grenzwert von 0,8 mm in offenen Profilen und 50 UPR in geschlossenen Profilen fest.

Der Zeichnungs-Default für die Formassoziation kann in der Nähe des Schriftfeldes angegeben werden durch die Angabe „ISO 1101 FC“: gefolgt von dem Symbol für die Defaultassoziation aus Tabelle D.1. FC steht für „Formmerkmal“.

BEISPIEL 2 ISO 1101 FC: G legt das defaultmäßige Assoziationskriterium für die Form als (Gaußsches) Kleinste-Quadrate-Element fest.

## 9 Ergänzende Angaben

### 9.1 Angaben eines zusammengesetzten oder eines begrenzten tolerierten Geometrieelementes

#### 9.1.1 Allgemeines

Wenn das tolerierte Geometrieelement Teil eines einzelnen Geometrieelements oder ein zusammengesetztes kontinuierliches Geometrieelement ist, dann muss es angegeben werden als

- ein kontinuierliches, geschlossenes Geometrieelement (einfach oder zusammengesetzt), siehe 9.1.2;
- ein begrenzter Bereich einer einzelnen Fläche, siehe 9.1.3; oder
- ein kontinuierliches, nicht geschlossenes Geometrieelement (einfach oder zusammengesetzt), siehe 9.1.4.

#### 9.1.2 Rundum und rundherum - kontinuierliches, geschlossenen toleriertes Geometrieelement

Wird eine geometrische Spezifikation auf die Konturlinien der Querschnitte oder auf alle von einer geschlossenen Konturlinie dargestellten Geometrieelemente angewendet, so muss dies durch das „Rundum“-Symbol  $\bigcirc$  angezeigt werden, das auf dem Schnittpunkt der Hinweislinie und der Referenzlinie des Toleranzindikators zu platzieren ist. (Siehe Beispiele in den Bildern 51 und 53). Zur Bezeichnung der Kollektionsebene in 3D ist ein Kollektionsebenen-Indikator zu verwenden und in 2D ist er zu bevorzugen. Frühere 2D-Praxis, siehe A.2.3. Eine Rundum-Anforderung gilt nur für die durch die Kollektionsebene bezeichneten Flächen, nicht für das gesamte Werkstück (siehe Bilder 52 und 54).

Wird eine geometrische Spezifikation auf alle integralen Geometrieelemente eines Werkstücks angewendet, so muss dies durch das Symbol „rundherum“  $\odot$  angezeigt werden (siehe Beispiel Bild 55).

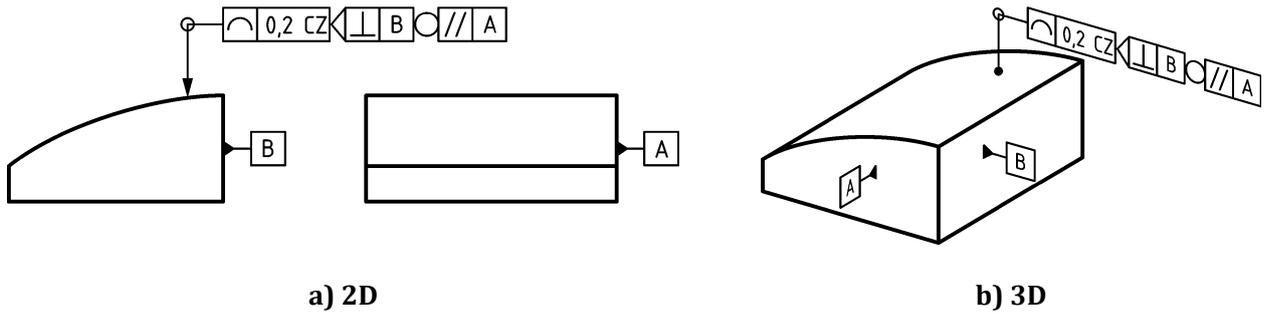
Ein „Rundum“-Symbol  $\bigcirc$  oder ein Symbol für „rundherum“  $\odot$  ist stets mit einem SZ-Modifikator (separate Zonen), CZ (kombinierte Zone) oder UF (vereinigtes Geometrieelement) zu kombinieren, außer wenn das referenzierte Bezugssystem alle nicht-redundanten Freiheitsgrade fixiert.

Falls der SZ-Modifikator in Verbindung mit dem „Rundum“- oder „Rundherum“-Symbol verwendet wird, muss das betreffende Merkmal als Einzelanforderung für die angegebenen Geometrieelemente gelten, d. h. dass die Toleranzzonen für diese Geometrieelemente in keiner Beziehung zueinander stehen und die Verwendung des „Rundum“- oder „Rundherum“-Symbols gleichbedeutend mit der Verwendung von  $n$  Hinweislinien ist, von denen jeweils eine auf jedes tolerierte Geometrieelement zeigt, oder mit der Angabe  $n \times$  unmittelbar neben dem Toleranzindikator.

Wenn die Spezifikation als Muster von Zonen auf alle Anforderungen an die angegebenen Geometrieelemente anzuwenden ist, d. h. die Toleranzzonen für all diese Geometrieelemente stehen in einer theoretisch exakten Beziehung zueinander und der Übergang von einer Toleranzzone zur nächsten ist die Verlängerung der beiden Toleranzzonen, was zu scharfen Ecken führt, dann muss ein CZ-Spezifikationselement (kombinierte Zone) in Verbindung mit dem „Rundum“- oder dem „Rundherum“-Symbol verwendet werden. Frühere Praxis, siehe A.3.4.

Wenn die bezeichneten Geometrieelemente als ein Geometrieelement zu betrachten sind, so muss das UF-Spezifikationselement (vereinigtes Geometrieelement) in Verbindung mit dem „Rundum“- oder dem „Rundherum“-Symbol verwendet werden.

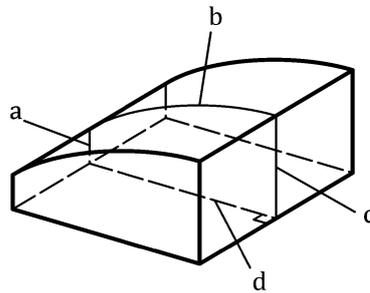
Gilt eine Anforderung für die Gruppe von Linienelementen auf der geschlossen zusammengesetzten kontinuierlichen Fläche (definiert durch eine Kollektionsebene), so muss auch zwischen den Toleranzindikator und den Kollektionsebenen-Indikator ein Schnittebenen-Indikator, der die Schnittebene bezeichnet, eingefügt werden [siehe Bilder 51 a) und b)].



ANMERKUNG 1 Die Zeichnung ist unvollständig. Die Nenngeometrie des Profils ist nicht festgelegt.

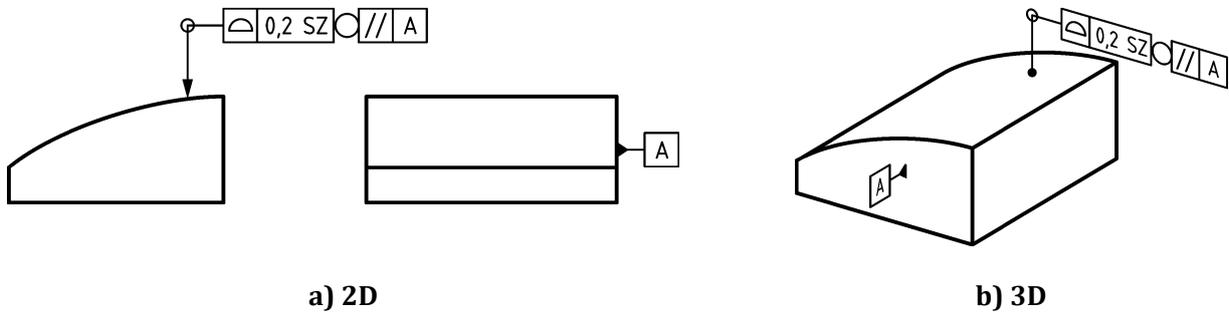
ANMERKUNG 2 Bei Verwendung des Linienprofilsymbols kann, wenn die Schnittebene und die Kollektionsebene gleich sind, das Kollektionsebenensymbol weggelassen werden.

**Bild 51 — Rundum-Zeichnungseintragung**



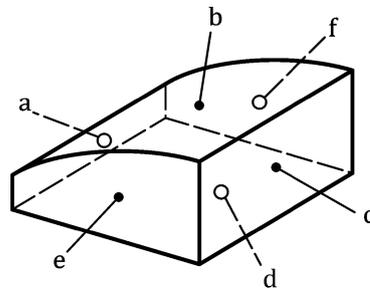
Interpretation: Die in der Zeichnung angegebene Anforderung gilt als eine kombinierte Zone für die Linien a, b, c und d in allen Querschnitten.

**Bild 52 — Rundum-Interpretation**



ANMERKUNG Die Zeichnung ist unvollständig. Die Nenngeometrie des Profils ist nicht festgelegt.

**Bild 53 — Rundum-Zeichnungseintragung**

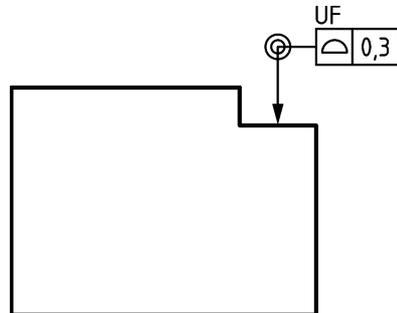


Interpretation: Die in der Zeichnung angegebene Anforderung gilt als individuelle Anforderung an die vier Flächen a, b, c und d.

ANMERKUNG Die Flächen e und f werden in das „Rundum“-Symbol nicht mit einbezogen.

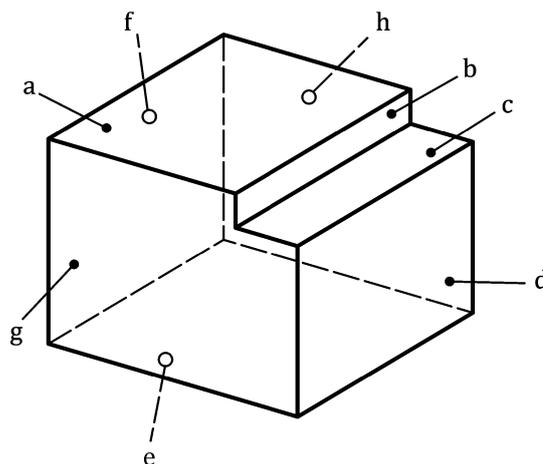
**Bild 54 — Rundum-Interpretation**

Das Werkstück muss verhältnismäßig einfach sein, damit eine „Rundum“-Angabe eindeutig ist. Wenn sich beispielsweise in der Mitte des in Bild 51 und Bild 53 dargestellten Werkstückes eine senkrechte Bohrung befinden würde, wäre nicht klar, ob die Spezifikation für die Fläche der Bohrung gelten würde oder nicht. In Bild 51 und Bild 53 kann die Kollektionsebene jede Ebene sein, die parallel zum Bezug A verläuft. Abhängig davon, wo sich die Kollektionsebene befindet, kann es möglich sein, dass sie die Bohrung schneidet oder auch dass sie sie nicht schneidet. In derartigen Fällen darf die „Rundum“-Angabe nicht verwendet werden.



ANMERKUNG Die Zeichnung ist unvollständig. Die Nenngeometrie des Profils ist nicht festgelegt.

**Bild 55 — Rundherum-Zeichnungseintragung**



Interpretation: Die Anforderung, die für alle Flächen a, b, c, d, e, f, g, h gilt, wird als ein vereinigt Geometrieelement angesehen.

ANMERKUNG Ohne UF werden die Flächen unabhängig betrachtet.

**Bild 56 — Rundherum-Interpretation**

### 9.1.3 Begrenzter Bereich eines tolerierten Geometrieelementes

Der begrenzte Bereich ist wie folgt festzulegen:

- durch Umreißen der beteiligten Flächenteile mit einer breiten Lang-Strich-Punktlinie (in Übereinstimmung mit ISO 128-24, Typ 04.2). Die Lage und die Maße müssen durch TEDs definiert werden, siehe Bild 58 a),
- durch eine schraffierte Fläche, deren Abgrenzungen als breite Lang-Strich-Punktlinie (in Übereinstimmung mit ISO 128-24, Typ 04.2) angegeben sind. Die Lage und die Maße müssen durch TEDs definiert werden, siehe Bild 57 a), Bild 58 b) und Bild 59,

- durch seine Eckpunkte, die durch Kreuze auf dem integralen Geometrieelement angezeigt werden (die Orte der Punkte werden durch theoretisch exakte Maße definiert), bezeichnet durch Großbuchstaben und Hinweislinien, die mit einem Pfeil enden. Die Buchstaben werden über dem Toleranzindikator mit dem „Zwischen“-Symbol zwischen den beiden Letzten angegeben, siehe Bild 57 b). Die Grenze wird dadurch gebildet, dass die Eckpunkte mit geraden Segmenten verbunden werden,
- durch zwei gerade Begrenzungslinien, die durch Großbuchstaben und Hinweislinien bezeichnet werden, die mit einem Pfeil enden (der Ort der Begrenzungslinien wird durch theoretisch exakte Maße definiert), kombiniert mit einer Anzeige, bei der das „Zwischen“-Symbol verwendet wird, siehe Bilder 60 und 63.

Die Hinweislinie, die an der Referenzlinie beginnt, die mit der Angabe der geometrischen Toleranz verbunden ist, muss im begrenzten Bereich enden.

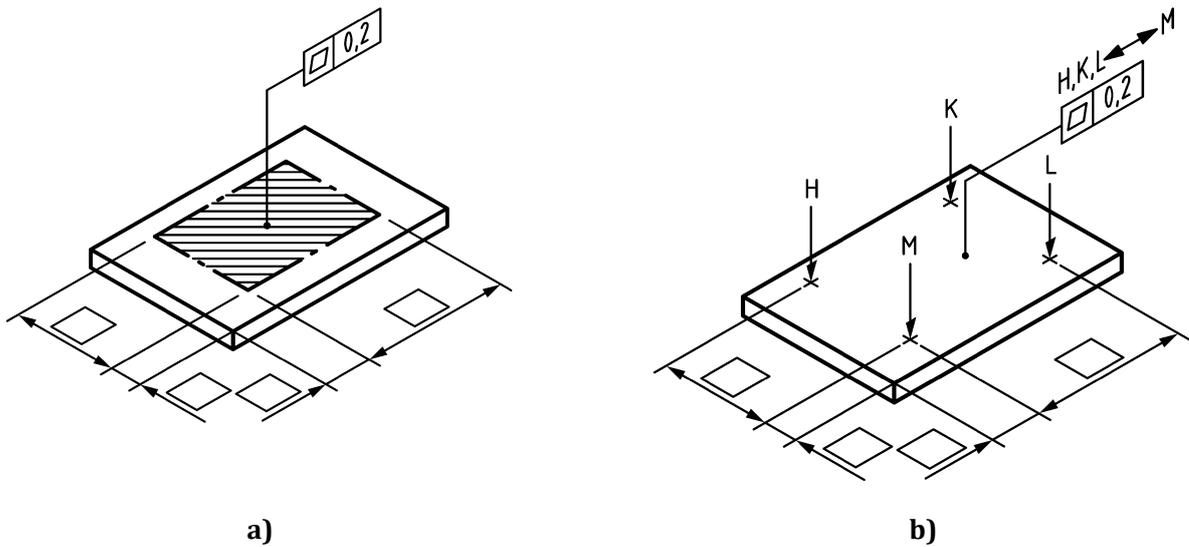


Bild 57 — Angabe einer begrenzten Fläche

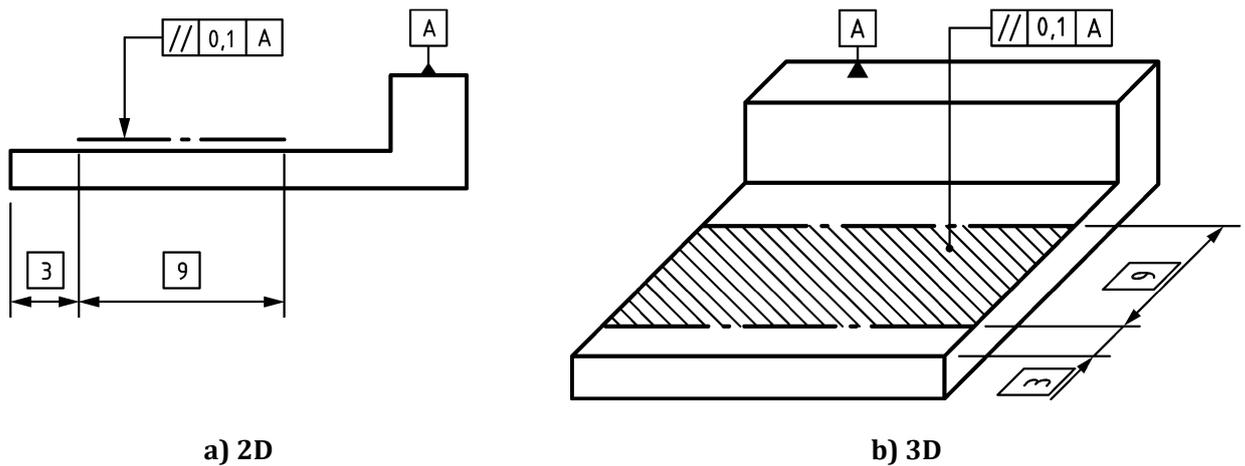


Bild 58 — Angabe einer begrenzten Fläche

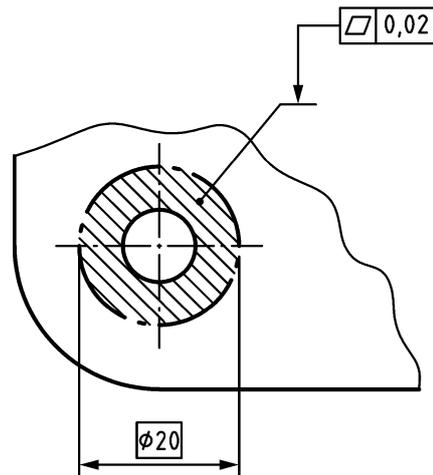


Bild 59 — Angabe einer begrenzten Fläche

Die Spezifikation gilt für jedes Flächen- oder Linienelement unabhängig voneinander, solange nichts anderes angegeben ist (z. B. durch die Verwendung eines CZ-Symbols).

#### 9.1.4 Kontinuierliches, nicht geschlossenes toleriertes Geometrieelement

Wenn eine Spezifikation für einen gekennzeichneten begrenzten Teil eines Geometrieelements oder für zusammenhängende begrenzte Teile von zusammenhängenden Geometrieelementen gilt, aber nicht für die gesamte Kontur der Querschnitte (oder die gesamte durch die Kontur repräsentierte Fläche), dann muss diese Einschränkung durch

- 1) Bezeichnung des Anfangs- und Endpunkts des tolerierten Geometrieelements angegeben werden; und
- 2) entweder den (die) beteiligten Flächenteile(n) mit einer breiten Lang-Strich-Punktlinie (in Übereinstimmung mit ISO 128-24 Typ 04.2) umreißen oder das Symbol „↔“ (genannt "Zwischen") verwenden.

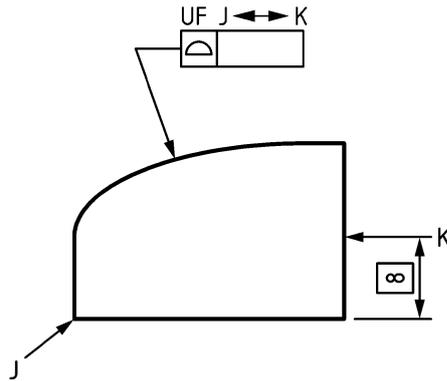
Bei Verwendung des Zwischen-Symbols müssen die Punkte oder Linien, die den Anfang und das Ende des tolerierten Geometrieelements kennzeichnen, jeweils mit einem Großbuchstaben gekennzeichnet werden und mit ihm durch eine Hinweislinie verbunden sein, die mit einem Pfeil endet. Wenn der Punkt oder die Linie nicht die Begrenzung eines integralen Geometrieelements ist, muss der Ort durch TEDs angegeben werden.

Ist das tolerierte Geometrieelement ein abgeleitetes Geometrieelement, ergibt der Schnitt mit einem Geometrieelement die Begrenzung des abgeleiteten Geometrieelements.

Das Zwischen-Symbol „↔“ muss zwischen zwei Großbuchstaben verwendet werden, die den Anfang und das Ende des tolerierten Geometrieelements kennzeichnen. Dieses Geometrieelement (toleriertes zusammengesetztes Geometrieelement) besteht aus allen Segmenten oder Bereichen zwischen dem Anfang und dem Ende der bezeichneten Geometrieelemente oder der Teilgeometrieelemente.

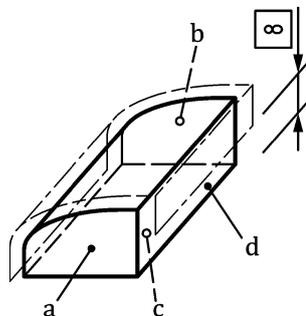
Um das tolerierte Geometrieelement eindeutig zu kennzeichnen, muss die geometrische Toleranzangabe mit dem tolerierten zusammengesetzten Geometrieelement durch eine Referenzlinie und eine Hinweislinie verbunden werden, die mit einem Pfeil auf der Kontur des tolerierten Verbundgeometrieelements endet (siehe das Beispiel im Bild 60). Die Pfeilspitze darf auch auf einer Referenzlinie angebracht werden, die mit einer Hinweislinie auf die Fläche zeigt.

Die Toleranzanforderung gilt für jedes Flächen- oder Linienelement unabhängig voneinander, solange nichts anderes spezifiziert ist, z. B. durch die Verwendung eines CZ-Symbols, um Toleranzzonen zu kombinieren oder durch Verwendung des UF-Modifikators, um anzugeben, dass das zusammengesetzte Geometrieelement als ein Geometrieelement angesehen werden muss.



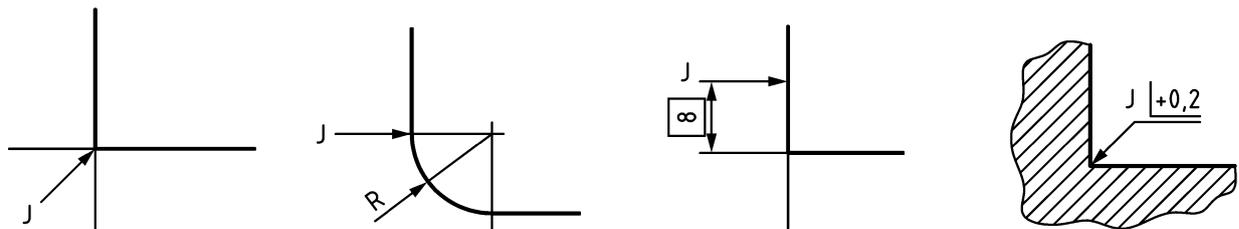
ANMERKUNG Die Zeichnung ist unvollständig. Die Nenngeometrie des Profils ist nicht festgelegt.

**Bild 60 — Beispiel für ein begrenztes Geometrieelement — Toleriertes Geometrieelement ist die obere Fläche, beginnend bei der Linie J und endend bei der Linie K**



**Bild 61 — Interpretation: die Langstrich-Strichlinie begrenzt das tolerierte Geometrieelement — die Flächen a, b, c und der untere Teil von d sind nicht von der Spezifikation eingeschlossen**

Um Interpretationsprobleme bei dem betroffenen nominalen Geometrieelement zu vermeiden (siehe Bild 61), müssen der Anfang und das Ende des Geometrieelements entsprechend Bild 62 eingetragen werden.

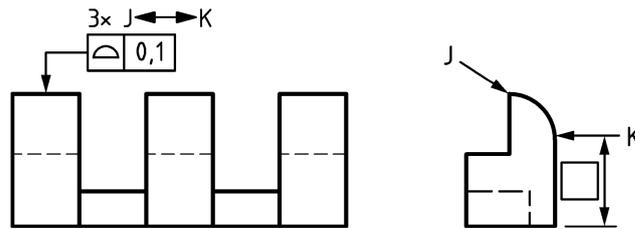


**a) Scharfe Kante oder Ecke**    **b) Gerundeter Übergang (tangente Fortsetzung)**    **c) Abstand von der Ecke oder Kante (mit TED)**    **d) Kombination mit einer Kantenangabe nach ISO 13715**

**Bild 62 — Angabe der Begrenzungen des Geometrieelements**

Falls der Toleranzwert im Verlauf des betrachteten tolerierten Geometrieelements variabel ist, muss dies wie in Bild 10 angegeben angezeigt werden.

Wenn dieselbe Spezifikation auf einen Satz von tolerierten zusammengesetzten Geometrieelementen anwendbar ist, kann dieser Satz über dem Toleranzindikator eingetragen werden (siehe Bild 63).



**Bild 63 — Angabe von mehreren tolerierten zusammengesetzten Geometrieelementen**

Wenn alle tolerierten zusammengesetzten Geometrieelemente in dem Satz gleich definiert sind, ist es möglich, die Angabe dieses Satzes durch Verwendung der „n×“-Angabe zu vereinfachen (siehe 8.4).

## 9.2 Bewegliche Baugruppen

ISO/TS 17863:2013 enthält zusätzliche Symbole für bewegliche Baugruppen.

## 10 Theoretisch exakte Maße (TED)

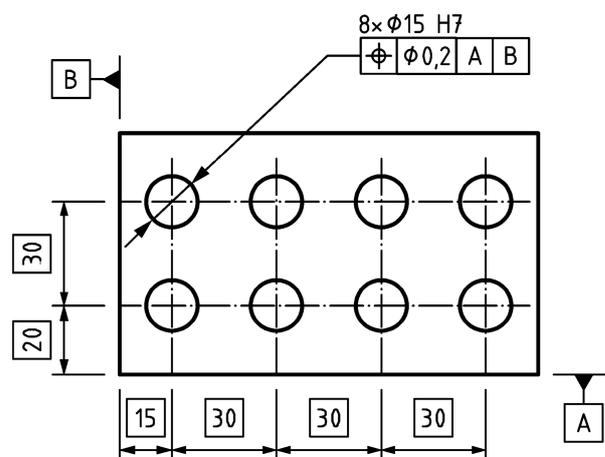
Wenn Orts-, Richtungs- oder Profilspezifikationen für ein Geometrieelement oder eine Gruppe von Geometrieelementen angegeben sind, werden die Maße, die den theoretisch exakten Ort bzw. die theoretisch exakte Richtung bzw. das theoretisch exakte Profil bestimmen, theoretisch exakte Maße (TED) genannt. TED können explizit oder implizit sein.

TED müssen auch verwendet werden, um die Winkel zwischen den Bezügen in einem Bezugssystem anzugeben.

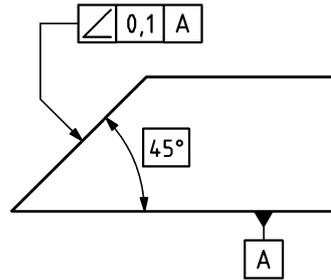
TED dürfen nicht toleriert werden. Sie sind in einen Rahmen zu setzen (siehe Beispiele in den Bildern 64 und 65).

TEDs oder CAD-Daten müssen zur Festlegung der Nenngeometrie von komplexen Flächen (d. h. nicht-ebene Flächen) verwendet werden.

TEDs sind anzuwenden, wenn die Anforderungen im Zusammenhang miteinander stehen, d. h. wenn Toleranzzonen eine theoretisch exakte Beziehung zueinander aufrechterhalten müssen und/oder als eine einzige Toleranzzone zu behandeln sind.



**Bild 64 — Angabe linearer TED**



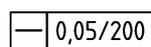
**Bild 65 — Angabe von Winkel-TED**

Aus dem Profil des Nennmodells in der CAD-Datei können TEDs extrahiert werden. Dies ist gegebenenfalls in der Nähe des Schriftfeldes anzugeben.

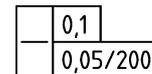
ANMERKUNG Diese Angabe kann beispielsweise wie folgt formuliert werden: „TEDs nach dem CAD-Modell 12345 rev abc“. Siehe auch ISO 16792.

## 11 Einschränkende Spezifikationen

Wird eine Spezifikation desselben Merkmals auf eine eingeschränkte Länge an jeder möglichen Stelle innerhalb der gesamten Länge des Geometrieelementes angewendet, so muss der Wert dieser eingeschränkten Länge hinter dem Toleranzwert hinzugefügt und von diesem durch einen Schrägstrich getrennt werden [siehe Beispiel in Bild 66 a)]. Wenn zwei oder mehr Spezifikationen desselben Merkmals anzugeben sind, dürfen diese wie in Bild 66 b) dargestellt kombiniert werden.



a)



b)

**Bild 66 — Angabe einschränkender Spezifikationen**

Die folgenden Formen eingeschränkter Flächen können für eine Spezifikation desselben Merkmals angegeben werden, dass auf eine eingeschränkte Fläche angewendet wird, die an jeder möglichen Stelle innerhalb der gesamten Länge des Geometrieelementes liegen kann:

- rechtwinklige eingeschränkte Fläche mit einer Länge und einer Höhe, die durch das Symbol „×“ getrennt angegeben werden. Die Fläche kann sich in beide Richtungen erstrecken. Es ist ein Orientierungsebenen-Indikator zu verwenden, mit dem die Richtung angegeben wird, für die der erste Wert gilt, wie in Bild 67 dargestellt.

BEISPIEL „75×50“

- kreisförmig eingeschränkte Fläche, die durch das Symbol für den Durchmesser gefolgt vom Wert des Durchmessers angegeben wird.

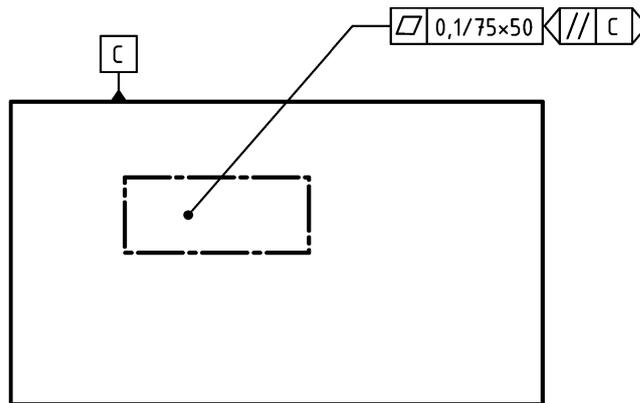
BEISPIEL „∅4“

- Bereich einer Zylinderfläche, der durch eine Länge in der Richtung der Zylinderachse gefolgt vom Symbol „×“ und einem Winkel für die Ausdehnung in Ausdehnungsrichtung definiert ist. Dieser Bereich kann entlang der Zylinderachse verschoben werden und um diese rotieren.

BEISPIEL „75×30°“

- Bereich einer Kugelfläche, der durch zwei senkrechte, durch das Symbol „×“ voneinander getrennte Winkelmaße definiert ist. Dieser Bereich kann in beiden Richtungen rotieren. Es muss ein Orientierungsebenen-Indikator verwendet werden, um die Richtung anzugeben, auf die der erste Wert zutrifft.

BEISPIEL „10°×20°“

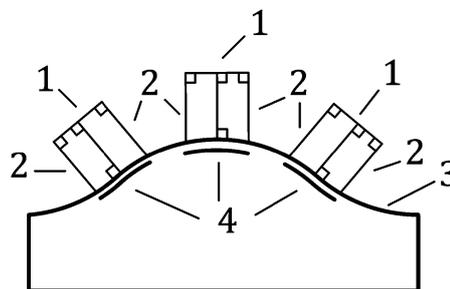


**Bild 67 — Angabe einer flächenmäßig eingeschränkten Spezifikation**

Das Seitenverhältnis der Fläche bzw. des Bereichs kann zur Verdeutlichung übertrieben dargestellt werden, wie in Bild 67 gezeigt.

Bei linear eingeschränkten Anteilen ist der eingeschränkte Teil als Linie festgelegt, die durch eine orthogonale Projektion einer Linie der angegebenen Länge auf das tolerierte Geometrieelement gekennzeichnet ist, wobei der Mittelpunkt dieser Linie rechtwinklig zur Normalen des tolerierten Geometrieelements an diesem Punkt ausgerichtet ist, siehe Bild 68.

**ANMERKUNG** Die krummlinige Länge des eingeschränkten Teils ist länger als die nach dem Schrägstrich angegebene Länge, es sei denn, das tolerierte Geometrieelement ist eine nominell gerade Linie.



### Legende

- 1 Beispiele für Linien mit der nach dem Schrägstrich angegebenen Länge, die an ihren Mittelpunkten parallel zu den Tangentiallinien des tolerierten Geometrieelements verlaufen. Für jeden Punkt entlang des tolerierten Geometrieelements gibt es eine dieser Linien
- 2 senkrechte Projektionen der Endpunkte der Linien (1) auf das tolerierte Geometrieelement
- 3 toleriertes Geometrieelement
- 4 eingeschränkten Anteile des tolerierten Geometrieelements

**Bild 68 — Linear eingeschränkter Anteil eines tolerierten Geometrieelements**

Bei räumlich eingeschränkten Anteilen ist der eingeschränkte Anteil als eine Fläche festgelegt, die durch die orthogonale Projektion der angegebenen Form auf das tolerierte Geometrieelement gekennzeichnet ist, wobei der Mittelpunkt der angegebenen Form rechtwinklig zur Normalen des tolerierten Geometrieelements an diesem Punkt ausgerichtet ist.

**ANMERKUNG** Die Fläche des eingeschränkten Anteils ist größer als die hinter dem Schrägstrich angegebene Fläche, außer, das tolerierte Geometrieelement ist nominell eben.

Aufgrund des Geometrieelement- und Unabhängigkeitsgrundsatzes, siehe ISO 8015, ist, wenn eine Formanforderung auf einen bestimmten oder beliebigen eingeschränkten Anteil des Geometrieelementes begrenzt ist, nur der eingeschränkte Anteil bei der Assoziation des Bezugselementes zu betrachten, siehe ISO 25378.

## 12 Projiziertes toleriertes Geometrieelement

Der Modifikator  $\textcircled{P}$  hinter dem Toleranzwert im zweiten Feld des Toleranzindikators ist zu verwenden, um ein projiziertes toleriertes Geometrieelement anzugeben; siehe die Bilder 69 und 70. In diesem Fall ist das tolerierte Geometrieelement entweder Teil des verlängerten Geometrieelements oder seines abgeleiteten Geometrieelements (siehe Abschnitt 6 und Tabelle 7).

Das verlängerte Geometrieelement ist ein assoziiertes Geometrieelement, das von dem integralen Geometrieelement gebildet wird. Das Default-Assoziationskriterium für das verlängerte Geometrieelement ist der kleinste maximale Abstand zwischen dem eingetragenen integralen Geometrieelement und dem assoziierten Geometrieelement mit der zusätzlichen Bedingung des externen Kontakts mit dem Material.

**Tabelle 7 — Toleriertes Geometrieelement mit dem Modifikator für die projizierte Toleranzzone**

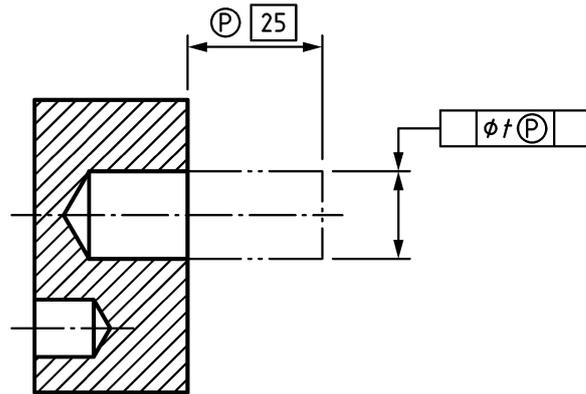
Die Hinweislinie des Toleranzindikators zeigt	Toleriertes Geometrieelement
auf einen Zylinder (aber nicht in Verlängerung der Maßlinie)	Teil des assoziierten Zylinders
auf die Verlängerung der Maßlinie eines Zylinders	Teil der Achse des assoziierten Zylinders
auf eine Ebene (aber nicht in Verlängerung der Maßlinie)	Teil der assoziierten Ebene
auf die Verlängerung der Maßlinie zwischen zwei entgegengesetzt gerichteten parallelen Ebenen	Teil der Mittelebene von zwei assoziierten parallelen Ebenen

Bei assoziierten Ebenen entsprechen die Weite und Lage der verlängerten Ebene in senkrechter Richtung zur Projektion der Weite und Lage der Ebene, die das projizierte tolerierte Geometrieelement definiert.

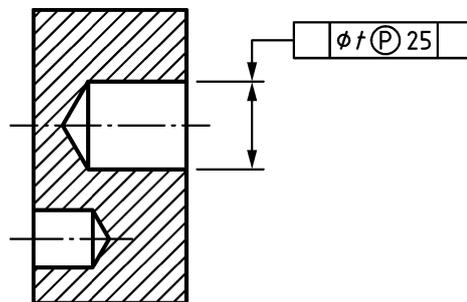
Die Grenzen des maßgebenden Teils dieses verlängerten Geometrieelements müssen eindeutig und entweder direkt oder indirekt wie folgt festgelegt werden:

Wenn die Länge des projizierten tolerierten Geometrieelements direkt in der Zeichnung durch ein „virtuelles“ integrales Geometrieelement eingetragen ist, das den betrachteten Teil des verlängerten Geometrieelements repräsentiert, dann muss dieses virtuelle Geometrieelement mit einer schmalen Langstrich-Zweipunktlinie gekennzeichnet werden (Linienart 05.1 nach ISO 128-24), und die Länge dieser Verlängerung muss mit dem Modifikator  $\textcircled{P}$  vor dem Wert des theoretisch exakten Maßes (TED) eingetragen werden. Siehe Bild 69).

Wenn die Länge des projizierten tolerierten Geometrieelements indirekt im Toleranzindikator angegeben ist, dann muss der Wert nach dem Modifikator  $\textcircled{P}$  eingetragen werden. Siehe Bild 70). In diesem Fall muss die Darstellung des verlängerten Geometrieelements mit der schmalen Langstrich-Zweipunktlinie entfallen. Diese indirekte Angabe darf nur bei Sacklöchern verwendet werden.

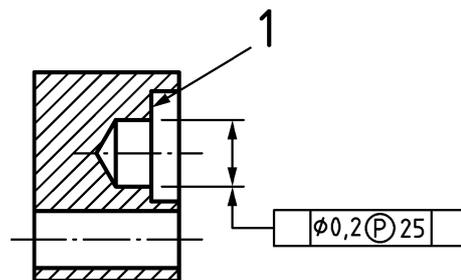


**Bild 69 — Angabe einer geometrischen Spezifikation mit projiziertem Toleranz-Modifikator unter Verwendung der direkten Längenangabe der Verlängerung durch ein TED**



**Bild 70 — Angabe einer geometrischen Spezifikation mit projiziertem Toleranz-Modifikator unter Verwendung der indirekten Längenangabe des projizierten tolerierten Geometrieelements im Toleranzindikator**

Der Anfang des projizierten Geometrieelements muss von der Referenzebene gebildet werden. Die Referenzebene ist die erste Ebene, die das betrachtete Geometrieelement schneidet. Siehe Bild 71. Dieses reale Geometrieelement muss zur Definition der Referenzebene herangezogen werden. Die Referenzebene ist eine assoziierte Ebene zu diesem realen Geometrieelement. Siehe Bild 74.



**Legende**

- 1 Referenzebene zur Festlegung des Anfangs des tolerierten Geometrieelements

**Bild 71 — Referenzebene des projizierten Geometrieelements**

Defaultmäßig muss der Anfang des projizierten Geometrieelements dem Ort der Referenzebene, und das Ende dem Versatz der Länge des projizierten Geometrieelements von seinem Anfang in Richtung der materialfreien Seite entsprechen.

Wenn der Anfang des projizierten Geometrieelements gegenüber der Referenzfläche versetzt ist, muss das wie folgt eingetragen werden:

- bei der direkten Angabe muss der Versatz mit einem theoretisch exakten Maß (TED) spezifiziert werden; siehe Bild 72.
- Bei der indirekten Angabe gibt der erste Wert nach dem Modifikator den Abstand der am weitesten entfernten Grenze des verlängerten Geometrieelements an, und der zweite Wert (Versatzwert), dem ein Minuszeichen vorangestellt wird, gibt den Abstand zu der nächsten Grenze des verlängerten Geometrieelements an (die Länge des verlängerten Geometrieelements ist die Differenz zwischen diesen beiden Werten), z. B.  $\phi t \textcircled{P} 32-7$ ; siehe Bild 73. Ein Versatz von Null darf nicht eingetragen werden, und das Minuszeichen entfällt in diesem Fall; siehe Bild 70.

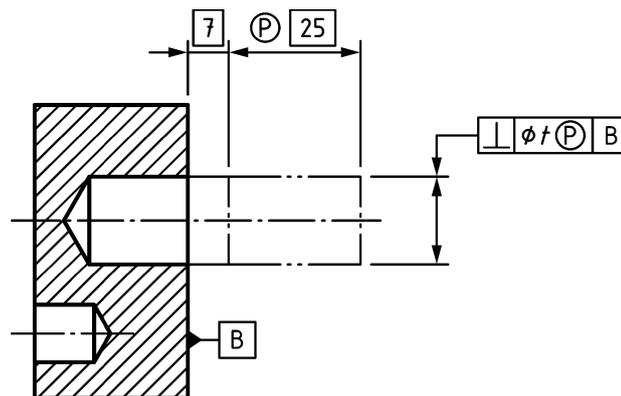
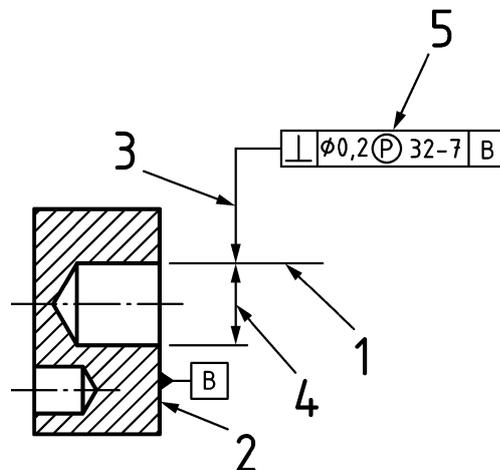


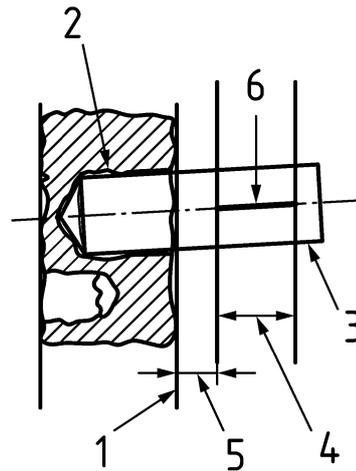
Bild 72 — Beispiel für die direkte Angabe einer projizierten Toleranz mit Versatz



#### Legende

- 1 Verlängerungslinie
- 2 Bezugsfläche
- 3 mit dem Toleranzindikator verbundene Hinweislinie
- 4 Angabe zur Festlegung des tolerierten Geometrieelements als mittleres Geometrieelement (gleichwertig mit dem Modifikator  $\textcircled{A}$ )
- 5 Modifikator zur Festlegung der Gültigkeit der Spezifikation für einen Teil des verlängerten Geometrieelements mit der Begrenzung durch die folgenden Werte

Bild 73 — Indirekte Angabe einer projizierten Toleranz mit Versatz

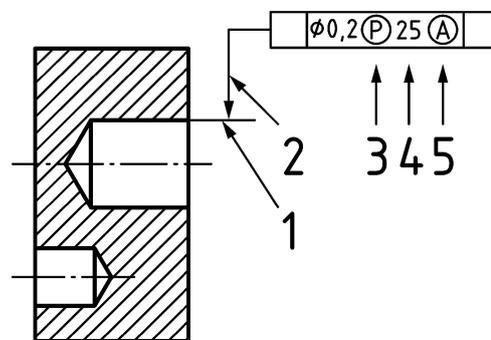


### Legende

- 1 assoziierte Referenzebene
- 2 integrale Fläche
- 3 assoziiertes Geometrieelement
- 4 Länge des projizierten tolerierten Geometrieelements, in diesem Fall 25 mm (= 32 – 7)
- 5 Versatz des projizierten tolerierten Geometrieelements von der Referenzebene, in diesem Fall 7 mm
- 6 projiziertes toleriertes Geometrieelement

**Bild 74 — Auswertung der indirekten Angabe einer projizierten Toleranz mit Versatz**

Wenn zutreffend, darf der Modifikator  $\textcircled{P}$  zusammen mit anderen Arten von Modifikatoren verwendet werden; siehe Bild 75.



### Legende

- 1 Verlängerungslinie
- 2 mit dem Toleranzindikator verbundene Hinweislinie
- 3 Modifikator zur Festlegung der Gültigkeit der Spezifikation für einen Teil des verlängerten Geometrieelements mit der nachfolgend angegebenen Grenze (4)
- 4 Länge des projizierten tolerierten Geometrieelements, in diesem Fall 25 mm
- 5 Modifikator zur Festlegung der Art des tolerierten Geometrieelements als mittleres Geometrieelement

**Bild 75 — Beispiel für die Anwendung einer projizierten Toleranzzone zusammen mit einem Modifikator für das mittlere Geometrieelement**

## 13 Schnittebenen

### 13.1 Die Rolle von Schnittebenen

Schnittebenen sind zu verwenden, um die Richtung von Linienanforderungen zu bezeichnen, z. B. die Geradheit einer Linie in einer Ebene, das Linienprofil, die Richtung eines Linienelements eines Geometrieelements, siehe Bild 90, und bei „Rundum“-Spezifikationen für Linien auf Flächen.

### 13.2 Zum Aufbau einer Familie von Schnittebenen verwendete Geometrieelemente

Zum Aufbau einer Familie von Schnittebenen dürfen nur Flächen benutzt werden, die zu einer der folgenden Invarianzklassen gehören (siehe ISO 17450-1):

- Rotationsflächen (z. B. ein Kegel oder ein Torus);
- zylindrische Flächen (d. h. ein Zylinder);
- ebene Flächen (d. h. eine Ebene).

### 13.3 Graphische Symbole

Die Schnittebene muss durch einen Schnittebenen-Indikator spezifiziert werden, der als Erweiterung rechts vom Toleranzindikator angebracht ist (siehe Bild 76):



**Bild 76 — Schnittebenen-Indikator**

Falls notwendig, kann die Referenzlinie statt am Toleranzindikator am Schnittebenen-Indikator angebracht werden, siehe Bild 46. Das Symbol zur Festlegung, wie die Schnittebene aus dem Bezug erstellt wird, steht im ersten Feld des Schnittebenen-Indikators. Die Symbole stehen für:

- // parallel;
- ⊥ rechtwinklig;
- ∠ in einem bestimmten Winkel geneigt;
- ≡ symmetrisch zu (einschließlich).

**ANMERKUNG** Das Symmetriesymbol dient der Angabe, dass die Schnittebene den Bezug beinhaltet (und symmetrisch dazu ist).

Der Buchstabe zur Identifizierung des Bezuges, der zum Aufbau der Schnittebene verwendet wird, steht im zweiten Feld des Schnittebenen-Indikators.

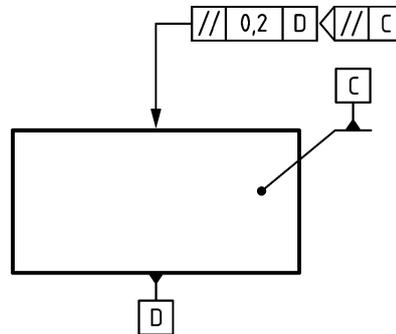
### 13.4 Regeln

Für geometrische Spezifikationen mit Schnittebenen-Indikatoren gelten folgende Regeln.

Wenn das tolerierte Geometrieelement eine Linie auf einem integralen Geometrieelement ist, muss eine Schnittebene eingetragen werden, um Fehlinterpretationen des tolerierten Geometrieelements zu vermeiden, wobei der Fall der Geradheit von Mantellinien oder der Rundheit eines Zylinders, Kegels oder einer Kugel davon ausgenommen ist.

Frühere Praxis, siehe A.2.1 und A.2.2.

Wenn das tolerierte Geometrieelement alle Linien in einem Geometrieelement in einer angegebenen Richtung umfasst und die Spezifikation nicht ausdrücklich angibt, ob das tolerierte Geometrieelement das Flächenelement oder die Linien im Geometrieelement darstellt, ist ein Schnittebenen-Indikator anzuwenden, der angibt, dass das tolerierte Geometrieelement die Linien im Geometrieelement und die Richtung der Linien umfasst, siehe Bild 77, in dem das tolerierte Geometrieelement alle Linien der Fläche parallel zum Bezug C darstellt.



**Bild 77 — Spezifikation unter Verwendung eines Schnittebenen-Indikators**

Die Schnittebene muss parallel, senkrecht, geneigt oder symmetrisch zum Bezug (den Bezug beinhaltend) erstellt werden. Dieser ist im zweiten Feld des Schnittebenen-Indikators anzugeben, jedoch ohne zusätzliche Nebenbedingungen für die Richtung.

In einigen Fällen hat eine Schnittebene einen freien Freiheitsgrad. In diesem Fall liegt die Schnittebene defaultmäßig rechtwinklig zum tolerierten Geometrieelement. Wenn ein Richtungselement hinzugefügt wird, wirkt sich das in Form einer Neuausrichtung der Schnittebene aus.

**ANMERKUNG** Die genauen Nebenbedingungen, wie das Richtungselement die Schnittebene neu ausrichtet, werden in diesem Dokument nicht umfassend erläutert.

Die möglichen Schnittebenen sind in Tabelle 8 angegeben. Sie hängen von dem Bezug ab, der zur Bildung der Schnittebene verwendet wird und davon, wie die Ebene von diesem Bezug abgeleitet wird (wie von dem eingetragenen Symbol festgelegt).

**Tabelle 8 — Anwendungsfälle der Schnittebene**

Eingetragener Bezug	Schnittebene			
	Parallel zu	Rechtwinklig zu	Geneigt zu	symmetrisch zu (einschließlich)
Achse einer Rotationsfläche (Zylinder oder Kegel)	nicht anwendbar	OK <sup>b</sup>	OK	OK <sup>d</sup>
Ebene (integrale oder Mittelfläche)	OK <sup>a</sup>	OK <sup>c</sup>	OK	nicht anwendbar

<sup>a</sup> Siehe Bild 78.  
<sup>b</sup> Siehe Bild 79.  
<sup>c</sup> Siehe Bild 80.  
<sup>d</sup> Siehe Bild 81.

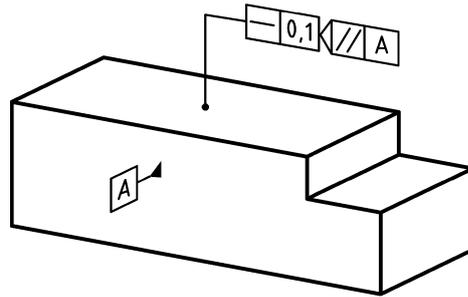


Bild 78 — Spezifikation unter Verwendung einer Schnittebene parallel zum Bezug

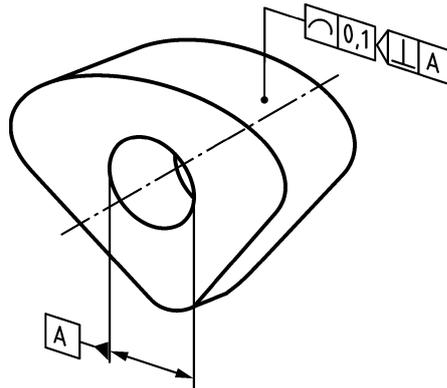


Bild 79 — Spezifikation unter Verwendung einer Schnittebene senkrecht zum Bezug

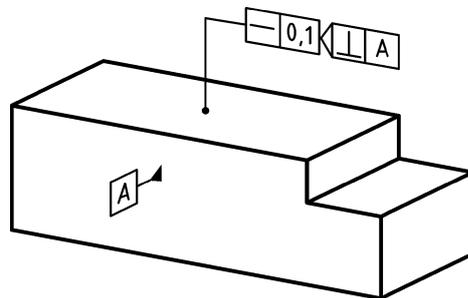


Bild 80 — Spezifikation unter Verwendung einer Schnittebene senkrecht zum Bezug

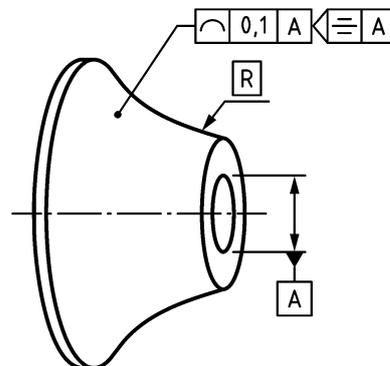


Bild 81 — Spezifikation unter Verwendung einer Schnittebene symmetrisch (einschließlich) zum Bezug

## 14 Orientierungsebenen

### 14.1 Rolle von Orientierungsebenen

Orientierungsebenen sind anzugeben, wenn

- das tolerierte Geometrieelement eine Mittellinie oder ein Mittelpunkt ist und die Weite der Toleranzzone durch zwei parallele Ebenen beschränkt ist, oder
- das tolerierte Geometrieelement ein Mittelpunkt ist und die Toleranzzone durch einen Zylinder beschränkt ist, und
- die Toleranzzone von einem anderen Geometrieelement orientiert wird, das von einem extrahierten Geometrieelement des Werkstücks gebildet wird und damit die Orientierung der Toleranzzone angibt.

Siehe Bilder 83, 84, 112, 114 und 116.

Der Orientierungsebenen-Indikator bestimmt sowohl die Orientierung der Ebenen, welche die Toleranzzone begrenzen (direkt durch den Bezug und das Symbol im Indikator), als auch die Orientierung der Weite der Toleranzzone (indirekt, senkrecht zu den Ebenen) oder die Orientierung der Achse für eine zylindrische Toleranzzone. Siehe Bilder 112, 114, 116, 130 und 132.

Orientierungsebenen müssen auch eingetragen werden, wenn es erforderlich ist, die Orientierung eines rechtwinklig eingeschränkten Bereiches festzulegen, siehe Bild 67.

### 14.2 Zum Aufbau von Orientierungsebenen verwendete Geometrielemente

Zum Aufbau von Orientierungsebenen dürfen nur Flächen benutzt werden, die zu einer der folgenden Invarianzklassen gehören (siehe ISO 17450-1):

- Rotationsflächen (z. B. ein Kegel oder ein Torus);
- zylindrische Flächen (d. h. ein Zylinder);
- ebene Flächen (d. h. eine Ebene).

### 14.3 Graphische Symbole

Die Orientierungsebene muss durch einen Orientierungsebenen-Indikator spezifiziert werden, der rechts vom Toleranzindikator angebracht ist (siehe Bild 82):



**Bild 82 — Orientierungsebenen-Indikator**

Falls notwendig, kann die Referenzlinie statt am Toleranzindikator am Orientierungsebenen-Indikator angebracht werden, siehe Bild 46. Das Orientierungssymbol für Parallelität, Rechtwinkligkeit oder Winkligkeit steht im ersten Feld des Orientierungsebenen-Indikators.

Der Buchstabe zur Identifizierung des Bezuges, der zum Aufbau der Orientierungsebene verwendet wird, wird in das zweite Feld des Orientierungsebenen-Indikators gesetzt.

## 14.4 Regeln

Für geometrische Spezifikationen mit Orientierungsebenen-Indikatoren gilt Folgendes.

Die Orientierungsebene muss parallel, rechtwinklig oder geneigt zu dem Bezug aufgebaut werden, der im zweiten Feld des Orientierungsebenen-Indikators wie folgt eingetragen ist:

- wenn die Orientierungsebene mit einem Winkel abweichend von  $0^\circ$  oder  $90^\circ$  definiert ist, muss das Neigungssymbol verwendet werden und ein explizit theoretischer Winkel muss zwischen der Orientierungsebene und dem Bezug im Orientierungsebenen-Indikator angegeben werden;
- wenn die Orientierungsebene mit einem Winkel von  $0^\circ$  oder  $90^\circ$  festgelegt ist, muss das Parallelitätssymbol beziehungsweise das Rechtwinkligkeitssymbol verwendet werden.

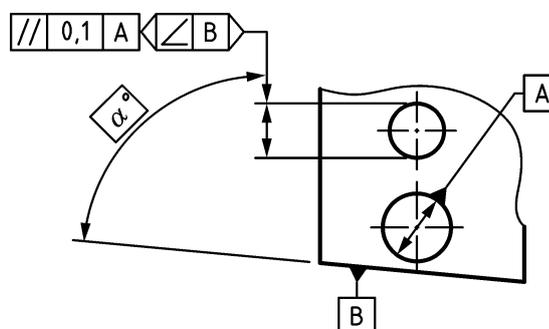
Wenn der Toleranzindikator einen oder mehrere Bezüge angibt, wird die Orientierungsebene parallel zu, rechtwinklig zu oder in einem bestimmten Winkel von einer Ebene gebildet, die durch den Orientierungsebenen-Indikator mit Nebenbedingungen (einem implizierten Winkel von  $0^\circ$  oder  $90^\circ$  oder einem durch ein TED definierten explizit angegebenen Winkel) von dem Bezug/den Bezügen des Toleranzindikators definiert ist. Die Bezüge im Toleranzindikator werden in der angegebenen Reihenfolge angewendet bevor die im Orientierungsebenen-Indikator angegebene Ebene gebildet wird. Ist der im Orientierungsebenen-Indikator angegebene Bezug auch im Toleranzindikator angegeben, so ist er nur durch die Bezüge eingeschränkt, die ihm im Toleranzindikator vorangehen.

Die möglichen Orientierungsebenen sind in Tabelle 9 angegeben. Sie hängen von dem Bezug ab, der zur Bildung der Orientierungsebene verwendet wird und davon, wie die Ebene von diesem Bezug abgeleitet wird (wie von dem eingetragenen Symbol festgelegt).

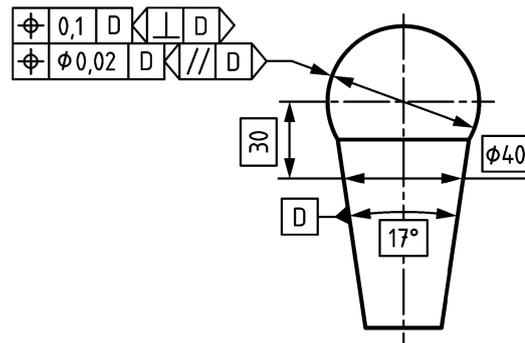
**Tabelle 9 — Anwendungsfälle der Orientierungsebene**

Eingetragener Bezug	Toleranzzone	Orientierungsebene		
		Parallel zu	Rechtwinklig zu	Geneigt zu
Achse einer Rotationsfläche (Zylinder oder Kegel)	zwei parallele Ebenen	nicht anwendbar	OK	OK
	zylindrisch	OK	OK	OK
Ebene (integrale oder Mittelfläche)	zwei parallele Ebenen	OK	OK	OK
	zylindrisch	nicht anwendbar	OK	OK

Beispiele sind in den Bildern 83 und 84 angegeben.



**Bild 83 — Spezifikation unter Verwendung einer Orientierungsebene geneigt in einem bestimmten Winkel zum Bezug**



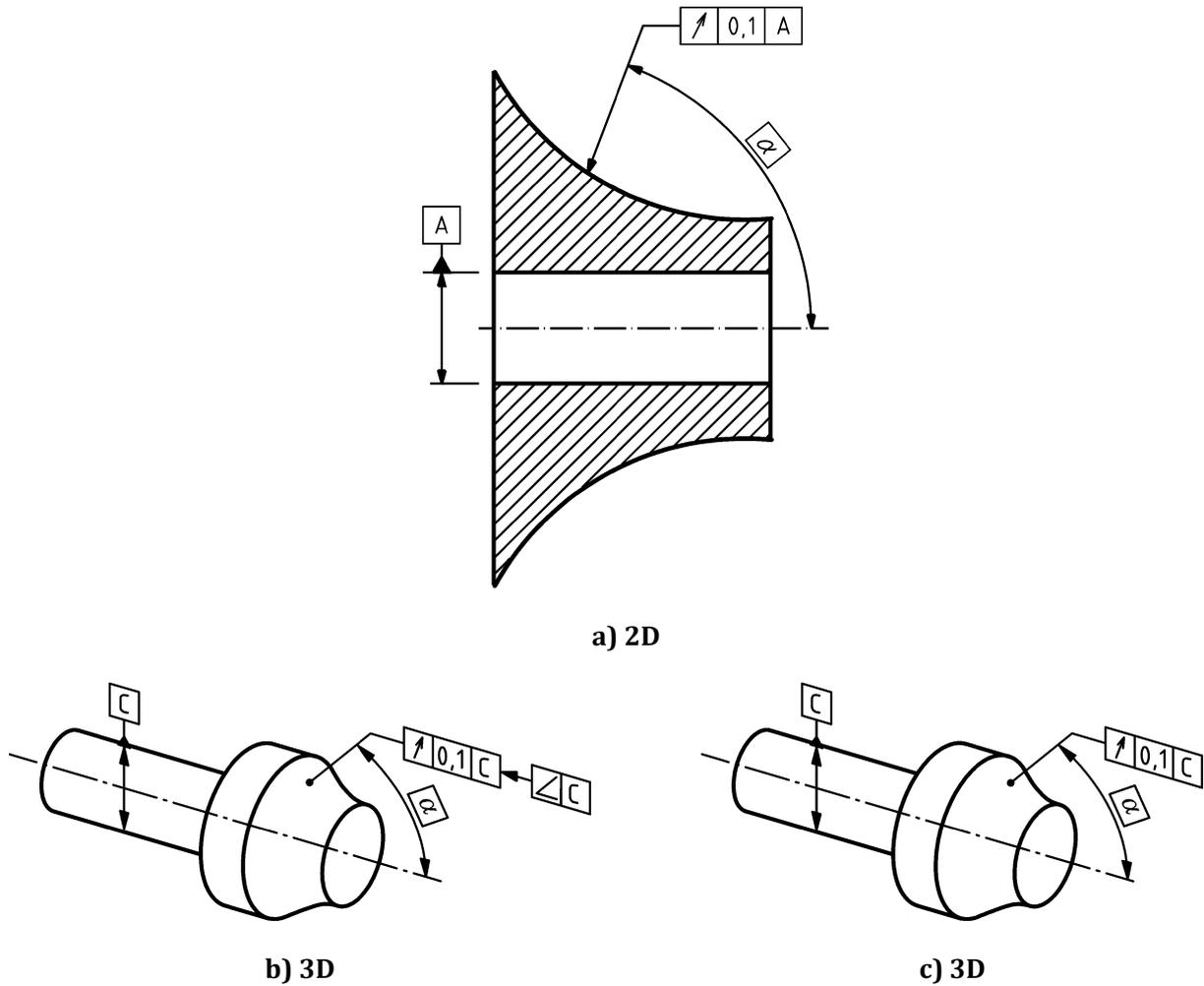
**Bild 84 — Spezifikation unter Verwendung von Orientierungsebenen zur Orientierung von sowohl einer zylindrischen Toleranzzone also auch einer Toleranzzone, die durch zwei parallele Ebenen begrenzt wird**

## 15 Richtungselement

### 15.1 Rolle von Richtungselementen

Richtungselemente sind zur Orientierung der Richtung der Weite der Toleranzzone anzuwenden, wenn das tolerierte Geometrieelement ein integrales Geometrieelement ist und die örtliche Weite der Toleranzzone nicht rechtwinklig zur Fläche ist. Zusätzlich muss bezüglich der Rundheit von Rotationsflächen, die weder zylindrisch noch kugelförmig sind, stets ein Richtungselement angewendet werden, um die Richtung der Weite der Toleranzzone anzugeben.

In 2D definiert die Orientierung der Hinweislinie die Richtung der Weite der Toleranzzone nur, wenn die Richtung der Hinweislinie und somit die Richtung der Weite der Toleranzzone durch ein TED angegeben ist, siehe Bild 85 a).

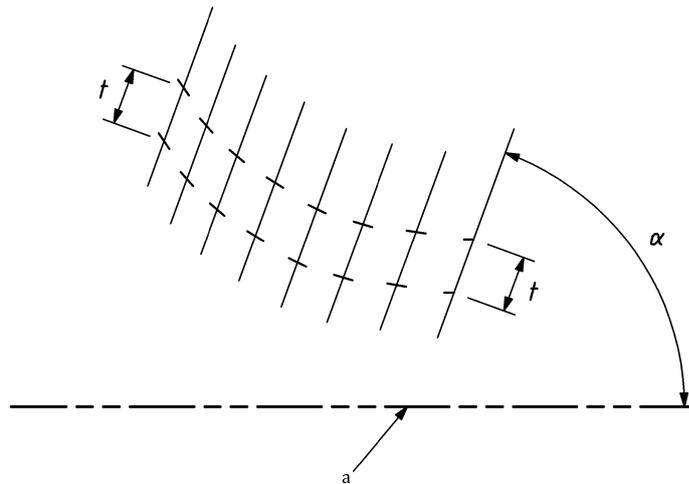


**Bild 85 — Zeichnungseintragung**

ANMERKUNG 1 Wenn das durch den Toleranzindikator angegebene Bezugsэлеment dasselbe ist wie das Geometrieэлеment, das das Richtungsgeometrieэлеment bildet, dann kann das Richtungsэлеment weggelassen werden, d. h. b) und c) haben dieselbe Bedeutung.

ANMERKUNG 2 Im Bild 85 ist die theoretische Form eines jeden tolerierten Geometrieэлеmentes ein Kreis. Die geraden Segmente sind um den Winkel  $\alpha$  geneigt. Damit wird ein Satz von Toleranzзonen erzeugt, die kegelförmige Abschnitte mit einem festen Winkel entlang der Fläche sind.

Wenn ein Richtungsgeometrieэлеment wie im Bild 85 b) angegeben oder wie in Bild 85 c) impliziert ist, wird die Weite der Toleranzзonen durch einen unendlichen Satz von geraden Abschnitten definiert, die in der durch den Richtungsэлеment-Indikator angegebenen Richtung geneigt sind (siehe Bild 86). Jeder dieser Abschnitte hat die gleiche Länge wie der Toleranzwert, und sein Mittelpunkt liegt defaultmäßig auf der theoretischen Gestalt der Toleranzzone.



a Bezug A

**Bild 86 — Auswertung**

Der in Bild 85 gezeigte Winkel  $\alpha$  ist anzugeben, auch wenn er  $90^\circ$  beträgt.

## 15.2 Zum Aufbau von Richtungselementen verwendete Geometrielemente

Zum Aufbau von Richtungselementen dürfen nur Flächen benutzt werden, die zu einer der folgenden Invarianzklassen gehören (siehe ISO 17450-1):

- Rotationsflächen (z. B. ein Kegel oder ein Torus);
- zylindrische Flächen (d. h. ein Zylinder);
- ebene Flächen (d. h. eine Ebene).

## 15.3 Graphische Symbole

Falls angewendet muss der Richtungselementindikator als Erweiterung rechts vom Toleranzindikator angebracht werden, siehe Bild 87:



**Bild 87 — Richtungselementindikator**

Falls notwendig, kann die Referenzlinie statt am Toleranzindikator am Richtungselementindikator angebracht werden, siehe Bild 46. Das Richtungssymbol für Parallelität, Rechtwinkligkeit, Neigung oder Lauf muss im ersten Feld des Richtungselementindikators stehen.

**ANMERKUNG** Das Lauf-Symbol wird verwendet, um zu implizieren, dass die Richtung der Weite der Toleranzzone gleich dem Lauf ist, d. h. rechtwinklig zur Fläche des tolerierten Geometrieelements, siehe z. B. Bild 182.

Der Buchstabe zur Identifizierung des Bezuges, der zum Aufbau des Richtungselements verwendet wird, muss in das zweite Feld des Richtungselementindikators gesetzt werden (siehe Bild 87).

## 15.4 Regeln

Ein Richtungselement muss eingetragen werden, wenn

- das tolerierte Geometrieelement ein integrales Geometrieelement ist; und

- die Weite der Toleranzzone nicht rechtwinklig zur spezifizierten Geometrie ist; oder
- eine Rundheitsspezifikation auf eine Rotationsfläche angewendet wird, die weder zylindrisch noch kugelförmig ist, siehe Bild 88.

Für geometrische Spezifikationen mit Richtungselementindikatoren gilt Folgendes.

Die Richtung der Weite der Toleranzzone wird aus dem Bezug abgeleitet, der im Richtungselement-Indikator wie folgt angegeben ist:

- wenn die Richtung als senkrecht zur Fläche des tolerierten Geometrieelementes festgelegt ist, muss das Symbol für Lauf verwendet werden und das tolerierte Geometrieelement (oder das davon abgeleitete Geometrieelement) ist als Bezug im Richtungsebenen-Indikator einzutragen,
- wenn die Richtung mit einem Winkel von  $0^\circ$  oder  $90^\circ$  festgelegt ist, muss das Parallelitätssymbol beziehungsweise das Rechtwinkligkeits Symbol verwendet werden,
- wenn die Richtung mit einem Winkel abweichend von  $0^\circ$  oder  $90^\circ$  definiert ist, muss das Neigungssymbol verwendet werden und es muss explizit ein theoretischer Winkel (TED) zwischen dem Richtungselement und der Hinweislinie des Richtungselement-Indikators angegeben werden.

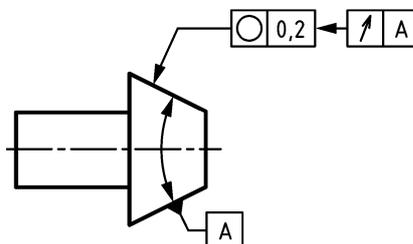
Die möglichen Richtungselemente sind in Tabelle 10 angegeben. Sie hängen von dem Bezug ab, der zur Bildung des Richtungselements verwendet wird und davon, wie die Richtung von diesem Bezug abgeleitet wird (wie von dem eingetragenen Symbol festgelegt).

**Tabelle 10 — Anwendungsfälle für Richtungselemente**

Eingetragener Bezug	Richtungselement			
	Parallel zu	Rechtwinklig zu	Geneigt zu	Lauf
Achse einer Rotationsfläche (z. B. Zylinder oder Kegel)	OK	OK	OK	OK <sup>a</sup>
Ebene (integrale oder Mittelfläche)	OK	OK	OK	nicht anwendbar

<sup>a</sup> Lauf kann nur dann angewendet werden, wenn das tolerierte Geometrieelement selbst als Bezug eingetragen ist, und in diesem Fall ist die Richtung durch die Fläche des tolerierten Geometrieelementes selbst vorgegeben, nicht aber von dem davon abgeleiteten Geometrieelement.

Ein Beispiel ist in Bild 85 angegeben.



**Bild 88 — Angabe einer Rundheitsspezifikation rechtwinklig zur Fläche des tolerierten Geometrieelementes**

Frühere Praxis, siehe A.3.3.

## 16 Kollektionsebene

### 16.1 Rolle von Kollektionsebenen

Kollektionsebenen müssen verwendet werden, wenn das „Rundum“-Symbol angewendet wird. Die Kollektionsebene kennzeichnet eine Familie paralleler Ebenen, welche die Geometrieelemente identifiziert, die durch die Angabe „rundum“ abgedeckt sind.

### 16.2 Zum Aufbau von Kollektionsebenen verwendete Geometrieelemente

Dieselben Arten von Geometrieelementen, die für Schnittebenen verwendet werden, können auch zur Erstellung von Kollektionsebenen verwendet werden.

### 16.3 Graphische Symbole

Falls angewendet muss der Kollektionsebenen-Indikator als Erweiterung rechts vom Toleranzindikator angebracht werden, siehe Bild 89:



ANMERKUNG Dieselben Symbole, die im ersten Feld des Schnittebenen-Indikators verwendet werden, können auch im ersten Feld des Kollektionsebenen-Indikator mit identischer Bedeutung verwendet werden.

**Bild 89 — Kollektionsebenen-Indikator**

### 16.4 Regeln

Eine Kollektionsebene muss angegeben werden, wenn das "Rundum"-Symbol verwendet wird, um zu kennzeichnen, dass eine Spezifikation zu einer Kollektion von Geometrieelementen gehört. Eine Kollektionsebene bezeichnet einen Satz von einzelnen Geometrieelementen, deren Schnitt mit jeder Ebene parallel zur Kollektionsebene eine Linie oder einen Punkt ergibt.

Für Beispiele siehe Bild 51 und Bild 53.

## 17 Definitionen geometrischer Spezifikationen

### 17.1 Allgemeines

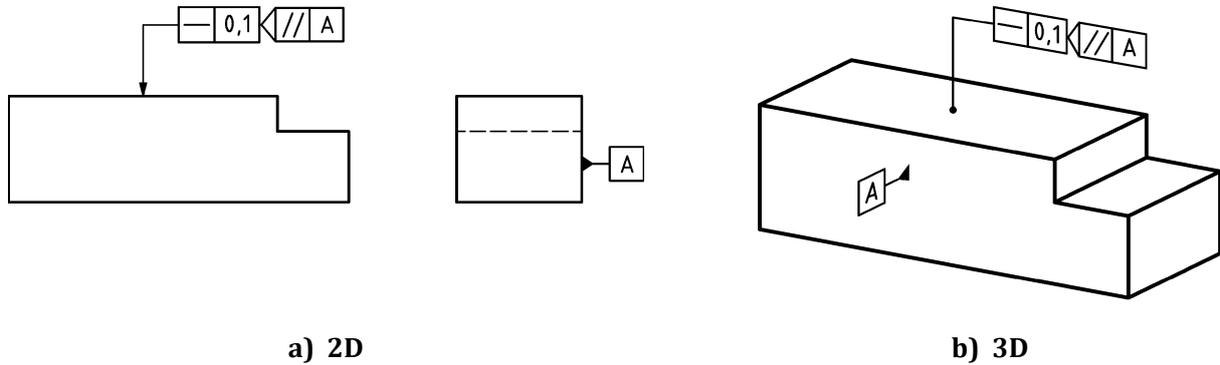
In diesem Abschnitt wird anhand von Beispielen eine Erklärung für die verschiedenen geometrischen Spezifikationen und ihre Toleranzzonen gegeben. Die visuellen Darstellungen, welche die Definitionen begleiten, stellen nur die Abweichungen dar, die mit der spezifischen Definition zusammenhängen. Die zugrundeliegenden Regeln sind in Anhang B zusammengefasst.

ANMERKUNG Die visuellen Darstellungen in 3D in ISO 1101 sollen veranschaulichen, wie eine Spezifikation vollständig mit sichtbaren Anmerkungen angezeigt werden kann. Alternativ kann die gleiche Spezifikation angegeben werden, wenn Übereinstimmung mit ISO 16792 besteht. In diesem Fall ist es möglich, dass einige Geometrieelemente der Spezifikation durch eine Abfragefunktion oder sonstige Abfrage von Informationen über das Modell verfügbar sein können, anstatt sie unter Verwendung von sichtbaren Anmerkungen zu versehen.

### 17.2 Geradheitspezifikation

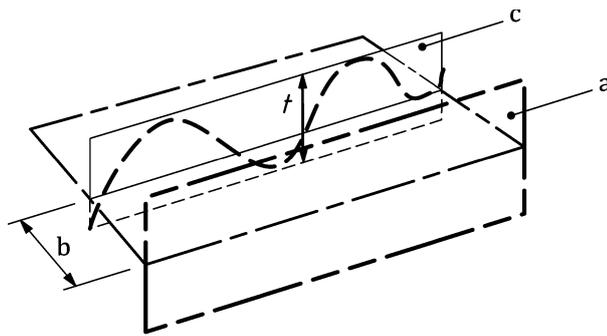
Das tolerierte Geometrieelement kann ein integrales oder ein abgeleitetes Geometrieelement sein. Die Beschaffenheit und Form des tolerierten nominalen Geometrieelements ist explizit als gerade Linien oder als eine Gruppe von geraden Linien angegeben, bei denen es sich um lineare Geometrieelemente handelt.

In Bild 90 muss jede extrahierte Linie auf der oberen Fläche, wie durch den Schnittebenen-Indikator festgelegt, zwischen zwei parallelen geraden Linien im Abstand von 0,1 enthalten sein. Frühere 2D-Praxis, siehe A.2.1.



**Bild 90 — Geradheitsangabe**

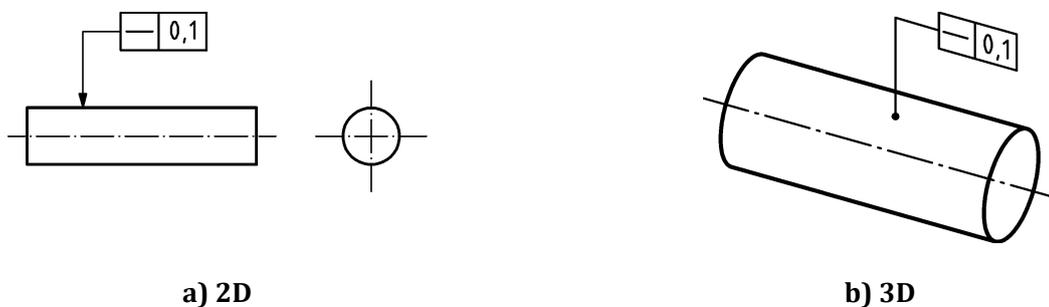
Die durch die Spezifikation in Bild 90 festgelegte Toleranzzone in der betrachteten Ebene parallel zum Bezug A ist durch zwei parallele Geraden vom Abstand  $t$  in der spezifizierten Richtung begrenzt. Siehe Bild 91.



- a Bezug A
- b jeder Abstand
- c Schnittebene parallel zu Bezug A

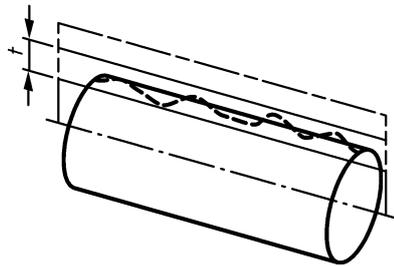
**Bild 91 — Definition der Geradheitstoleranzzone**

In Bild 92 muss jede extrahierte Längsschnittlinie auf der zylindrischen Fläche zwischen zwei parallelen Linien mit dem Abstand von 0,1 liegen.



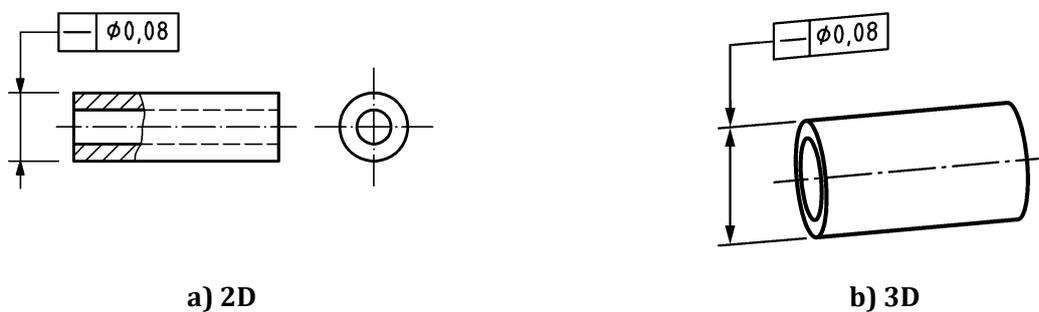
**Bild 92 — Geradheitsangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 92 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei parallele Linien vom Abstand  $t$  in einer Ebene, welche die Achse des Zylinders einschließt, begrenzt, siehe Bild 93.



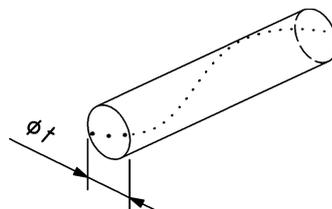
**Bild 93 — Definition der Geradheitstoleranzzone**

Die extrahierte Mittellinie des Zylinders in Bild 94, für welche die Spezifikation gilt, muss innerhalb einer zylindrischen Zone vom Durchmesser 0,08 liegen.



**Bild 94 — Geradheitsangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 94 festgelegte Toleranzzone wird durch einen Zylinder vom Durchmesser  $t$  begrenzt, wenn vor dem Toleranzwert das Symbol  $\varnothing$  steht, siehe Bild 95.

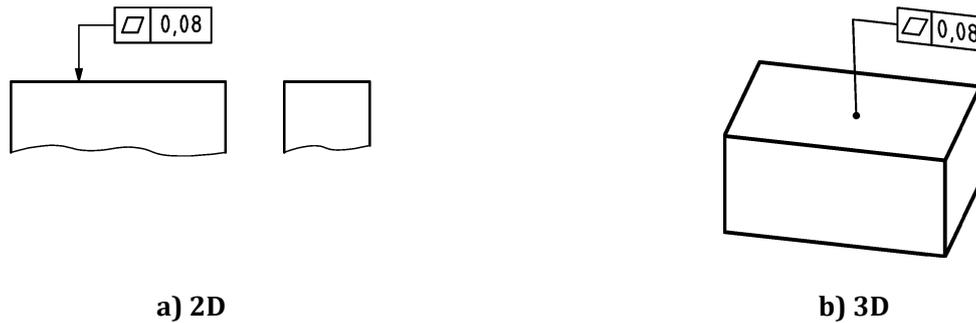


**Bild 95 — Definition der Geradheitstoleranzzone**

### 17.3 Ebenheitspezifikation

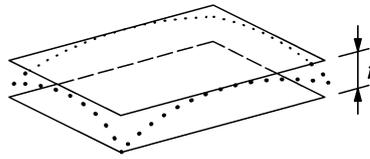
Das tolerierte Geometrieelement kann ein integrales oder ein abgeleitetes Geometrieelement sein. Die Beschaffenheit und Form des tolerierten nominalen Geometrieelements ist explizit als eine ebene Fläche angegeben, bei der es sich um ein Flächengeometrieelement handelt.

Die extrahierte Fläche in Bild 96 muss zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand 0,08 liegen.



**Bild 96 — Ebenheitsangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 96 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei parallele Ebenen vom Abstand  $t$  begrenzt, siehe Bild 97.



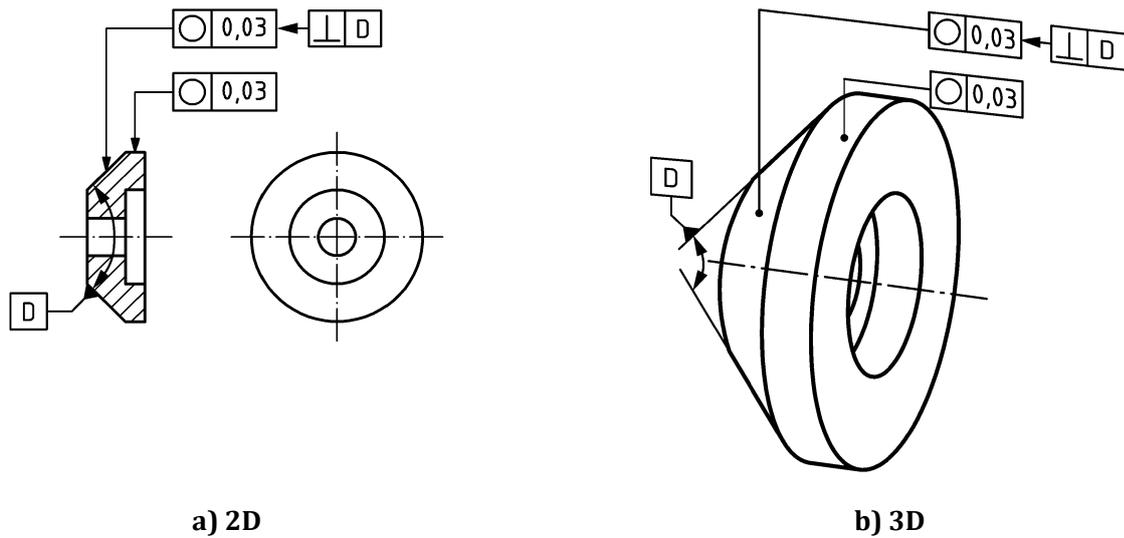
**Bild 97 — Definition der Ebenheitstoleranzzone**

## 17.4 Rundheitsspezifikation

Das tolerierte Geometrieelement ist ein integrales Geometrieelement. Die Beschaffenheit und Form des tolerierten nominalen Geometrieelements sind explizit als kreisförmige Linie oder als eine Gruppe von kreisförmigen Linien angegeben, bei denen es sich um lineare Geometrieelemente handelt.

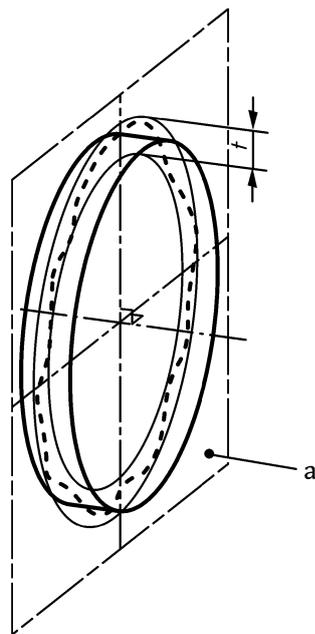
Bei zylindrischen Geometrieelementen gilt die Rundheit in Querschnitten rechtwinklig zur Achse des tolerierten Geometrieelements. Bei kugelförmigen Geometrieelementen gilt die Rundheit in Querschnitten, die den Mittelpunkt der Kugel einschließen. Bei Rotationsflächen, die weder zylindrisch noch kugelförmig sind, muss stets ein Richtungselement angegeben werden, siehe Abschnitt 15.

In Bild 98 muss sowohl bei zylindrischen als auch bei konischen Flächen die extrahierte Umfangslinie in jedem beliebigen Querschnitt der Flächen zwischen zwei in derselben Ebene liegenden konzentrischen Kreisen mit einer Radiusdifferenz von 0,03 liegen. Das ist der Default für die zylindrische Fläche, und für die konische Fläche wird das durch den Richtungsindikator angegeben. Für konische Flächen ist stets ein Richtungselement anzugeben.



**Bild 98 — Rundheitsangabe**

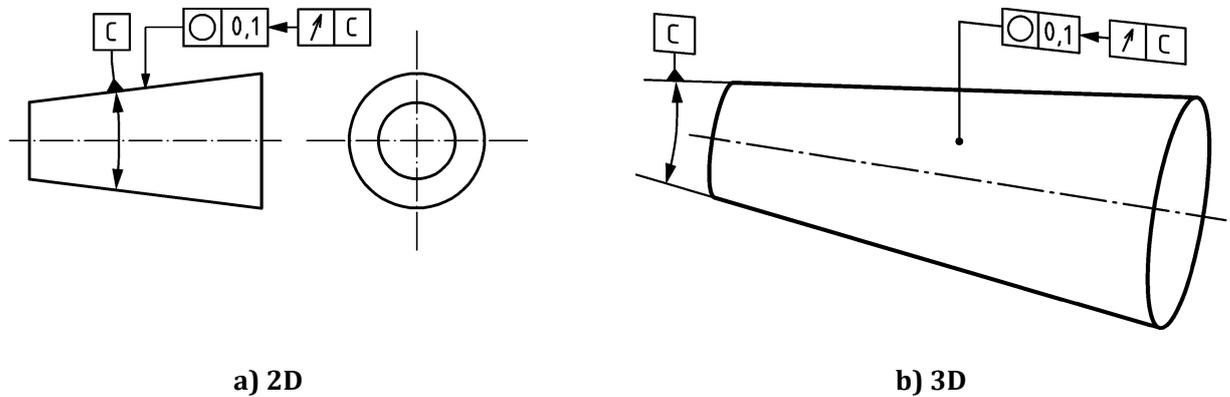
Die durch die Spezifikation in Bild 98 festgelegte Toleranzzone im betrachteten Querschnitt wird durch zwei konzentrische Kreise vom radialen Abstand  $t$  begrenzt, siehe Bild 99.



a jede Schnittebene (jeder Querschnitt)

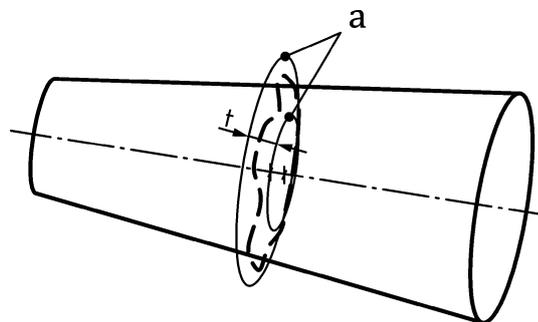
**Bild 99 — Definition der Rundheitstoleranzzone**

In Bild 100 gibt es in jedem Querschnitt der Fläche eine extrahierte Umfangslinie, die durch einen Schnitt des tolerierten Geometrieelements mit einem dazu koaxialen Kegel definiert ist und der einen solchen Kegelwinkel besitzt, dass der Kegel rechtwinklig zum tolerierten Geometrieelement ist. Diese extrahierte Umfangslinie muss zwischen zwei Kreisen auf dem Schnittkegel mit einem Abstand von 0,1 liegen, das bedeutet die Toleranzzone ist rechtwinklig zur Fläche des tolerierten Elements, wie durch den Richtungselement-Indikator angegeben. Ein Richtungselement-Indikator muss immer für die Rundheit von konischen Geometrieelementen angegeben werden.



**Bild 100 — Rundheitsangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 100 festgelegte Toleranzzone wird entlang der Fläche in dem betrachteten Querschnitt durch zwei Kreise auf einer Kegelfläche mit Abstand  $t$  voneinander definiert, siehe Bild 101.



- <sup>a</sup> Kreise rechtwinklig zu Bezug C (die Achse des tolerierten Geometrieelements), auf einer Kegelfläche rechtwinklig zur Fläche des tolerierten Geometrieelements

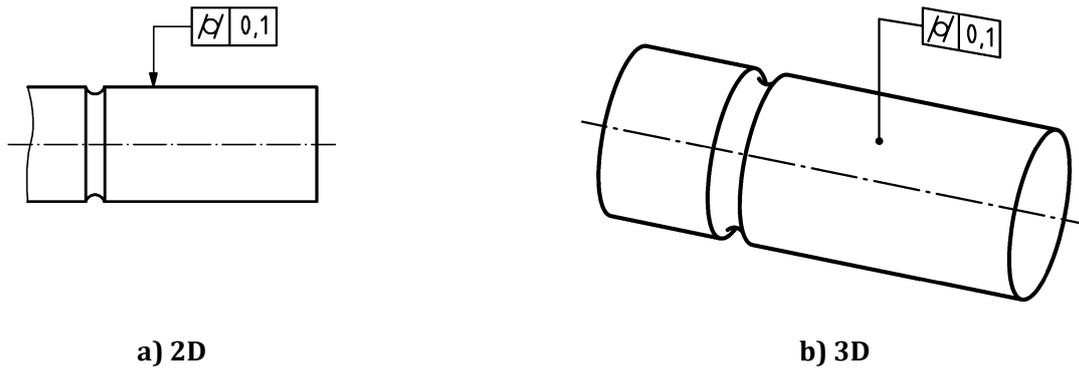
**Bild 101 — Definition der Rundheitstoleranzzone**

Der Richtungselementindikator, der für Rotationsflächen, die weder zylindrisch noch kugelförmig sind, stets anzugeben ist, kann dazu verwendet werden, die Rundheit rechtwinklig zur Fläche oder unter einem festgelegten Winkel zur Achse des tolerierten Geometrieelements anzugeben, siehe Abschnitt 15. Frühere Praxis, siehe A.3.3.

## 17.5 Zylindrizitätsspezifikation

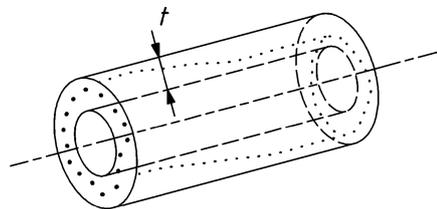
Das tolerierte Geometrieelement ist ein integrales Geometrieelement. Die Beschaffenheit und Form des tolerierten nominalen Geometrieelements ist explizit als zylinderförmige Fläche angegeben, wobei es sich um ein Flächengeometrieelement handelt.

In Bild 102 muss die extrahierte zylinderförmige Fläche zwischen zwei koaxialen Zylindern vom radialen Abstand 0,1 liegen.



**Bild 102 — Zylindrizitätsangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 102 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei koaxiale Zylinder mit der Radiusdifferenz  $t$  begrenzt, siehe Bild 103.

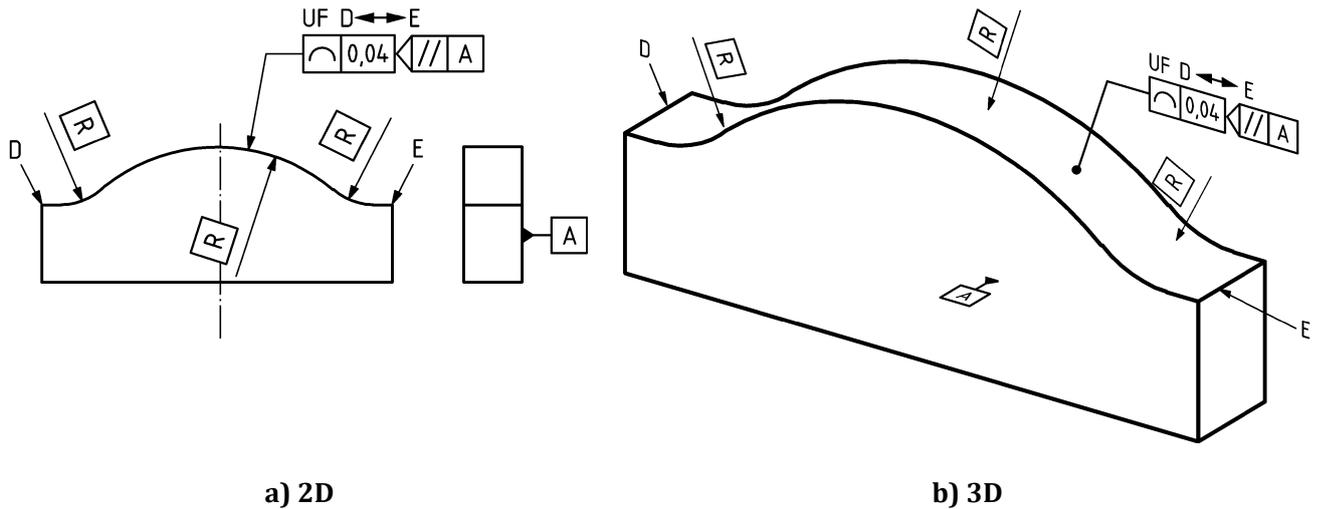


**Bild 103 — Definition der Zylindritätstoleranzzone**

## 17.6 Linienprofilspezifikation ohne Bezug

Das tolerierte Geometrieelement kann ein integrales oder ein abgeleitetes Geometrieelement sein. Die Beschaffenheit des tolerierten nominalen Geometrieelements ist explizit als lineares Geometrieelement oder als eine Gruppe von linearen Geometrieelementen angegeben. Die Form des tolerierten nominalen Geometrieelements muss, sofern es sich nicht um eine gerade Linie handelt, explizit durch vollständige Angaben in der Zeichnung oder an Hand des CAD-Modell angegeben sein, siehe ISO 16792.

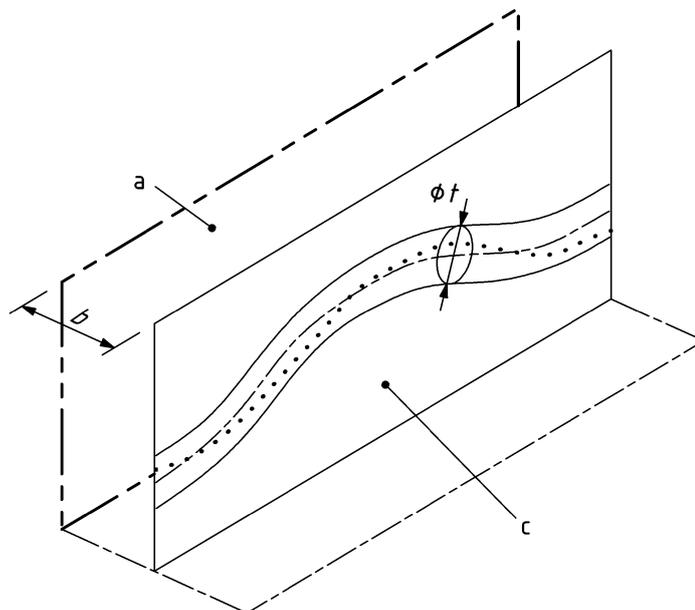
In Bild 104 muss in jedem zur Bezugsebene A parallelen Schnitt, wie durch den Schnittebenen-Indikator angegeben, die extrahierte Profillinie zwischen zwei Linien gleichen Abstands liegen, die Kreise vom Durchmesser 0,04 einhüllen, deren Mittelpunkte auf einer Linie von theoretisch exakter geometrischer Form liegen. Das Spezifikationselement UF wird verwendet, um anzugeben, dass die drei kreisförmigen Abschnitte im zusammengesetzten Geometrieelement zu einem vereinigten Geometrieelement kombiniert werden müssen. Frühere 2D-Praxis, siehe A.2.1. Für frühere Praxis hinsichtlich des Umfangs des tolerierten Geometrieelements, siehe A.3.5.



ANMERKUNG Einige der für eine eindeutige Definition der Nenngeometrie erforderlichen TEDs sind nicht angegeben.

**Bild 104 — Linienprofilangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 104 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei Linien begrenzt, die Kreise vom Durchmesser  $t$  einhüllen, deren Mittelpunkte auf einer Linie mit der theoretisch exakten geometrischen Form liegen, siehe Bild 105.



- a Bezugsebene A
- b beliebiger Abstand
- c Ebene parallel zum Bezug A

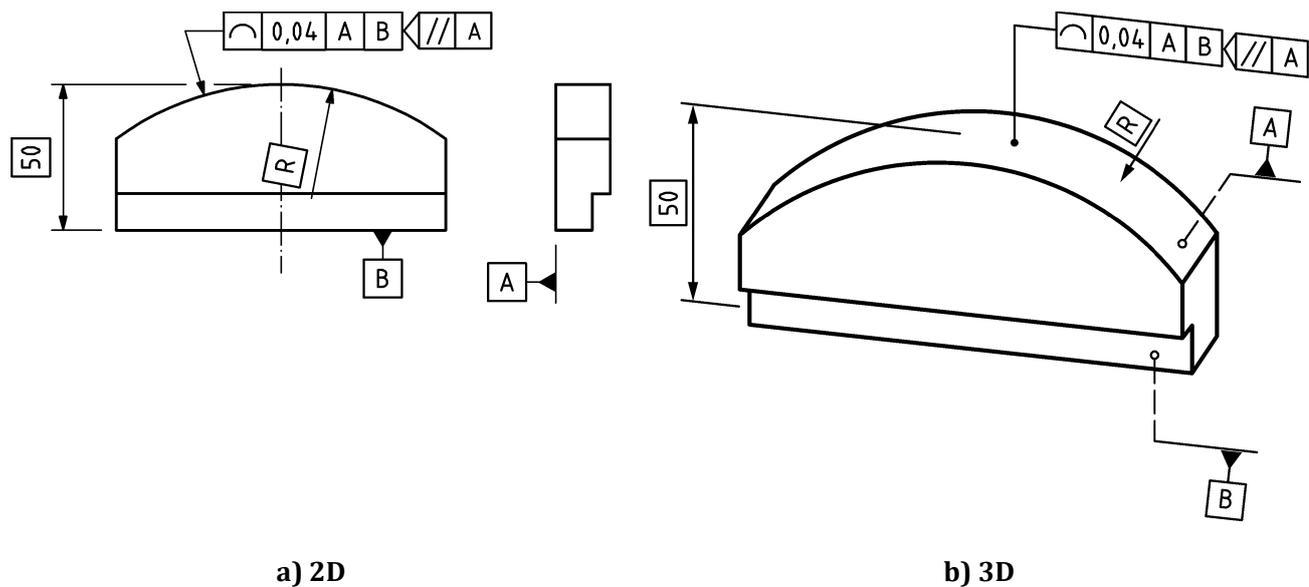
**Bild 105 — Definition der Linienprofiltoleranzzone**

### 17.7 Linienprofilspezifikation in Verbindung mit einem Bezugssystem

Das tolerierte Geometrieelement kann ein integrales oder ein abgeleitetes Geometrieelement sein. Die Beschaffenheit des tolerierten nominalen Geometrieelements ist explizit als lineares Geometrieelement oder

als eine Gruppe von linearen Geometrieelementen angegeben. Die Form des tolerierten nominalen Geometrieelements muss, sofern es sich nicht um eine gerade Linie handelt, explizit durch vollständige Angaben in der Zeichnung oder an Hand des CAD-Modells gegeben sein, siehe ISO 16792.

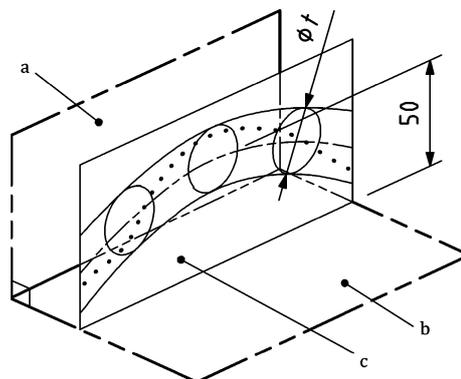
In Bild 106 muss in jedem Schnitt parallel zu der durch den Schnittebenen-Indikator festgelegten Bezugsebene A die extrahierte Profillinie zwischen zwei abstandsgleichen Linien enthalten sein, die Kreise mit einem Durchmesser von 0,04 einhüllen, deren Mittelpunkte sich auf einer Linie mit theoretisch exakter geometrischer Form und in Bezug auf die Bezugsebene A und die Bezugsebene B befinden. Für frühere 2D-Praxis siehe A.2.1.



ANMERKUNG Einige der für eine eindeutige Definition der Nenngeometrie erforderlichen TEDs sind nicht angegeben.

**Bild 106 — Linienprofilangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 106 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei Linien begrenzt, die Kreise vom Durchmesser  $t$  einhüllen, deren Mittelpunkte auf einer Linie mit der theoretisch exakten geometrischen Form und in Bezug zu den Bezugsebenen A und B liegen, siehe Bild 107.



- a Bezug A.
- b Bezug B.
- c Ebene parallel zum Bezug A.

**Bild 107 — Definition der Linienprofiltoleranzzone**

## 17.8 Flächenprofilspezifikation ohne Bezug

Das tolerierte Geometrieelement kann ein integrales oder ein abgeleitetes Geometrieelement sein. Die Beschaffenheit des tolerierten nominalen Geometrieelements ist explizit als Flächengeometrieelement angegeben. Die Form des tolerierten nominalen Geometrieelements muss, sofern es sich nicht um eine ebene Fläche handelt, explizit durch vollständige Angaben in der Zeichnung oder an Hand des CAD-Modells gegeben sein, siehe ISO 16792.

In Bild 108 muss die extrahierte Fläche zwischen zwei Flächen gleichen Abstandes liegen, die Kugeln vom Durchmesser 0,02 einhüllen, deren Mittelpunkte auf einer Fläche mit der theoretisch exakten geometrischen Form liegen.

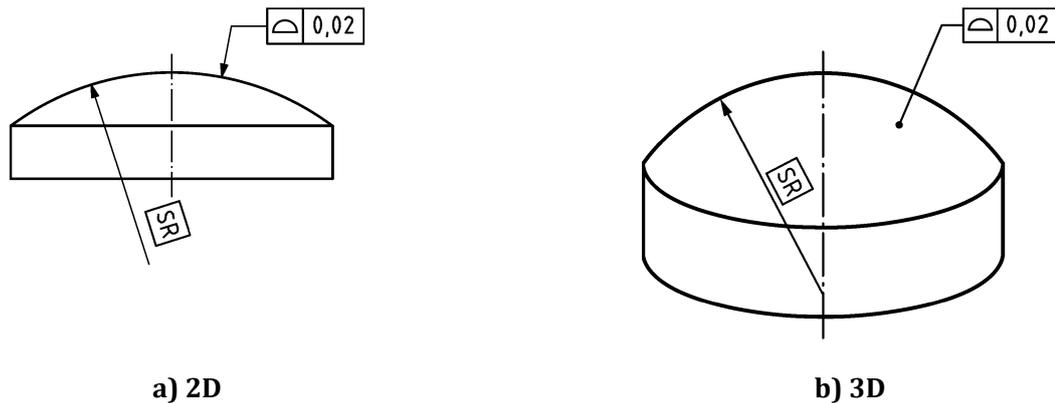


Bild 108 — Flächenprofilangabe

Die durch die Spezifikation in Bild 108 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei Flächen begrenzt, die Kugeln vom Durchmesser  $t$  einhüllen, deren Mittelpunkte auf einer Fläche mit der theoretisch exakten geometrischen Form liegen, siehe Bild 109.

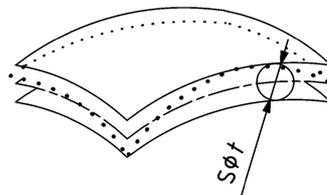


Bild 109 — Definition der Flächenprofiltoleranzzone

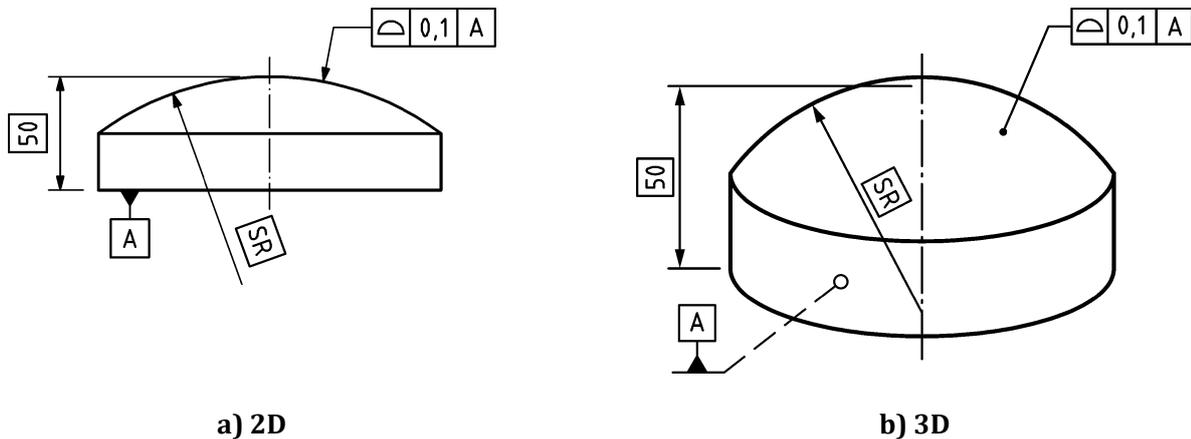
## 17.9 Flächenprofilspezifikation mit einem Bezug

Das tolerierte Geometrieelement kann ein integrales oder ein abgeleitetes Geometrieelement sein. Die Beschaffenheit des tolerierten nominalen Geometrieelements ist explizit als Flächengeometrieelement angegeben. Die Form des tolerierten nominalen Geometrieelements muss, sofern es sich nicht um eine ebene Fläche handelt, explizit durch vollständige Angaben in der Zeichnung oder an Hand des CAD-Modells angegeben sein, siehe ISO 16792.

Ist die Spezifikation richtungsbezogen, muss der >< Modifikator in das zweite Feld des Toleranzindikators oder nach jeder Bezugsangabe im Toleranzindikator angegeben werden oder es darf kein Bezug, der eine nicht-redundante Translation der Toleranzzone ermöglicht, angegeben werden. Die zwischen dem tolerierten nominalen Geometrieelement und den Bezügen fixierten Winkelmaße sind durch explizite oder implizite TEDs oder beides zu definieren, siehe ISO 5459.

Ist die Spezifikation ortsbezogen, muss im Toleranzindikator mindestens ein Bezug, der eine nicht-redundante Translation der Toleranzzone ermöglicht, angegeben werden. Die zwischen dem tolerierten nominalen Geometrieelement und den Bezügen fixierten Winkel- und Längenmaße sind durch explizite oder implizite TEDs oder beides zu definieren.

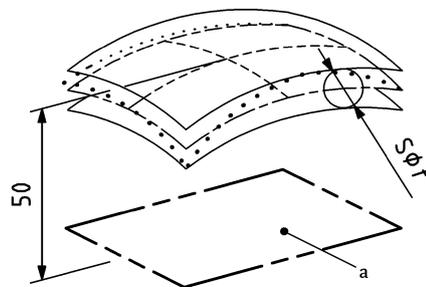
In Bild 110 muss die extrahierte Fläche zwischen zwei Flächen gleichen Abstandes liegen, die Kugeln vom Durchmesser 0,1 einhüllen, deren Mittelpunkte auf einer Fläche mit der theoretisch exakten geometrischen Form in Bezug zur Bezugsebene A liegen.



ANMERKUNG Manche für eine eindeutige Definition der Nenngeometrie erforderlichen TEDs werden nicht gezeigt.

**Bild 110 — Flächenprofilangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 110 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei Flächen begrenzt, die Kugeln vom Durchmesser  $t$  einhüllen, deren Mittelpunkte auf einer Fläche mit der theoretisch exakten geometrischen Form in Bezug zur Bezugsebene A liegen, siehe Bild 111.



a Bezug A

**Bild 111 — Definition der Flächenprofilltoleranzzone**

## 17.10 Parallelitätsspezifikation

### 17.10.1 Allgemeines

Das tolerierte Geometrieelement kann ein integrales oder ein abgeleitetes Geometrieelement sein. Das tolerierte nominale Geometrieelement ist seinem Wesen nach ein lineares Geometrieelement, eine Gruppe von linearen Geometrieelementen oder ein Flächengeometrieelement. Die Form jedes tolerierten nominalen Geometrieelements ist explizit als gerade Linie oder als ebene Fläche angegeben. Handelt es sich bei dem angegebenen Geometrieelement um eine nominell ebene Fläche, und ist das tolerierte Geometrieelement eine Gruppe von geraden Linien in dieser Fläche, so muss ein Schnittebenen-Indikator angegeben werden.

Die zwischen dem tolerierten nominalen Geometrieelement und den Bezügen fixierten TED-Winkel müssen durch implizite TEDs (0°) definiert werden.

### 17.10.2 Parallelitätsspezifikation einer Mittellinie zu einem Bezugssystem

In Bild 112 muss die extrahierte Mittellinie zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand 0,1 liegen, die parallel zur Bezugsachse A liegen. Die die Toleranzzone begrenzenden Ebenen sind parallel zu Bezugsebene B, wie es durch den Orientierungsebenen-Indikator spezifiziert ist. Bezug B ist sekundär zu Bezug A. Für frühere Praxis siehe A.3.6.

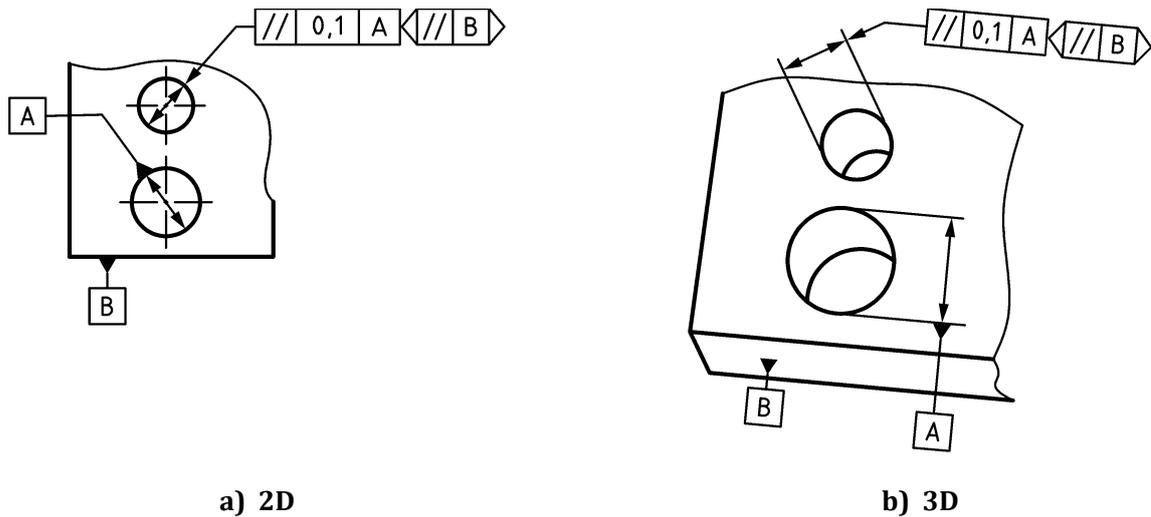
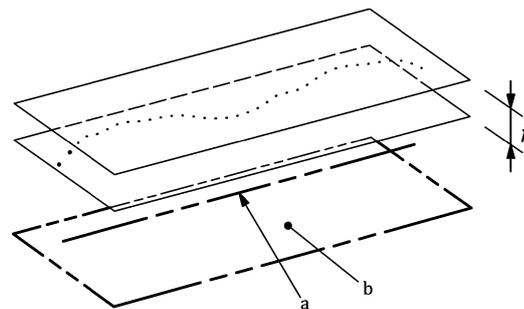


Bild 112 — Parallelitätsangabe

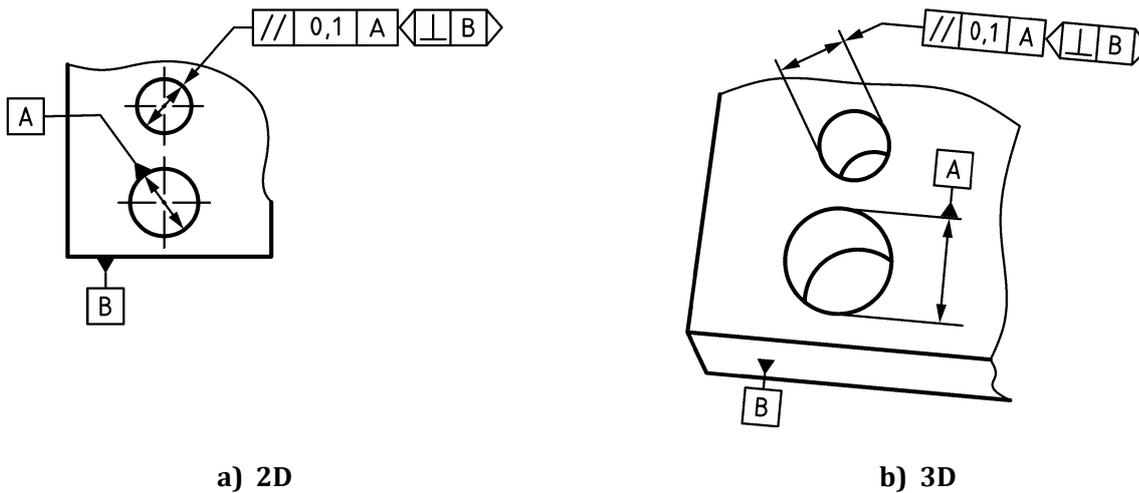
Die durch die Spezifikation in Bild 112 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei parallele Ebenen vom Abstand  $t$  begrenzt. Die Ebenen liegen parallel zu den Bezügen und in der spezifizierten Richtung, siehe Bild 113.



- a Bezug A
- b Bezug B

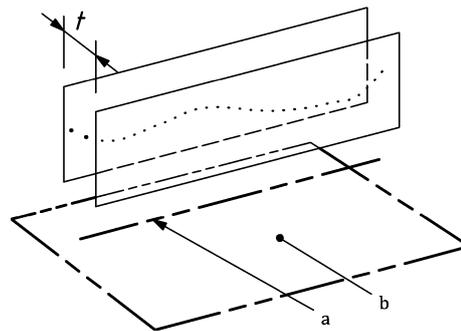
Bild 113 — Definition der Parallelitätstoleranzzone

In Bild 114 muss die extrahierte Mittellinie zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand 0,1 liegen, die parallel zur Bezugsachse A sind. Die die Toleranzzone begrenzenden Ebenen sind rechtwinklig zur Bezugsebene B, wie es durch den Orientierungsebenen-Indikator spezifiziert ist. Bezug B ist sekundär zu Bezug A, siehe 14.4. Frühere Praxis, siehe A.3.6.



**Bild 114 — Parallelitätsangabe**

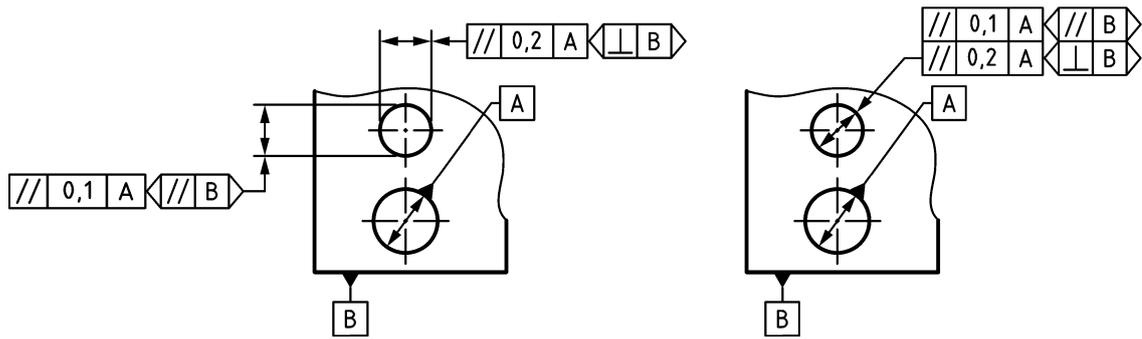
Die durch die Spezifikation in Bild 114 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei parallele Ebenen vom Abstand  $t$  begrenzt. Die Ebenen liegen parallel zu Bezug A und senkrecht zu Bezug B, siehe Bild 115.



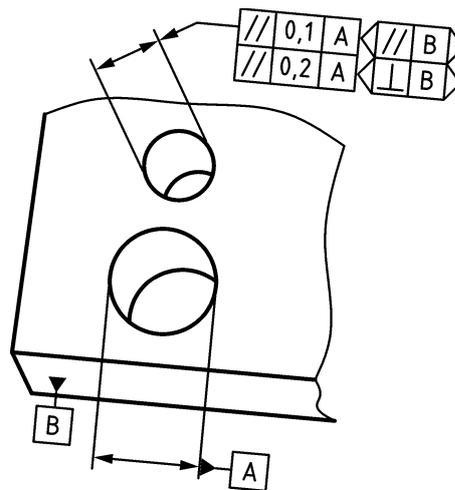
- a Bezug A
- b Bezug B

**Bild 115 — Definition der Parallelitätstoleranzzone**

In Bild 116 muss die extrahierte Mittellinie zwischen zwei Paar paralleler Ebenen liegen, die parallel zur Bezugsachse A sind und einen Abstand von 0,1 bzw. 0,2 voneinander haben. Die Ausrichtung der Ebenen, die die Toleranzonen begrenzen, ist in Bezug auf die Bezugsebene B durch Orientierungsebenen-Indikatoren spezifiziert. Bezug B ist sekundär zu Bezug A, siehe 14.4. Frühere Praxis, siehe A.3.6.



a) 2D

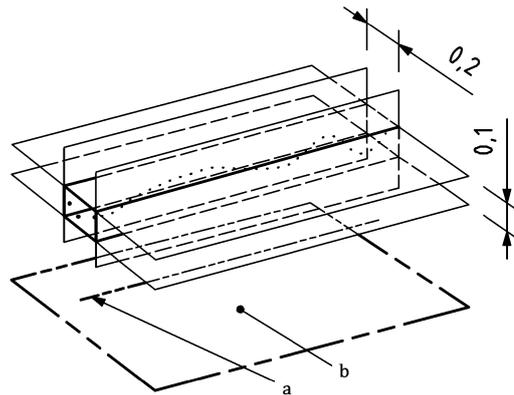


b) 3D

**Bild 116 — Parallelitätsangabe**

Auf der Grundlage der Spezifikation in Bild 116 muss die extrahierte Mittellinie zwischen zwei Paar paralleler Ebenen liegen, die parallel zur Bezugsachse A sind und einen Abstand von 0,1 bzw. 0,2 voneinander haben, siehe Bild 117. Die Orientierung der Toleranzzonen relativ zur Bezugsebene B wird durch die Orientierungsebenen-Indikatoren spezifiziert:

- die Ebenen zur Begrenzung der Toleranzzone 0,2 sind rechtwinklig zur Orientierungsebene B, wie durch den Orientierungsebenen-Indikator spezifiziert;
- die Ebenen zur Begrenzung der Toleranzzone 0,1 sind parallel zur Orientierungsebene B, wie durch den Orientierungsebenen-Indikator spezifiziert.

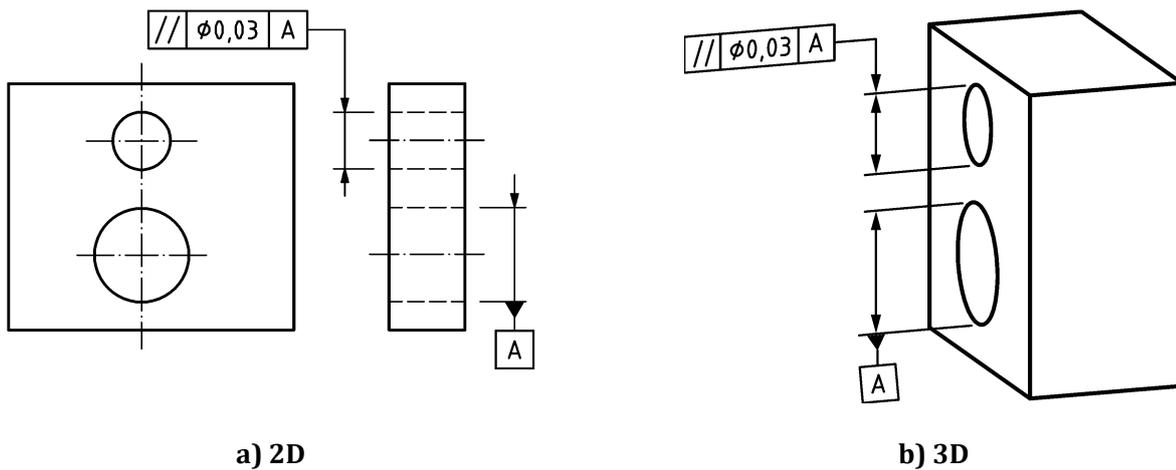


- a Bezug A
- b Bezug B

**Bild 117 — Definition der Parallelitätstoleranzonen**

### 17.10.3 Parallelitätsspezifikation einer Mittellinie zu einer Bezugsgeraden

In Bild 118 muss die extrahierte Mittellinie innerhalb einer zylindrischen Zone vom Durchmesser 0,03 liegen, die parallel zur Bezugsachse A ist.

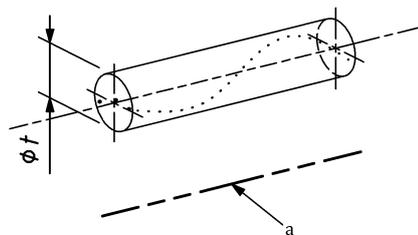


a) 2D

b) 3D

**Bild 118 — Parallelitätsangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 118 festgelegte Toleranzzone wird durch einen zum Bezug parallelen Zylinder vom Durchmesser  $t$  begrenzt, weil dem Toleranzwert das Symbol  $\varnothing$  vorangestellt ist, siehe Bild 119.



- a Bezug A

**Bild 119 — Definition der Parallelitätstoleranzzone**

#### 17.10.4 Parallelitätsspezifikation einer Mittellinie zu einer Bezugsebene

In Bild 120 muss die extrahierte Mittellinie zwischen zwei zur Bezugsebene B parallelen Ebenen vom Abstand 0,01 liegen.

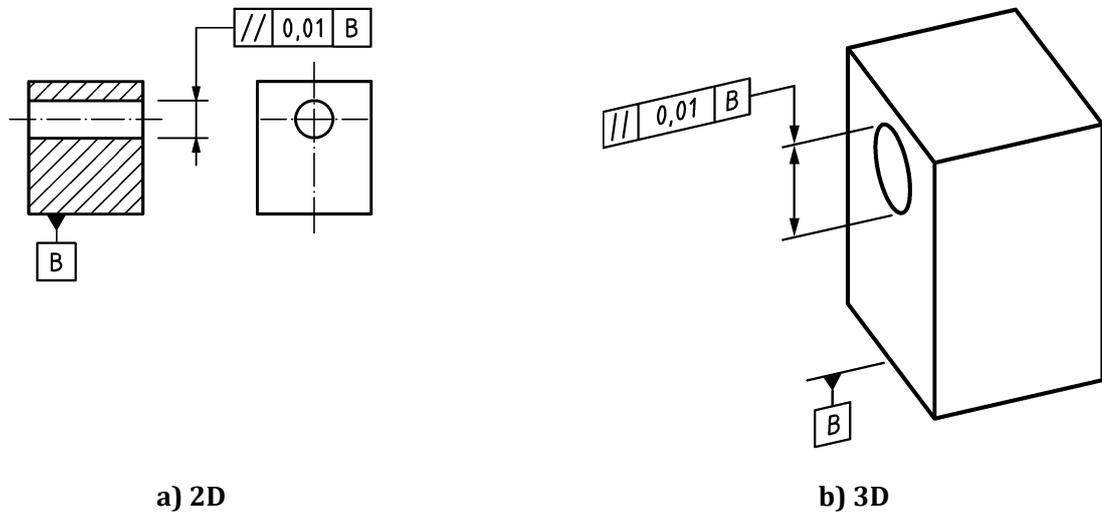
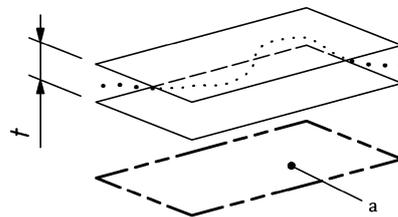


Bild 120 — Parallelitätsangabe

Die durch die Spezifikation in Bild 120 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei zum Bezug parallele Ebenen vom Abstand  $t$  begrenzt, siehe Bild 121.

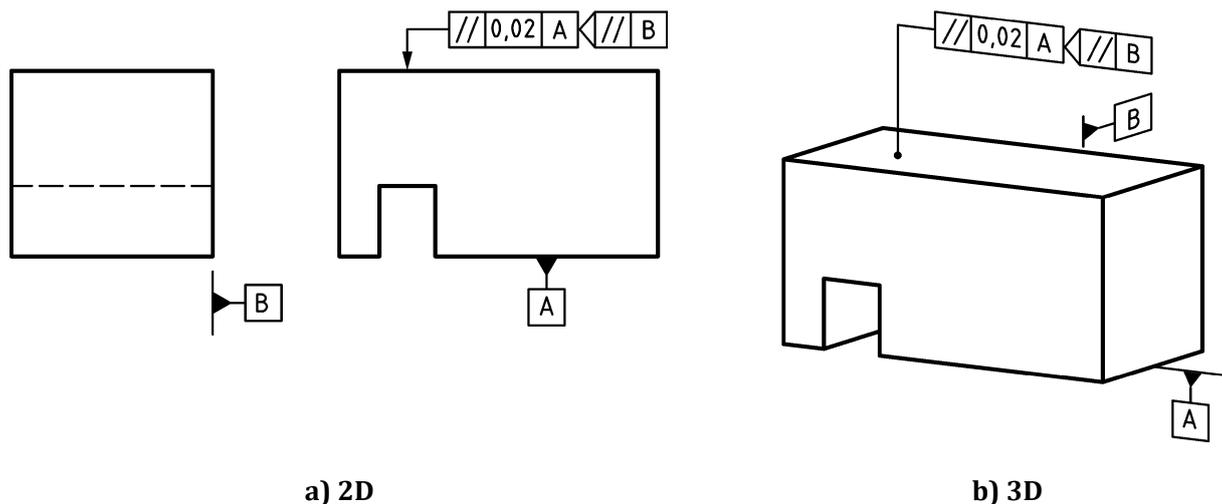


a Bezug B

Bild 121 — Definition der Parallelitätstoleranzzone

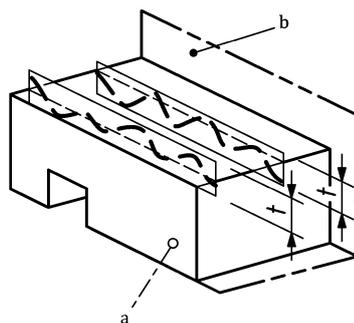
#### 17.10.5 Parallelitätsspezifikation eines Liniensatzes in einer Fläche zu einer Bezugsebene

In Bild 122 muss jede extrahierte Linie parallel zur Bezugsebene B, wie durch den Schnittebenen-Indikator spezifiziert, zwischen zwei parallelen Linien vom Abstand 0,02 liegen, die parallel zur Bezugsebene A sind. Bezug B ist ein primärer Bezug, siehe 14.4. Frühere 2D-Praxis, siehe A.2.2.



**Bild 122 — Parallelitätsangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 122 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei parallele Linien vom Abstand  $t$  begrenzt, die parallel zur Bezugsebene A ausgerichtet sind, und die in einer Ebene parallel zur Bezugsebene B liegen, siehe Bild 123.

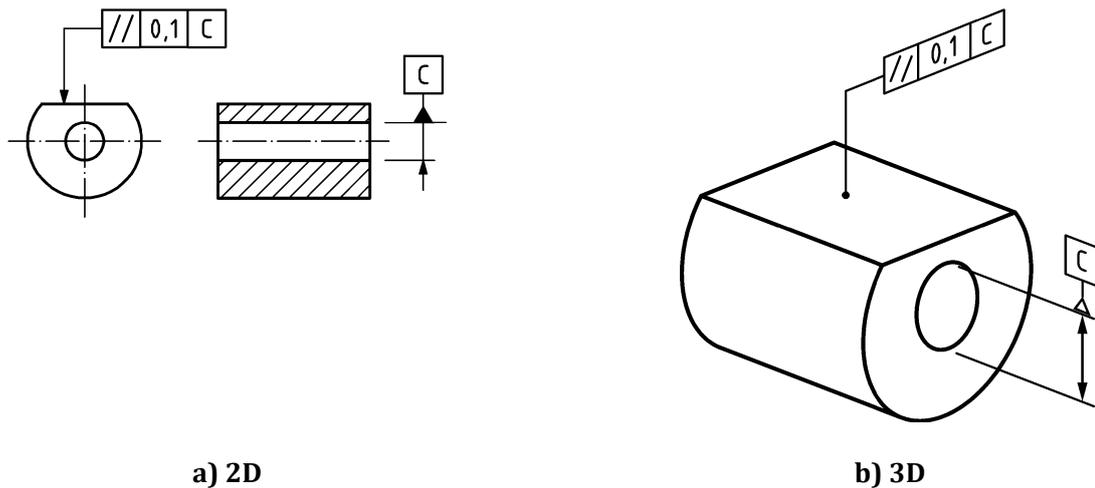


- a Bezug A
- b Bezug B

**Bild 123 — Definition der Parallelitätstoleranzzone**

### 17.10.6 Parallelitätsspezifikation einer ebenen Fläche zu einer Bezugsgeraden

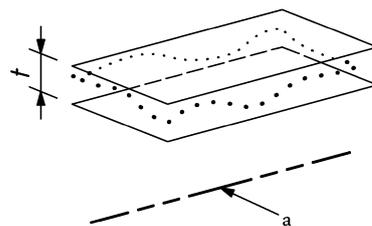
In Bild 124 muss die extrahierte Fläche zwischen zwei zur Bezugsachse C parallelen Ebenen vom Abstand 0,1 liegen.



**Bild 124 — Parallelitätsangabe**

ANMERKUNG Die Rotation der Toleranzzone um die Bezugsachse ist nicht mit der Angabe in Bild 124 definiert, es wird nur in einer Richtung spezifiziert.

Die durch die Spezifikation in Bild 124 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei zum Bezug parallele Ebenen vom Abstand  $t$  begrenzt, siehe Bild 125.

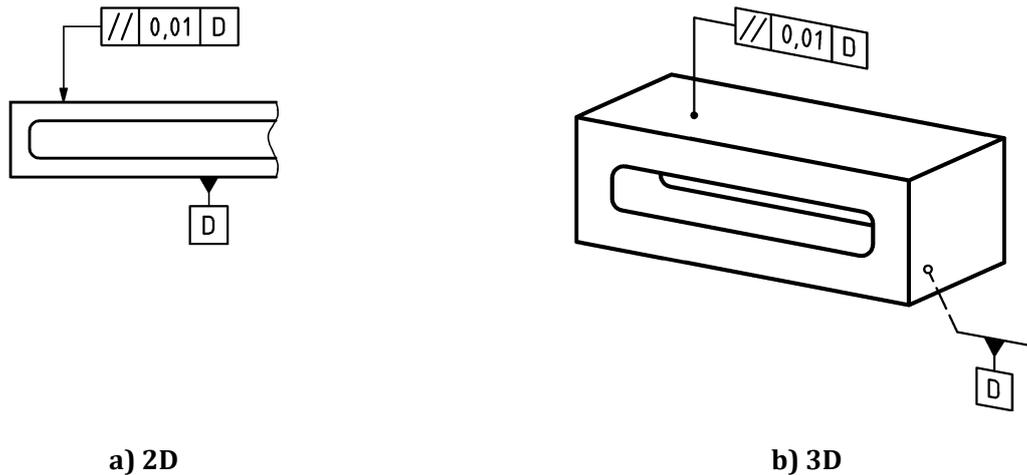


a Bezug C

**Bild 125 — Definition der Parallelitätstoleranzzone**

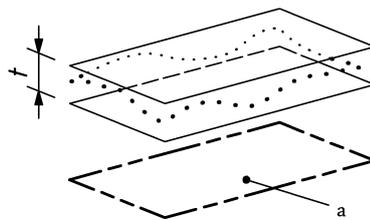
### 17.10.7 Parallelitätsspezifikation einer ebenen Fläche zu einer Bezugsebene

In Bild 126 muss die extrahierte Fläche zwischen zwei zur Bezugsebene D parallelen Ebenen vom Abstand 0,01 liegen.



**Bild 126 — Parallelitätsangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 126 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei zur Bezugsebene parallele Ebenen vom Abstand  $t$  begrenzt, siehe Bild 127.



a Bezug D

**Bild 127 — Definition der Parallelitätstoleranzzone**

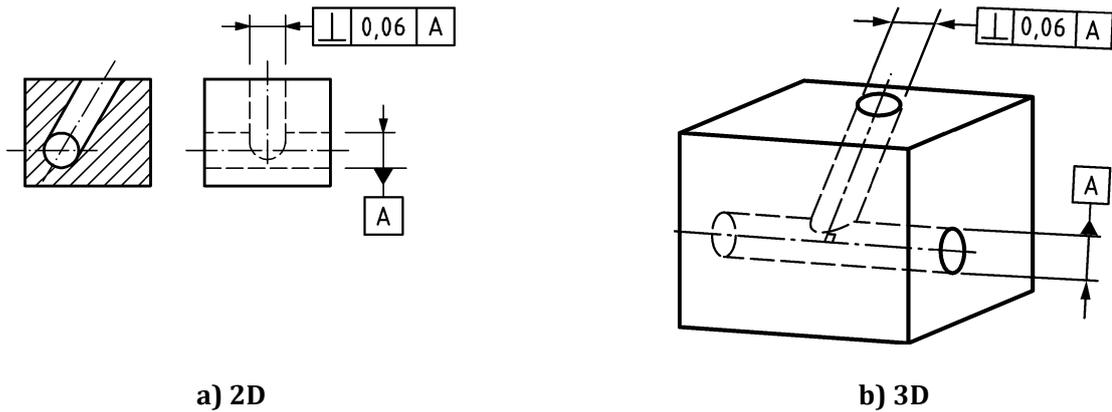
## 17.11 Rechtwinkligkeitsspezifikation

### 17.11.1 Allgemeines

Das tolerierte Geometrieelement kann ein integrales oder ein abgeleitetes Geometrieelement sein. Das tolerierte nominale Geometrieelement ist seinem Wesen nach ein lineares Geometrieelement, eine Gruppe von linearen Geometrieelementen oder ein Flächengeometrieelement. Die Form jedes tolerierten nominalen Geometrieelements ist explizit als gerade Linie oder als ebene Fläche angegeben. Handelt es sich bei dem angegebenen Geometrieelement um eine nominell ebene Fläche, und ist das tolerierte Geometrieelement eine Gruppe von geraden Linien in dieser Fläche, so muss ein Schnittebenen-Indikator angegeben werden. Die zwischen dem tolerierten nominalen Geometrieelement und den Bezügen fixierten TED-Winkel müssen durch implizite TEDs ( $90^\circ$ ) definiert werden.

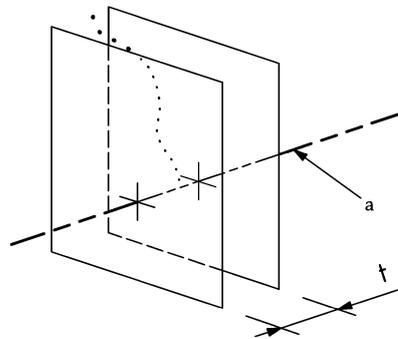
### 17.11.2 Rechtwinkligkeitsspezifikation einer Mittellinie zu einer Bezugsgeraden

In Bild 128 muss die extrahierte Mittellinie zwischen zwei parallelen und zur Bezugsachse A rechtwinkligen Ebenen vom Abstand 0,06 liegen.



**Bild 128 — Rechtwinkligkeitsangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 128 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei zur Bezugsachse rechtwinklige parallele Ebenen vom Abstand  $t$  begrenzt, siehe Bild 129.

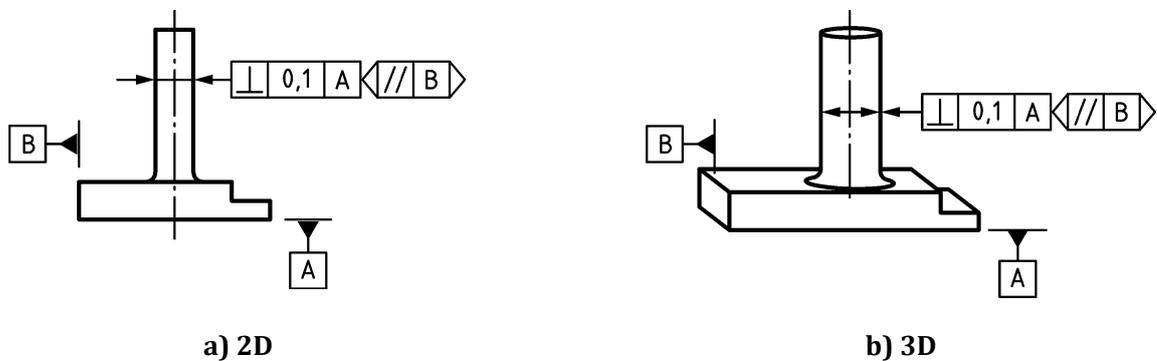


a Bezug A

**Bild 129 — Definition der Rechtwinkligkeitstoleranzzone**

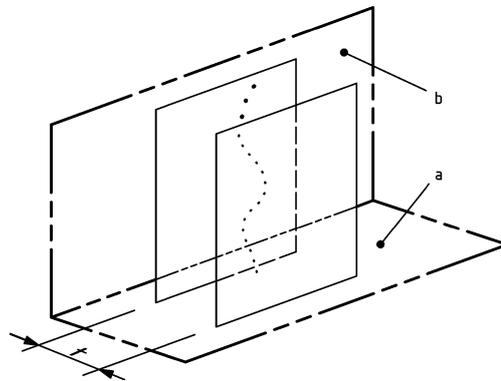
### 17.11.3 Rechtwinkligkeitspezifikation einer Mittellinie zu einem Bezugssystem

In Bild 130 muss die extrahierte Mittellinie des Zylinders zwischen zwei parallelen und zur Bezugsebene A rechtwinkligen Ebenen vom Abstand 0,1 in der spezifizierten Richtung zur Bezugsebene B liegen. Bezug B ist ein sekundär zu Bezug A, siehe 14.4. Frühere Praxis, siehe A.3.6.



**Bild 130 — Rechtwinkligkeitsangabe**

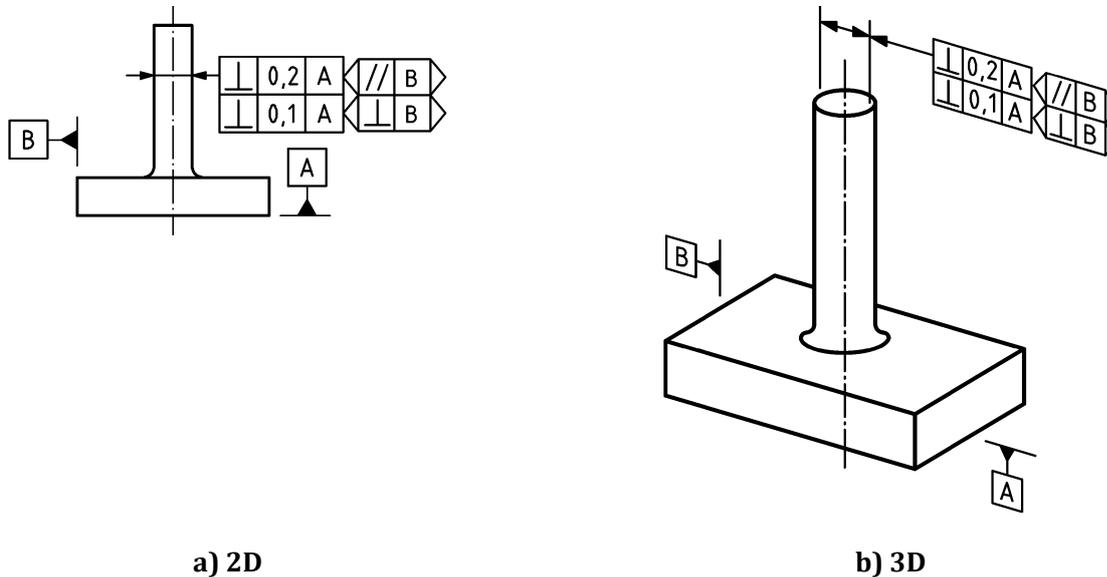
Die durch die Spezifikation in Bild 130 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei parallele Ebenen vom Abstand  $t$  begrenzt. Die Ebenen sind rechtwinklig zum Bezug A und parallel zum sekundären Bezug B, siehe Bild 131.



- a Bezug A
- a Bezug B

**Bild 131 — Definition der Rechtwinkligkeitstoleranzzone**

In Bild 132 muss die extrahierte Mittellinie des Zylinders zwischen zwei Paaren paralleler Ebenen senkrecht zur Bezugsebene A enthalten sein, die in einem Abstand von 0,1 bzw. 0,2 angeordnet sind. Die Ausrichtung der Ebenen, die die Toleranzzonen begrenzen, ist in Bezug auf die Bezugsebene B durch Orientierungsebenen-Indikatoren spezifiziert. Bezug B ist sekundär zu Bezug A, siehe 14.4. Frühere Praxis, siehe A.3.6.

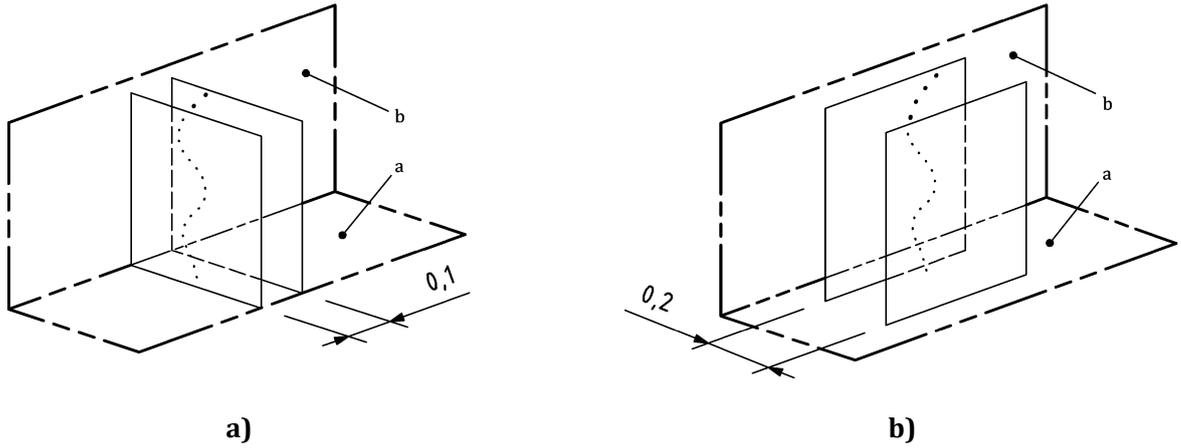


a) 2D

b) 3D

**Bild 132 — Rechtwinkligkeitsangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 132 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei Paare paralleler Ebenen vom Abstand 0,1 und 0,2 begrenzt, die rechtwinklig zueinander liegen. Beide Ebenen liegen rechtwinklig zum Bezug A. Ein Paar der Ebenen liegt rechtwinklig zum Bezug B, siehe Bild 133 a), das andere liegt parallel zum Bezug B, siehe Bild 133 b).

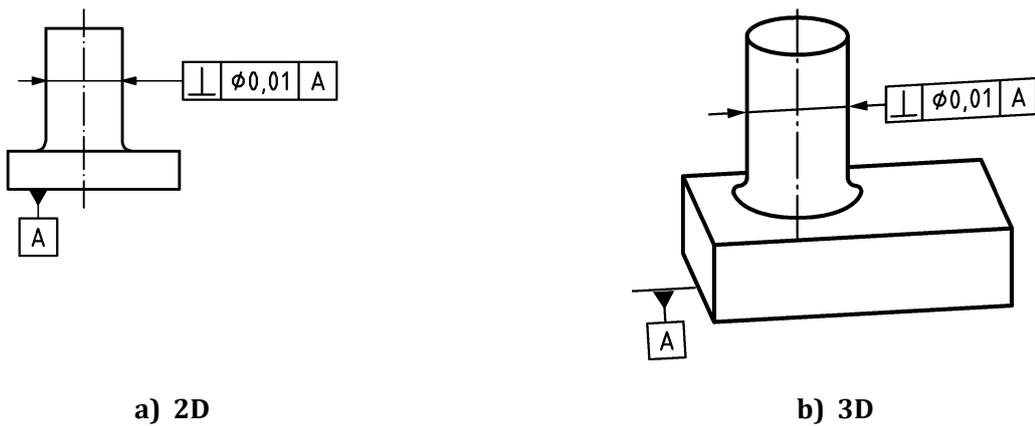


- a Bezug A
- b Bezug B

**Bild 133 — Definition der Rechtwinkligkeitstoleranzzonen**

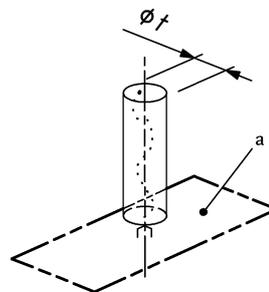
#### 17.11.4 Rechtwinkligkeitspezifikation einer Mittellinie zu einer Bezugsebene

In Bild 134 muss die extrahierte Mittellinie des Zylinders innerhalb einer zur Bezugsebene A rechtwinkligen zylinderförmigen Zone vom Durchmesser 0,01 liegen.



**Bild 134 — Rechtwinkligkeitsangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 134 festgelegte Toleranzzone wird durch einen zum Bezug rechtwinkligen Zylinder vom Durchmesser  $t$  begrenzt, weil dem Toleranzwert das Symbol  $\phi$  vorangestellt ist, siehe Bild 135.



- a Bezug A

**Bild 135 — Definition der Rechtwinkligkeitstoleranzzone**

17.11.5 Rechtwinkligkeitsspezifikation einer ebenen Fläche zu einer Bezugsgeraden

In Bild 136 muss die extrahierte Fläche zwischen zwei parallelen und zur Bezugsachse A rechtwinkligen Ebenen vom Abstand 0,08 liegen.

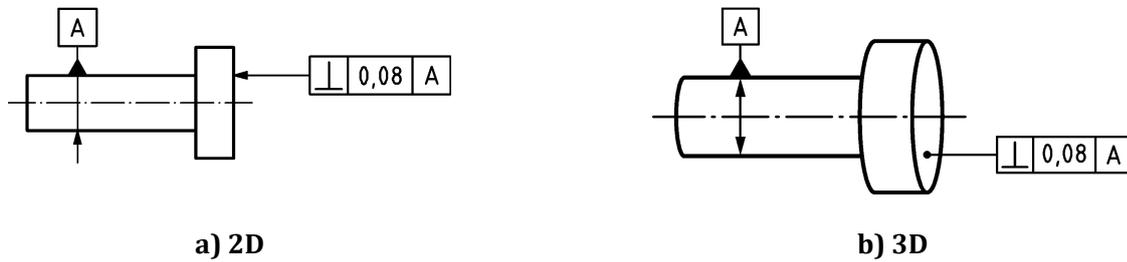
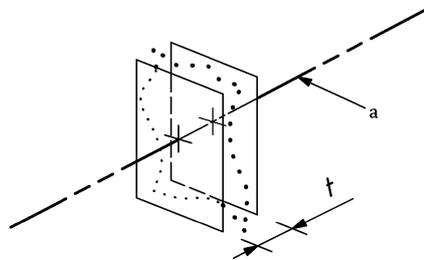


Bild 136 — Rechtwinkligkeitsangabe

Die durch die Spezifikation in Bild 136 festgelegte Toleranzzone wird begrenzt von zwei parallelen Ebenen vom Abstand  $t$ , die rechtwinklig zum Bezug liegen, siehe Bild 137.



a Bezug A

Bild 137 — Definition der Rechtwinkligkeitstoleranzzone

17.11.6 Rechtwinkligkeitsspezifikation einer ebenen Fläche zu einer Bezugsebene

In Bild 138 muss Die extrahierte Fläche zwischen zwei parallelen und zur Bezugsebene A rechtwinkligen Ebenen vom Abstand 0,08 liegen.

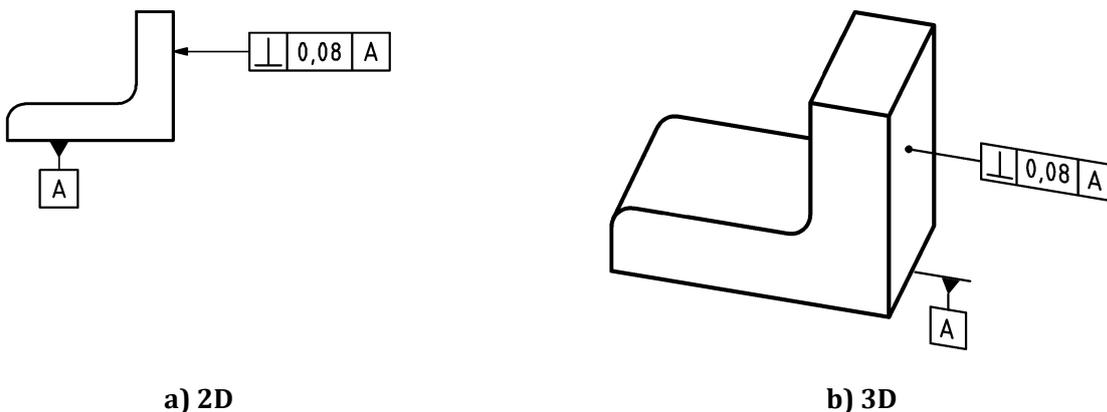
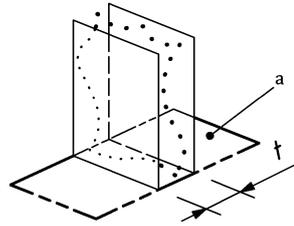


Bild 138 — Rechtwinkligkeitsangabe

ANMERKUNG Die Rotation der Toleranzzone um die Normale der Bezugsebene ist nicht mit der Angabe in Bild 138 definiert, es wird nur in einer Richtung spezifiziert.

Die durch die Spezifikation in Bild 138 festgelegte Toleranzzone wird begrenzt von zwei parallelen Ebenen vom Abstand  $t$ , die rechtwinklig zum Bezug liegen, siehe Bild 139.



a Bezug A

**Bild 139 — Definition der Rechtwinkligkeitstoleranzzone**

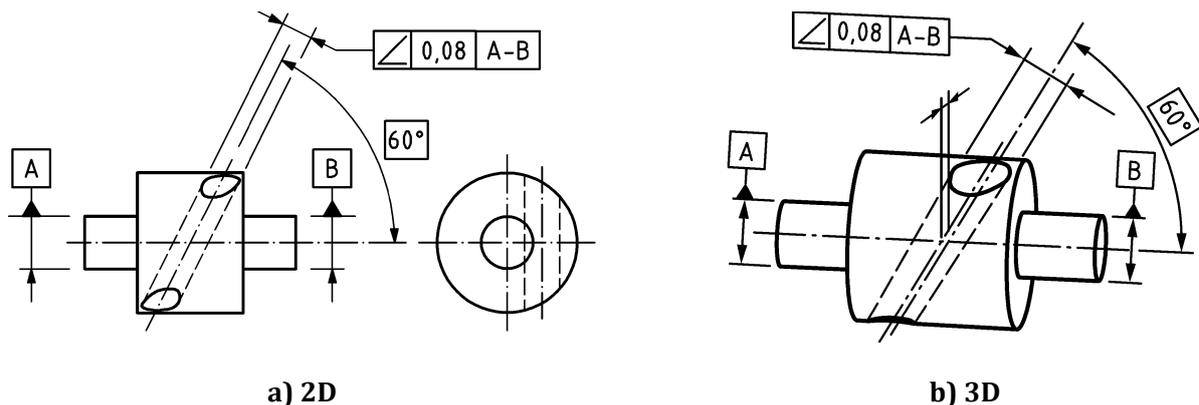
## 17.12 Neigungsspezifikation

### 17.12.1 Allgemeines

Das tolerierte Geometrieelement kann ein integrales oder ein abgeleitetes Geometrieelement sein. Das tolerierte nominale Geometrieelement ist seinem Wesen nach ein lineares Geometrieelement, eine Gruppe von linearen Geometrieelementen oder ein Flächengeometrieelement. Die Form jedes tolerierten nominalen Geometrieelements ist explizit als gerade Linie oder als ebene Fläche angegeben. Handelt es sich bei dem angegebenen Geometrieelement um eine nominell ebene Fläche, und ist das tolerierte Geometrieelement eine Gruppe von geraden Linien in dieser Fläche, so muss ein Schnittebenen-Indikator angegeben werden. Die zwischen dem tolerierten nominalen Geometrieelement und den Bezügen fixierten TED-Winkel müssen durch mindestens ein explizites TED definiert werden. Zusätzliche Winkel dürfen durch implizite TEDs ( $0^\circ$  oder  $90^\circ$ ) definiert werden.

### 17.12.2 Neigungsspezifikation einer Mittellinie zu einer Bezugsgeraden

In Bild 140 muss die extrahierte Mittellinie zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand 0,08 liegen, die in einem theoretisch exakten Winkel von  $60^\circ$  zur gemeinsamen Bezugsgeraden A-B geneigt sind.

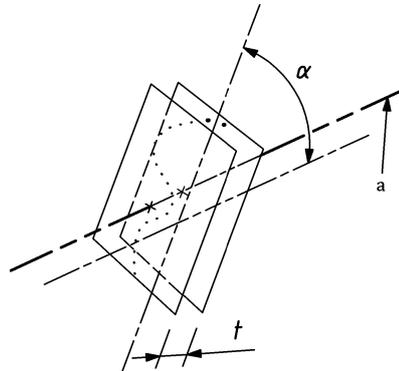


**Bild 140 — Neigungsangabe**

ANMERKUNG 1 Die Rotation der Toleranzzone um die Bezugsachse ist nicht mit der Angabe in Bild 140 definiert, es wird nur die Richtung spezifiziert.

ANMERKUNG 2 Der Abstand zwischen der Toleranzzone und dem gemeinsamen Bezug A-B ist nicht eingeschränkt.

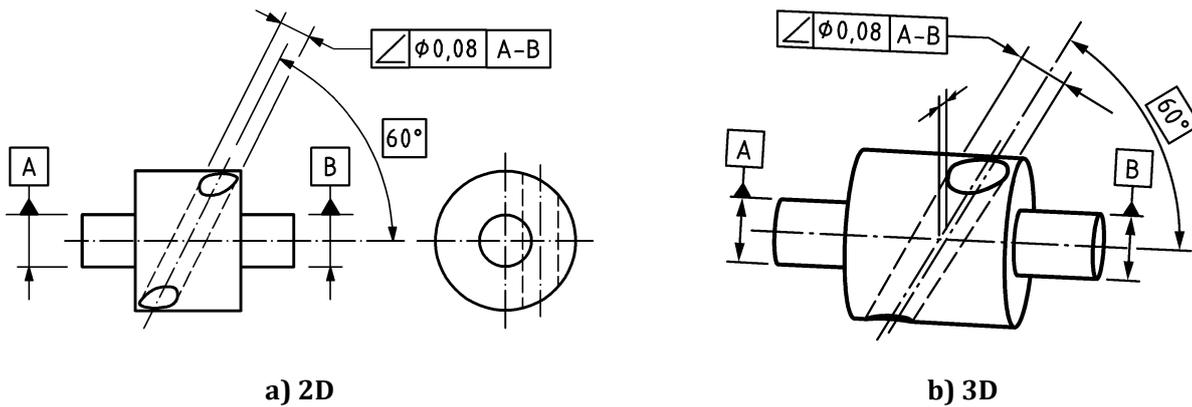
Die durch die Spezifikation in Bild 140 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei im spezifizierten Winkel zum Bezug geneigte parallele Ebenen vom Abstand  $t$  begrenzt. Die betrachtete Linie und die Bezugsgerade liegen nicht in derselben Ebene, siehe Bild 141.



a gemeinsamer Bezug A-B

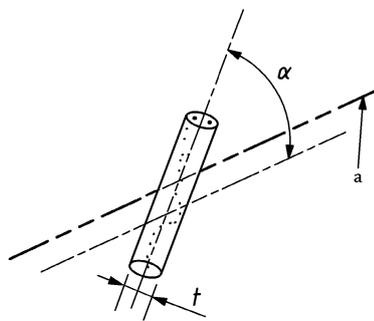
**Bild 141 — Definition der Neigungstoleranzzone**

In Bild 142 muss die extrahierte Mittellinie in einem Zylinder mit dem Durchmesser 0,08 liegen, der in einem theoretisch exakten Winkel von 60° zur gemeinsamen Bezugsgeraden A-B geneigt ist.



**Bild 142 — Neigung**

Die durch die Spezifikation in Bild 142 festgelegte Toleranzzone wird durch einen im spezifizierten Winkel zum Bezug geneigten Zylinder mit dem Durchmesser  $t$  begrenzt. Die betrachtete Linie und die Bezugsgerade liegen nicht in derselben Ebene, siehe Bild 143.



a gemeinsamer Bezug A-B

ANMERKUNG Der Abstand zwischen der Toleranzzone und dem gemeinsamen Bezug A-B ist nicht begrenzt.

**Bild 143 — Definition der Neigungstoleranzzone**

### 17.12.3 Neigungspezifikation für eine Mittellinie zu einem Bezugssystem

In Bild 144 muss die extrahierte Mittellinie innerhalb einer zylinderförmigen Toleranzzone mit dem Durchmesser 0,1 liegen, die parallel zur Bezugsebene B liegt und in einem theoretisch exakten Winkel von  $60^\circ$  zur Bezugsebene A geneigt ist.

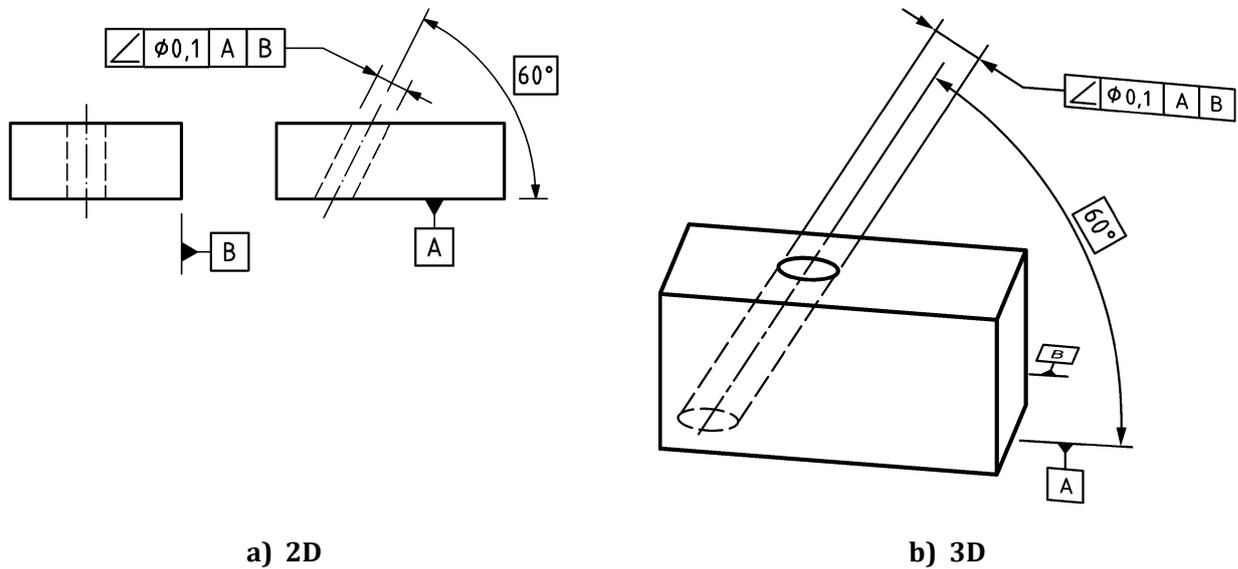
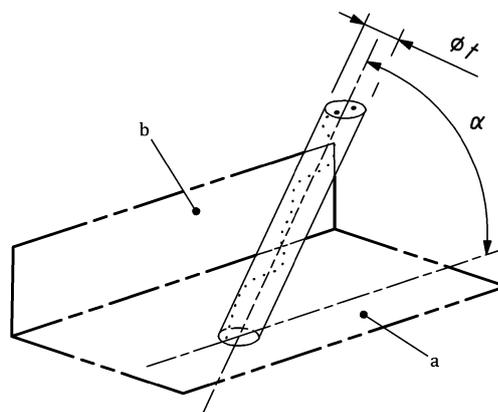


Bild 144 — Neigungsangabe

Die durch die Spezifikation in Bild 144 festgelegte Toleranzzone wird durch einen Zylinder des Durchmessers  $t$  begrenzt, weil dem Toleranzwert das Symbol  $\phi$  vorangestellt ist. Die zylinderförmige Toleranzzone liegt parallel zur Bezugsebene B und ist in dem spezifizierten Winkel zur Bezugsebene A geneigt, siehe Bild 145.

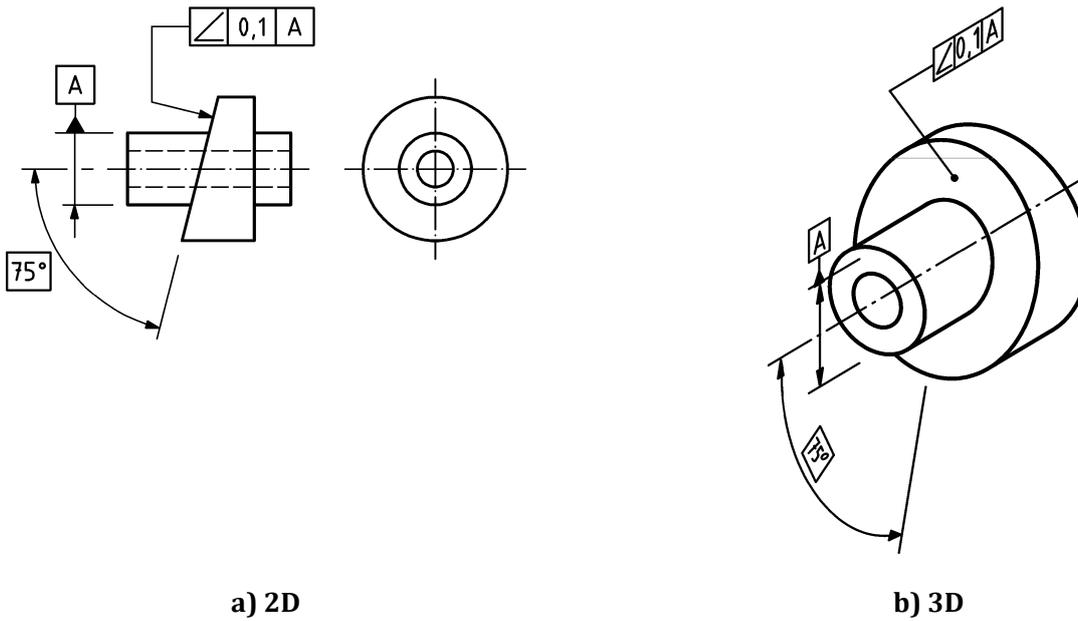


- a Bezug A
- b Bezug B

Bild 145 — Definition der Neigungstoleranzzone

### 17.12.4 Neigungsspezifikation für eine ebene Fläche zu einer Bezugsgeraden

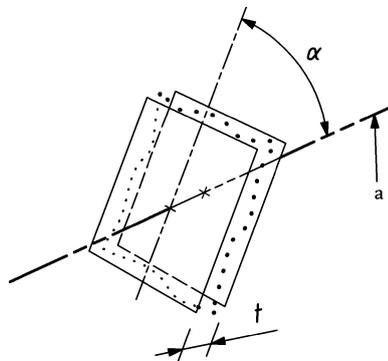
In Bild 146 muss die extrahierte Fläche zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand 0,1 liegen, die in einem theoretisch exakten Winkel von  $75^\circ$  zur Bezugsachse A geneigt sind.



**Bild 146 — Neigungsangabe**

ANMERKUNG Die Rotation der Toleranzzone um die Bezugsachse ist nicht mit der Angabe in Bild 146 definiert, es wird nur in einer Richtung spezifiziert.

Die durch die Spezifikation in Bild 146 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei im spezifizierten Winkel zum Bezug geneigte parallele Ebenen vom Abstand  $t$  begrenzt, siehe Bild 147.

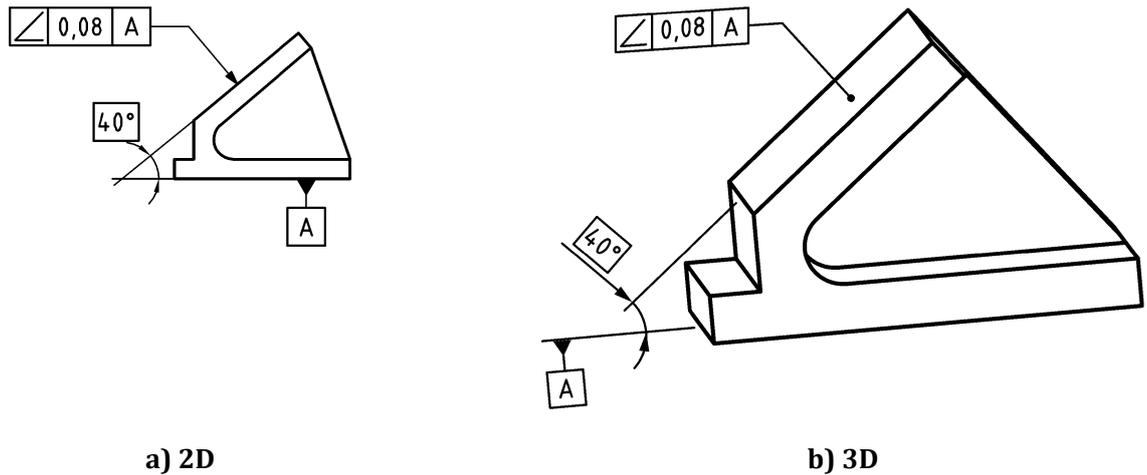


a Bezug A

**Bild 147 — Definition der Neigungstoleranzzone**

### 17.12.5 Neigungsspezifikation für eine ebene Fläche zu einer Bezugsebene

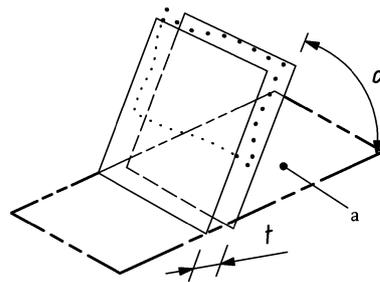
In Bild 148 die extrahierte Fläche muss zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand 0,08 liegen, die in einem theoretisch exakten Winkel von  $40^\circ$  zur Bezugsebene A geneigt sind.



**Bild 148 — Neigungsangabe**

ANMERKUNG Die Rotation der Toleranzzone um die Normale zur Bezugsebene ist nicht mit der Angabe in Bild 148 definiert, es wird nur in einer Richtung spezifiziert.

Die durch die Spezifikation in Bild 148 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei im spezifizierten Winkel zum Bezug geneigte parallele Ebenen vom Abstand  $t$  begrenzt, siehe Bild 149.



a Bezug A

**Bild 149 — Definition der Neigungstoleranzzone**

## 17.13 Positionsspezifikation

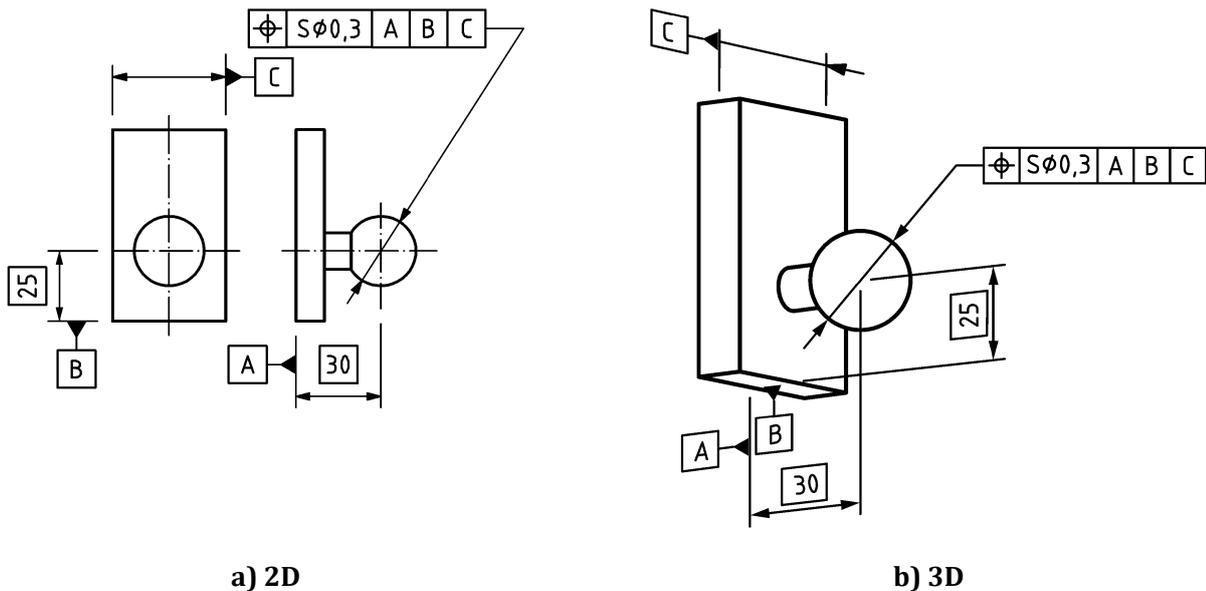
### 17.13.1 Allgemeines

Das tolerierte Geometrieelement ist entweder ein integrales oder ein abgeleitetes Geometrieelement. Das tolerierte nominale Geometrieelement ist seiner Beschaffenheit und Form nach ein integraler oder abgeleiteter Punkt, eine gerade Linie, eine ebene Fläche, eine nichtgerade abgeleitete Linie oder eine nichtebene abgeleitete Fläche, siehe auch ISO 1660. Die Form des tolerierten nominalen Geometrieelements muss, sofern es sich nicht um eine gerade Linie oder eine ebene Fläche handelt, explizit durch vollständige Angaben in der Zeichnung oder an Hand des CAD-Modells angegeben sein, siehe ISO 16792.

### 17.13.2 Positionsspezifikation eines abgeleiteten Punktes

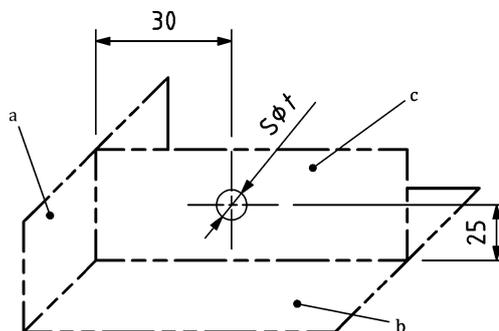
In Bild 150 muss der extrahierte Mittelpunkt der Kugel innerhalb einer kugelförmigen Zone mit dem Durchmesser 0,3 liegen, deren Mittelpunkt mit dem theoretisch exakten Ort der Kugel zu den Bezugsebenen A und B und der Bezugs-Mittelebene C übereinstimmt.

ANMERKUNG Die Definition des extrahierten Mittelpunktes einer Kugel wurde nicht genormt.



**Bild 150 — Positionsangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 150 festgelegte Toleranzzone wird durch eine Kugel vom Durchmesser 0,3 begrenzt, weil dem Toleranzwert das Symbol  $S\phi$  vorangestellt ist. Der Mittelpunkt der kugelförmigen Zone wird durch theoretisch exakte Maße zu den Bezügen A, B und C festgelegt, siehe Bild 151.



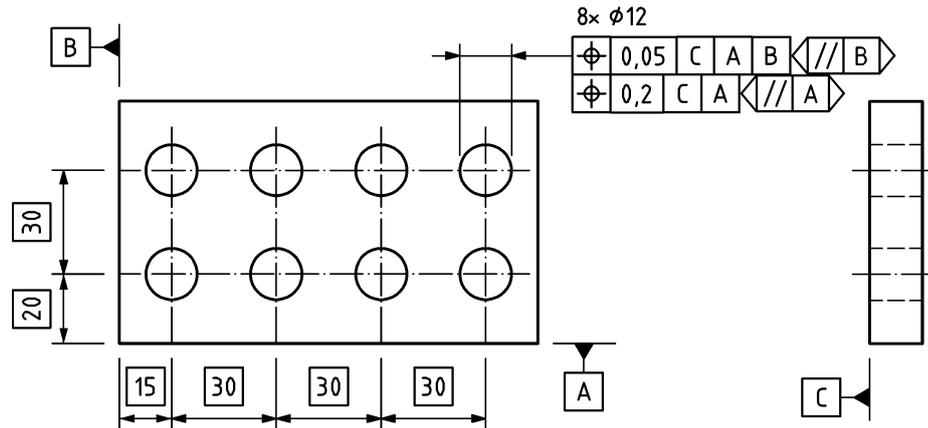
- a Bezug A.
- b Bezug B.
- c Bezug C.

**Bild 151 — Definition der Positionstoleranzzone**

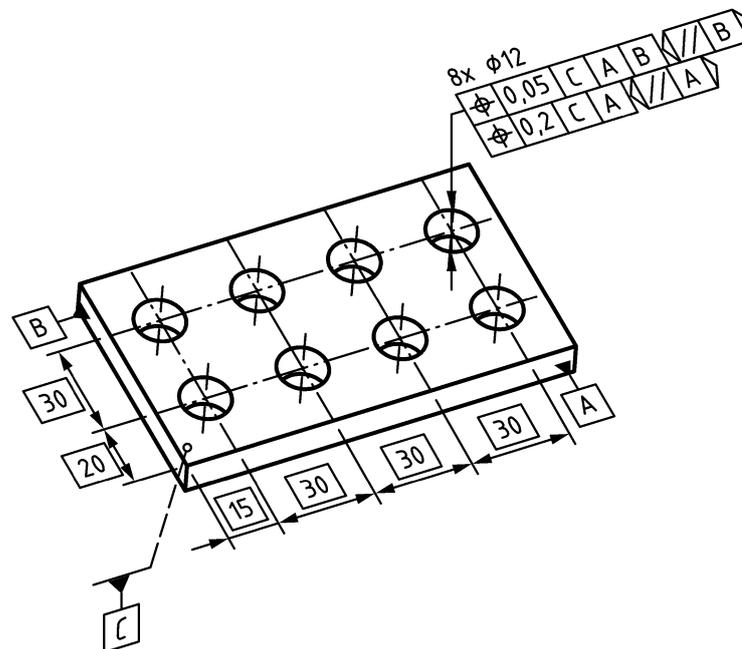
### 17.13.3 Positionsspezifikation einer Mittellinie

In Bild 152 muss die extrahierte Mittellinie jeder Bohrung zwischen zwei Paaren paralleler Ebenen im Abstand 0,05 bzw. 0,2 in der spezifizierten Richtung und rechtwinklig zueinander liegen. Jedes Paar paralleler Ebenen ist zum Bezugssystem ausgerichtet und liegt symmetrisch zum theoretisch exakten Ort der betrachteten Bohrung unter Berücksichtigung der Bezugsebenen C, A und B.

Frühere Praxis, siehe A.2.4.



a) 2D

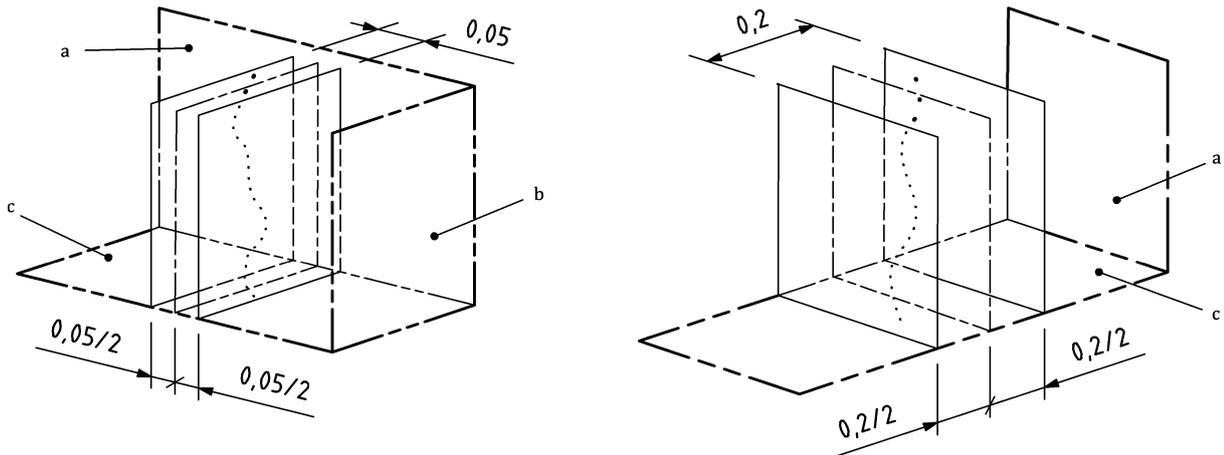


b) 3D

ANMERKUNG Anstatt der Verwendung von Orientierungsebenen-Indikatoren können ähnliche Anforderungen häufig mit dem Nur-Richtung-Modifikator, siehe ISO 5459, angegeben werden. In diesem Bild könnten die beiden Orientierungsebenen-Indikatoren weggelassen werden und das Bezugssystem |C|A|B| könnte für eine identische Bedeutung mit |C|A><|B| ersetzt werden.

### Bild 152 — Positionsangabe

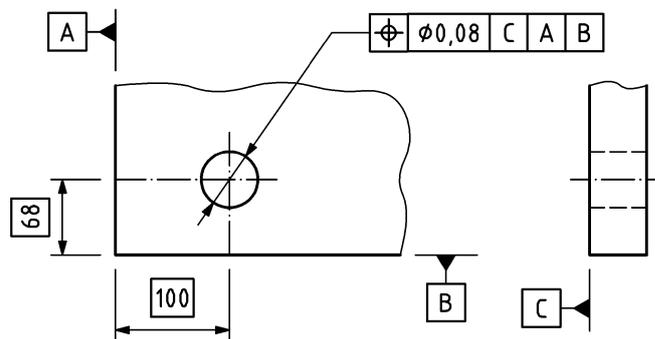
Die durch die Spezifikation in Bild 152 festgelegte Toleranzzone wird von zwei Paaren paralleler Ebenen vom Abstand 0,05 bzw. 0,2 begrenzt, die symmetrisch zum geometrisch exakten Ort liegen. Der geometrisch exakte Ort wird durch theoretisch exakte Maße zu den Bezügen C, A und B fixiert. Die Spezifikation gilt in zwei Richtungen zu den Bezügen, siehe Bild 153.



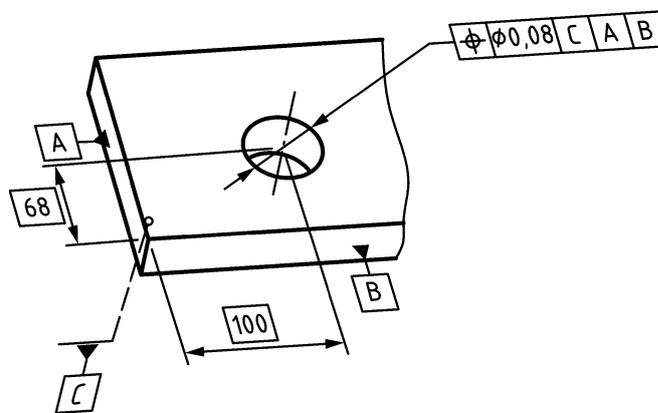
- a sekundärer Bezug A, rechtwinklig zum Bezug C
- b tertiärer Bezug B, rechtwinklig zum Bezug C und zum sekundären Bezug A
- c Bezug C

**Bild 153 — Definition der Positionstoleranzzonen**

In Bild 154 muss die extrahierte Mittellinie innerhalb einer zylindrischen Zone vom Durchmesser 0,08 liegen, deren Achse mit dem theoretisch exakten Ort der betrachteten Bohrung zu den Bezugsebenen C, A und B übereinstimmt.



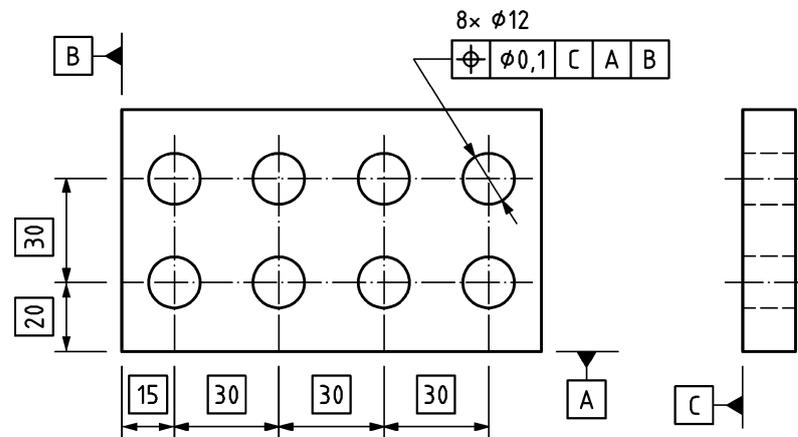
a) 2D



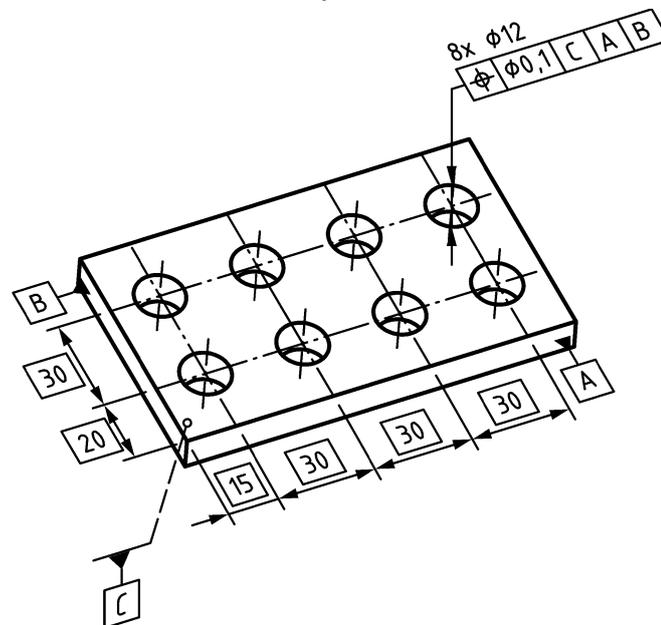
b) 3D

**Bild 154 — Positionsangabe**

In Bild 155 muss die extrahierte Mittellinie jeder Bohrung innerhalb einer zylindrischen Zone vom Durchmesser 0,1 liegen, deren Achse mit dem theoretisch exakten Ort der betrachteten Bohrung zu den Bezugs ebenen C, A und B übereinstimmt.



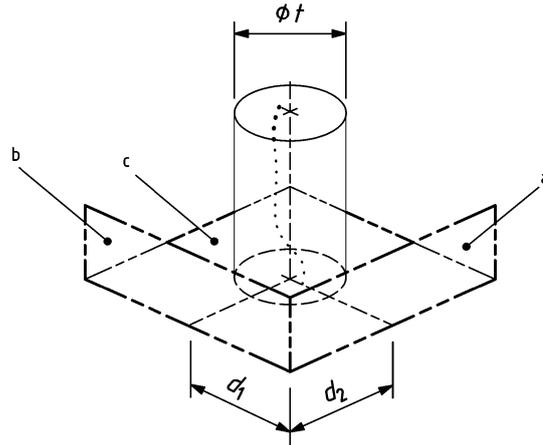
a) 2D



b) 3D

**Bild 155 — Positionsangabe**

Die durch die Spezifikationen in Bild 154 und Bild 155 festgelegten Toleranzzonen werden durch einen Zylinder vom Durchmesser  $t$  begrenzt, weil dem Toleranzwert das Symbol  $\varnothing$  vorangestellt ist. Die Achse der zylindrischen Toleranzzone wird durch theoretisch exakte Maße zu den Bezügen C, A und B festgelegt, siehe Bild 156.

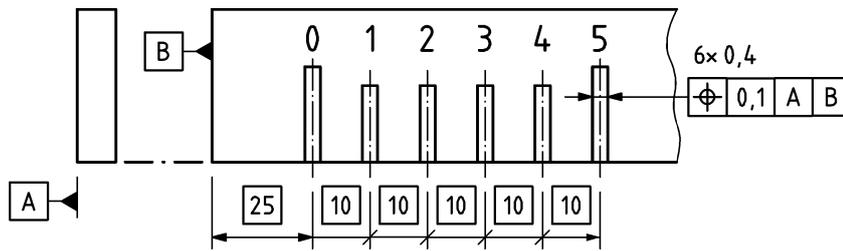


- a Bezug A
- b Bezug B
- c Bezug C

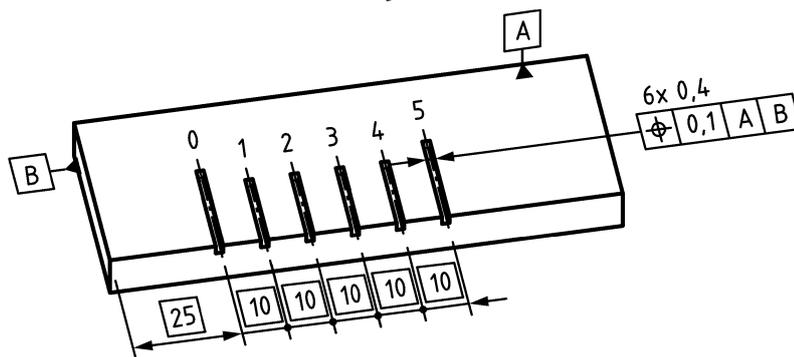
**Bild 156 — Definition der Positionstoleranzzone**

**17.13.4 Positionsspezifikation einer Mittelebene**

In Bild 157 muss die extrahierte Mittelebene jeder Trennlinie zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand 0,1 liegen, die symmetrisch zum theoretisch exakten Ort der betrachteten Linie zu den Bezugsebenen A und B liegen.



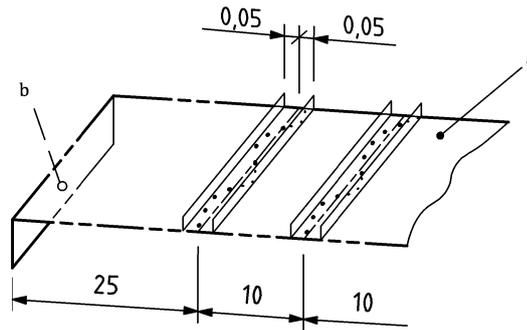
**a) 2D**



**b) 3D**

**Bild 157 — Positionsangabe**

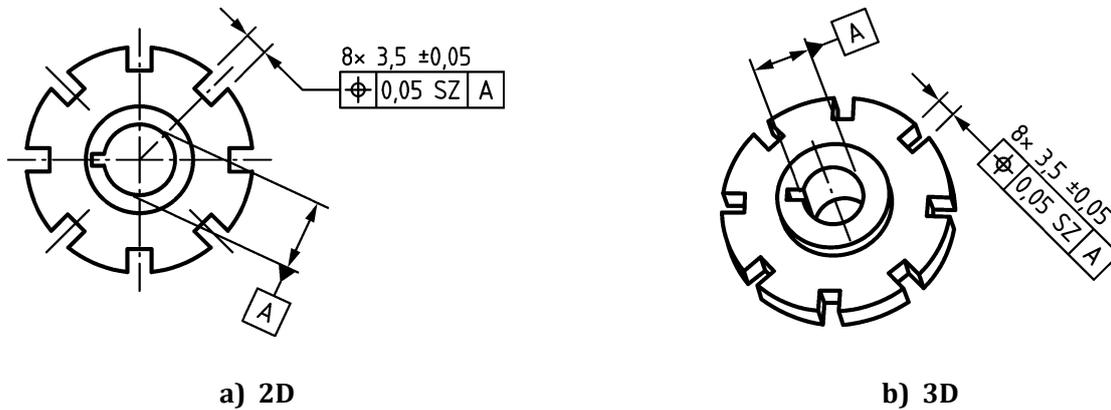
Die durch die Spezifikation in Bild 157 festgelegte Toleranzzone für jedes der sechs tolerierten Geometrieelemente wird durch zwei parallele Ebenen vom Abstand 0,1 begrenzt und liegt symmetrisch zur Mittellinie für dieses Geometrieelement. Die Mittelebene wird durch theoretisch exakte Maße zu den Bezügen A und B festgelegt. Die Spezifikation gilt nur in einer Richtung, siehe Bild 158.



- a Bezug A
- b Bezug B

**Bild 158 — Definition der Positionstoleranzzone**

In Bild 159 muss die extrahierte Mittelfläche für jedes der acht unabhängig betrachteten tolerierten Geometrieelemente (ohne Berücksichtigung der Winkel zwischen ihnen) zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand 0,05 liegen, die symmetrisch zum theoretisch exakten Ort der Mittelebene zur Bezugsachse A liegen.



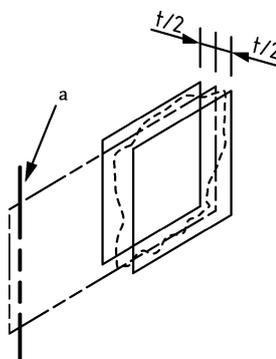
a) 2D

b) 3D

**Bild 159 — Positionsangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 159 festgelegte Toleranzzone wird begrenzt von zwei parallelen Ebenen vom Abstand 0,05, die symmetrisch um den Bezug A herum liegen, siehe Bild 160.

ANMERKUNG Mit dem Spezifikationselement SZ sind die Winkel zwischen den Toleranzzonen für die acht Einschnitte nicht fixiert. Wenn stattdessen das Spezifikationselement CZ verwendet worden wäre, wären die Toleranzzonen in 45°-Intervallen fixiert.



- a Bezug A

**Bild 160 — Definition der Positionstoleranzzone**

### 17.13.5 Positionsspezifikation einer ebenen Fläche

In Bild 161 muss die extrahierte Fläche zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand 0,05 liegen, die symmetrisch zum theoretisch exakten Ort der Fläche, bezogen auf die Bezugsebene A und die Bezugsachse B, liegen.

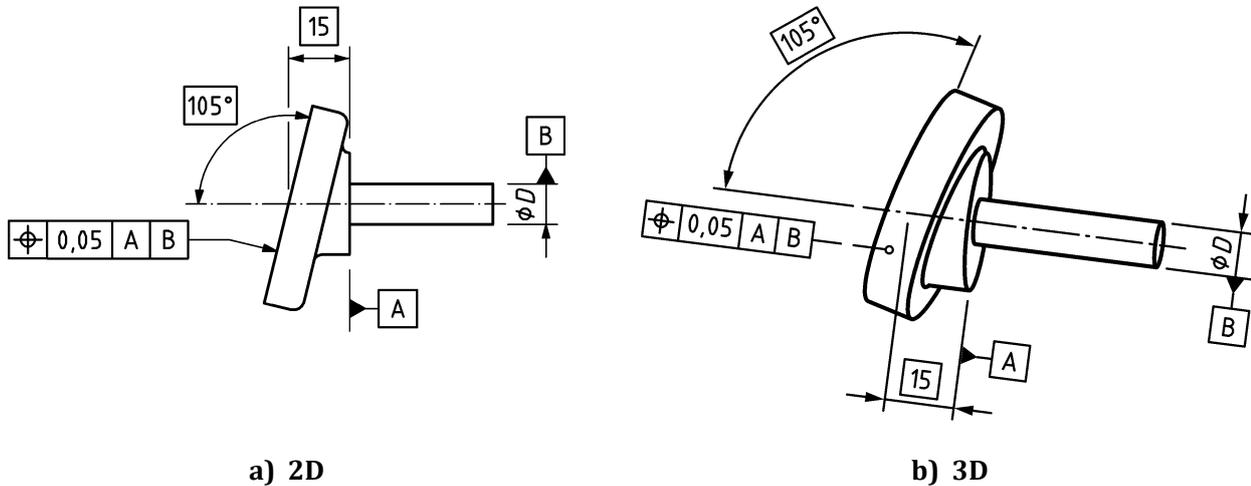
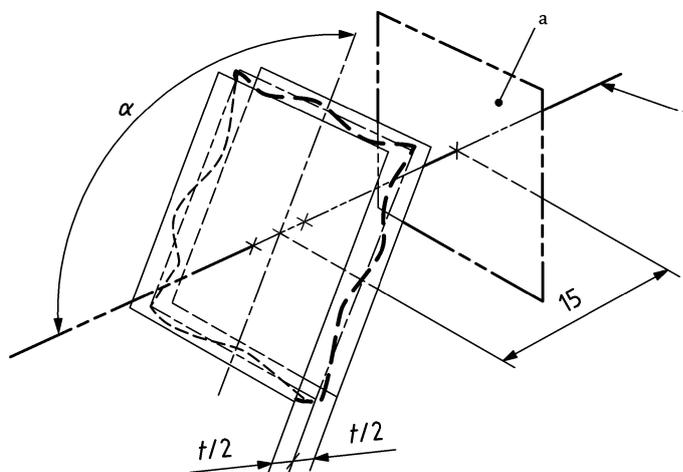


Bild 161 — Positionsangabe

Die durch die Spezifikation in Bild 161 festgelegte Toleranzzone wird durch zwei parallele Ebenen vom Abstand  $t$  begrenzt, die symmetrisch zum theoretisch exakten Ort liegen, wobei der Ort durch theoretisch exakte Maße zu den Bezügen A und B festgelegt ist, siehe Bild 162.



- a Bezug A
- b Bezug B

Bild 162 — Definition der Positionstoleranzzone

## 17.14 Konzentritäts- und Koaxialitätsspezifikation

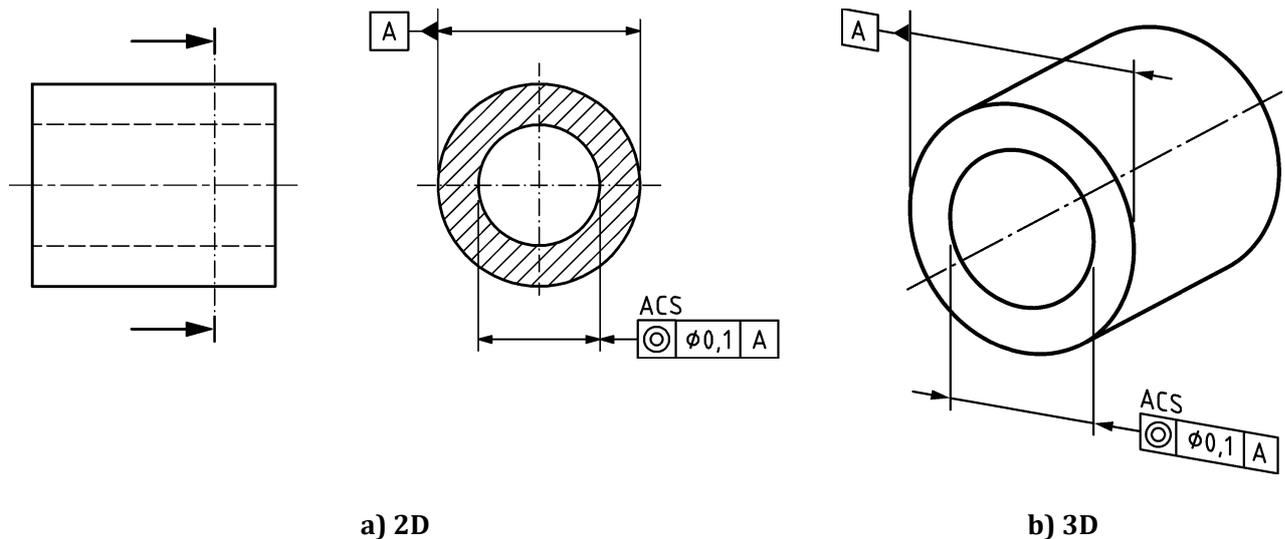
### 17.14.1 Allgemeines

Das tolerierte Geometrieelement ist ein abgeleitetes Geometrieelement. Das tolerierte nominale Geometrieelement ist seiner Beschaffenheit und Form nach ein Punkt, eine Gruppe von Punkten oder eine gerade Linie. Wenn das angegebene Geometrieelement nominell eine gerade Linie ist, so muss der Modifikator ACS angegeben werden, falls das tolerierte Geometrieelement eine Gruppe von Punkten ist. In

diesem Fall ist der Bezug für jeden Punkt auch ein Punkt im selben Querschnitt. Die zwischen dem tolerierten nominalen Geometrieelement und den Bezügen fixierten Winkel- und Längenmaße müssen durch implizite TEDs definiert werden.

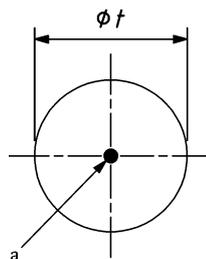
### 17.14.2 Konzentritätsspezifikation eines Punktes

In Bild 163 muss der extrahierte Mittelpunkt des Innenkreises in jedem Querschnitt innerhalb eines Kreises vom Durchmesser 0,1 liegen, welcher konzentrisch zum im selben Querschnitt definierten Bezugspunkt A ist.



**Bild 163 — Konzentritätsangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 163 festgelegte Toleranzzone wird durch einen Kreis vom Durchmesser  $t$  begrenzt; dem Toleranzwert muss das Symbol  $\varnothing$  vorangestellt sein. Der Mittelpunkt der kreisförmigen Toleranzzone stimmt mit dem Bezugspunkt überein, siehe Bild 164.

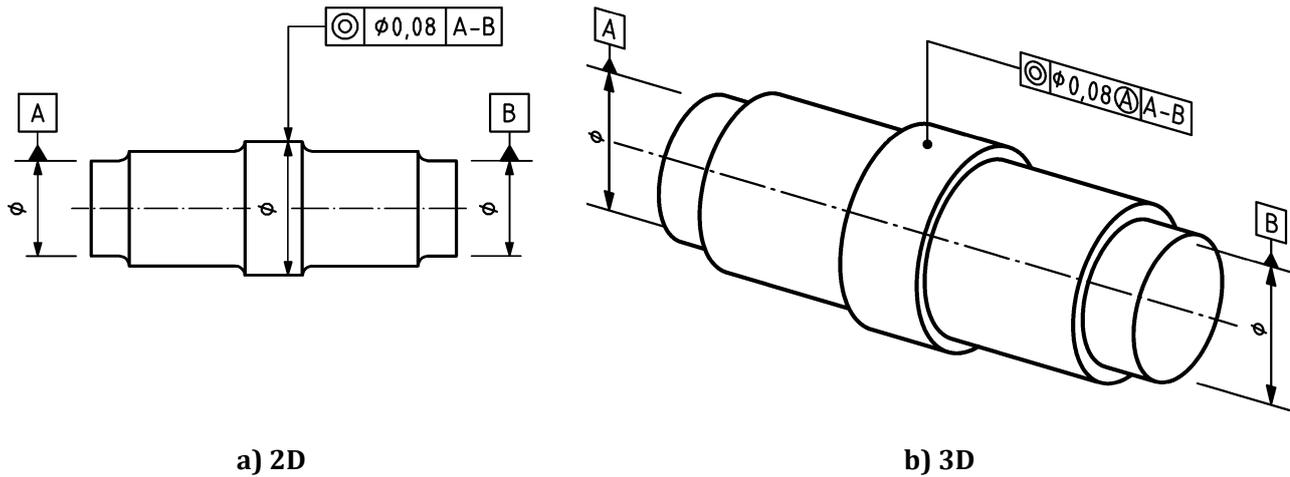


a Bezugspunkt A.

**Bild 164 — Definition der Konzentritätstoleranzzone**

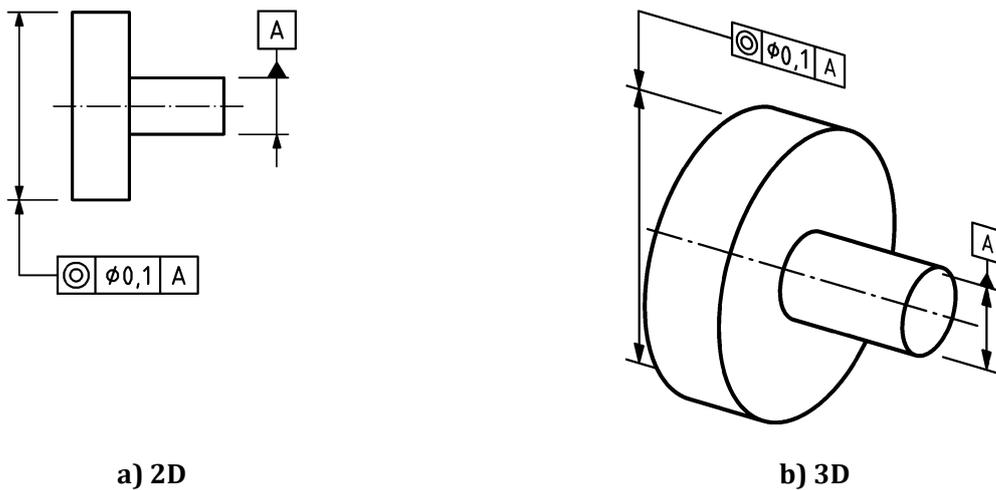
### 17.14.3 Koaxialitätsspezifikation einer Achse

In Bild 165 muss die extrahierte Mittellinie des tolerierten Zylinders innerhalb einer zylindrischen Zone vom Durchmesser 0,08 liegen, deren Achse die gemeinsame Bezugsgerade A-B ist.



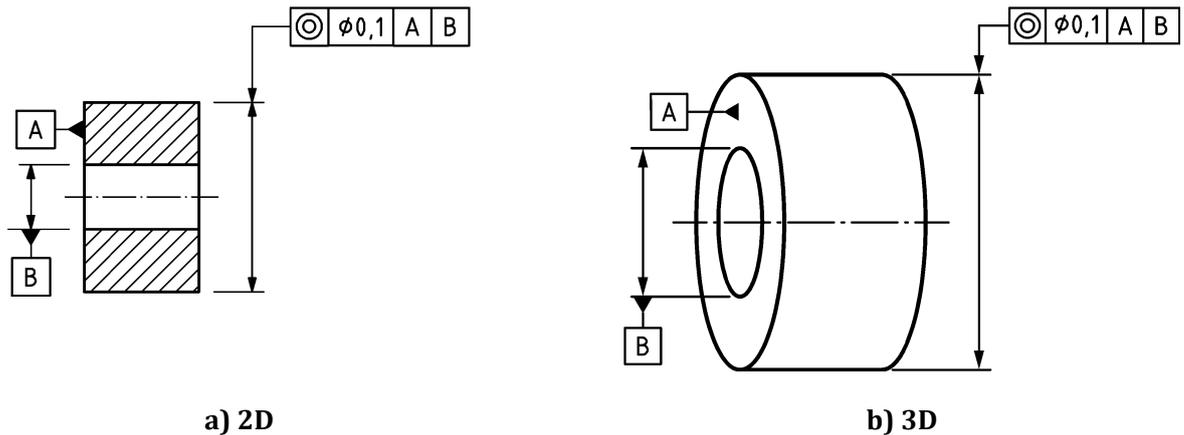
**Bild 165 — Koaxialitätsangabe**

In Bild 166 muss die extrahierte Mittellinie des tolerierten Zylinders innerhalb einer zylindrischen Zone vom Durchmesser 0,1 liegen, deren Achse die Bezugsachse A ist.



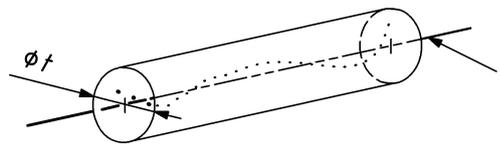
**Bild 166 — Koaxialitätsangabe**

In Bild 167 muss die extrahierte Mittellinie des tolerierten Zylinders innerhalb einer zylindrischen Zone vom Durchmesser 0,1 liegen, deren Achse die Bezugsachse B ist, die rechtwinklig zur Bezugsebene A steht.



**Bild 167 — Koaxialitätsangabe**

Die durch die Spezifikationen in Bild 165, Bild 166 und Bild 167 festgelegten Toleranzzonen werden durch einen Zylinder mit einem Durchmesser gleich dem Toleranzwert begrenzt, da ihm das Symbol  $\varnothing$  vorangestellt ist. Die Achse der zylindrischen Toleranzzone stimmt mit dem Bezug überein, siehe Bild 168.



- a Bezug A-B (Bild 165) oder  
Bezug A (Bild 166) oder  
sekundärer Bezug B, rechtwinklig zum primären Bezug A (nicht dargestellt) (Bild 167).

**Bild 168 — Definition der Koaxialitätstoleranzzone**

## 17.15 Symmetriespezifikation

### 17.15.1 Allgemeines

Das tolerierte Geometrieelement ist entweder ein integrales oder ein abgeleitetes Geometrieelement. Das tolerierte nominale Geometrieelement ist seiner Beschaffenheit und Form nach ein Punkt, eine Gruppe von Punkten, eine gerade Linie, eine Gruppe von geraden Linien oder eine ebene Fläche. Handelt es sich bei dem angegebenen Geometrieelement um eine nominell ebene Fläche, so muss ein Schnittebenen-Indikator angegeben werden, falls das tolerierte Geometrieelement eine Gruppe von geraden Linien in der Fläche ist. Handelt es sich bei dem angegebenen Geometrieelement nominell um eine gerade Linie, so muss das Spezifikationselement ACS angegeben werden, falls das tolerierte Geometrieelement eine Gruppe von Punkten auf der Linie ist. In diesem Fall ist der Bezug für jeden Punkt auch ein Punkt im selben Querschnitt. Im Toleranzindikator muss mindestens ein Bezug angegeben sein, der eine nicht-redundante Translation der Toleranzzone fixiert. Die zwischen dem tolerierten nominalen Geometrieelement und den Bezügen fixierten Winkel- und Längenmaße werden durch implizite TEDs definiert.

Eine Symmetriespezifikation kann in allen Fällen angewendet werden, bei denen eine Positionsspezifikation angewendet werden kann, vorausgesetzt alle maßgebenden linearen TEDs sind gleich Null.

### 17.15.2 Symmetriespezifikation einer Mittelebene

In Bild 169 muss die extrahierte Mittelfläche zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand 0,08 liegen, die symmetrisch zur Bezugsfläche A liegen.

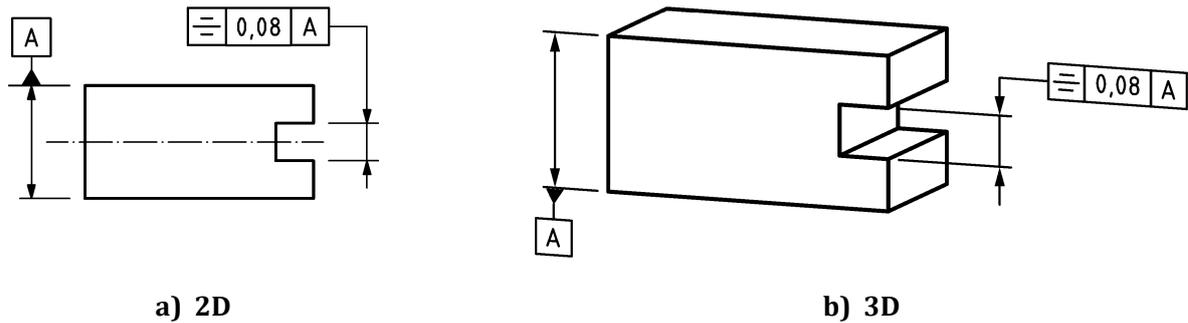


Bild 169 — Symmetrieangabe

In Bild 170 muss die extrahierte Mittelfläche zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand 0,08 liegen, die symmetrisch zur gemeinsamen Bezugsebene A-B liegen.

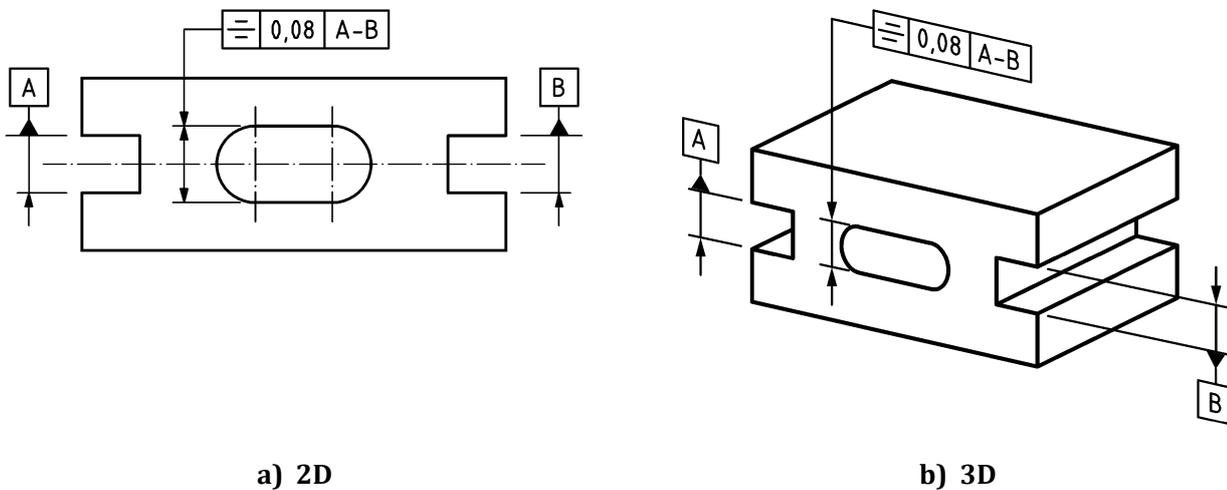
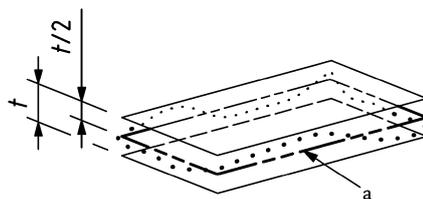


Bild 170 — Symmetrieangabe

Die durch die Spezifikationen in Bild 169 und Bild 170 festgelegten Toleranzzonen werden durch zwei hinsichtlich des Bezugs zur Mittelebene symmetrisch liegende parallele Ebenen vom Abstand 0,08 begrenzt, siehe Bild 171.



a Bezug A

Bild 171 — Definition der Symmetrietoleranzzone

## 17.16 Rundlaufspezifikation

### 17.16.1 Allgemeines

Das tolerierte Geometrieelement ist ein integrales Geometrieelement. Die Beschaffenheit und Form des tolerierten nominalen Geometrieelements sind explizit als kreisförmige Linie oder als eine Gruppe von kreisförmigen Linien angegeben, bei denen es sich um lineare Geometrieelemente handelt.

### 17.16.2 Rundlaufspezifikation – Radial

In Bild 172 muss die extrahierte Linie in jeder Querschnittsebene rechtwinklig zur Bezugsachse A zwischen zwei konzentrischen und in derselben Ebene befindlichen Kreisen vom radialen Abstand 0,1 liegen<sup>N1)</sup>.

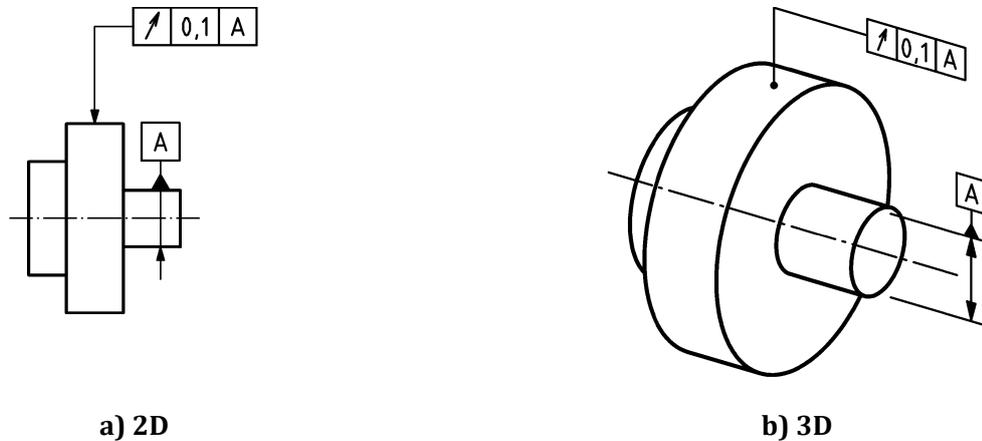


Bild 172 — Rundlaufangabe

In Bild 173 muss die extrahierte Linie in jedem Querschnitt parallel zur Bezugsebene B zwischen zwei zur Bezugsachse A konzentrischen und in derselben Ebene befindlichen Kreisen vom radialen Abstand 0,1 liegen<sup>N1)</sup>.

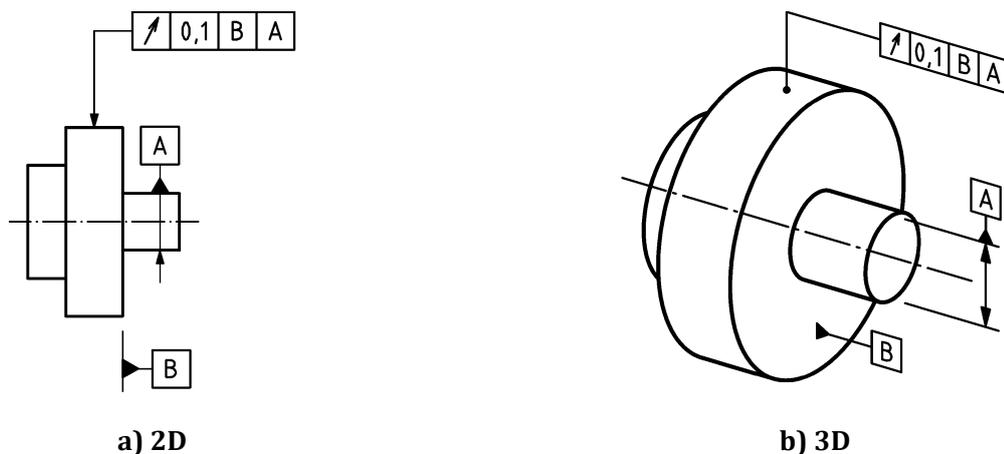
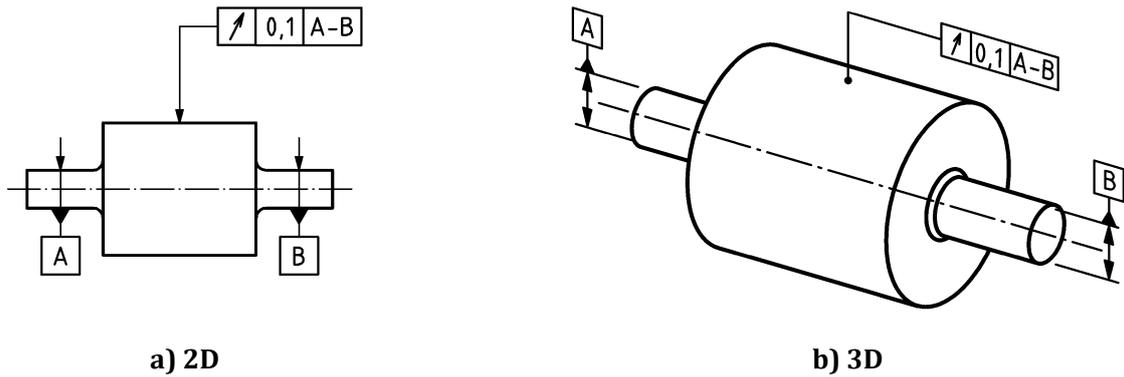


Bild 173 — Rundlaufangabe

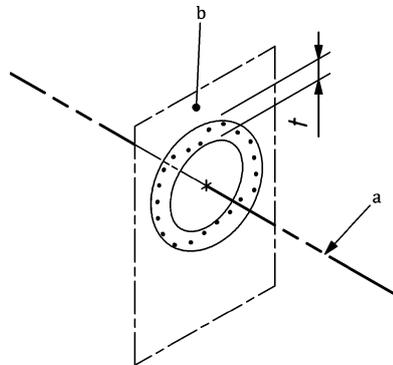
In Bild 174 muss die extrahierte Linie in jedem Querschnitt rechtwinklig zur gemeinsamen Bezugsgeraden A-B zwischen zwei konzentrischen und in derselben Ebene befindlichen Kreisen vom radialen Abstand 0,1 liegen<sup>N1)</sup>.

N1) Nationale Fußnote: siehe Bild 175.



**Bild 174 — Rundlaufangabe**

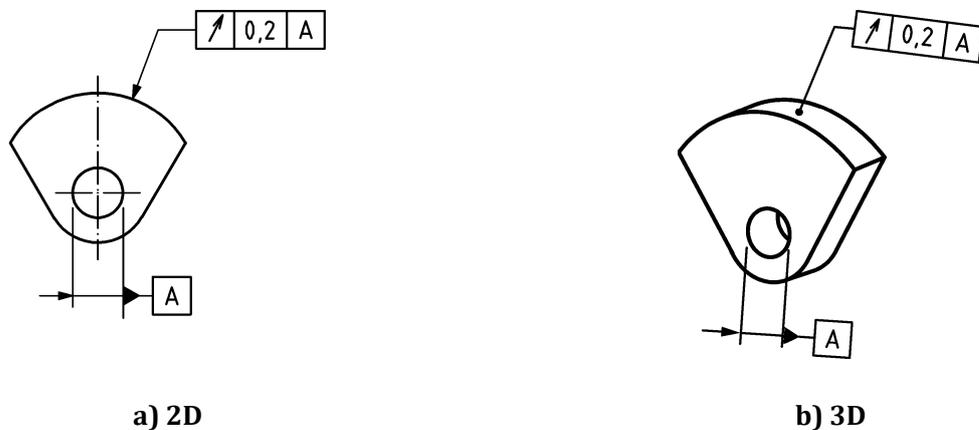
Die durch die Spezifikationen in Bild 172, Bild 173 und Bild 174 festgelegten Toleranzzonen werden in jedem Querschnitt rechtwinklig zur Bezugsachse von zwei konzentrischen Kreisen vom radialen Abstand 0,1 begrenzt, deren Mittelpunkte mit dem Bezug übereinstimmen, siehe Bild 175.



- a Bezug A (Bild 172)  
Sekundärer Bezug A rechtwinklig zu Bezug B (Bild 173)  
Bezug A-B (Bild 174)
- b Querschnittebene rechtwinklig zu Bezug A (Bild 172)  
Querschnittebene parallel zu Bezug B (Bild 173)  
Querschnittebene rechtwinklig zu Bezug A-B (Bild 174)

**Bild 175 — Definition der Rundlauf toleranzzone**

In Bild 176 muss die extrahierte Linie in jeder Querschnittebene rechtwinklig zur Bezugsachse A zwischen zwei konzentrischen und in derselben Ebene befindlichen Kreisen vom radialen Abstand 0,2 liegen.



**Bild 176 — Rundlaufangabe**

### 17.16.3 Rundlaufspezifikation – Axial

In Bild 177 muss die extrahierte Linie in jedem zylindrischen Schnitt, dessen Achse mit der Bezugsachse D übereinstimmt, zwischen zwei Kreisen vom axialen Abstand 0,1 liegen.

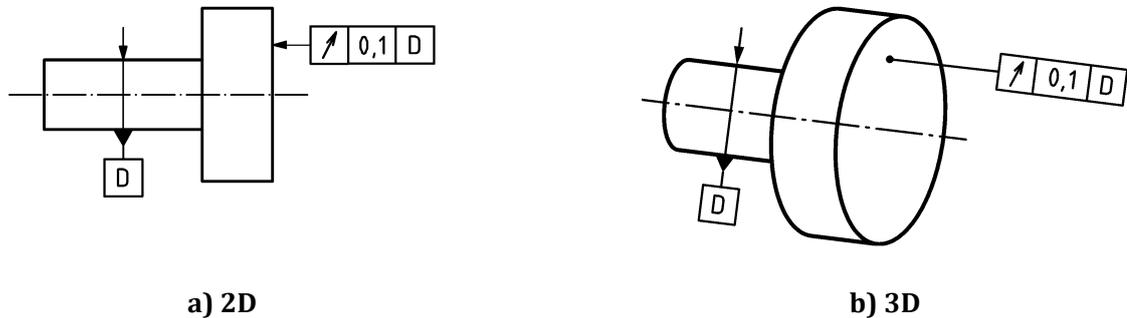
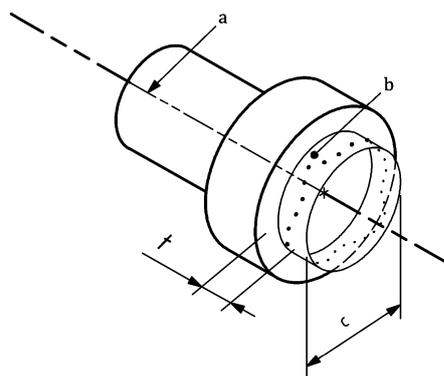


Bild 177 — Rundlaufangabe

Die durch die Spezifikation in Bild 177 festgelegte Toleranzzone wird in jedem zylindrischen Schnitt, dessen Achse mit dem Bezug übereinstimmt, von zwei Kreisen vom axialen Abstand 0,1 begrenzt, die in dem zylindrischen Schnitt liegen, siehe Bild 178.

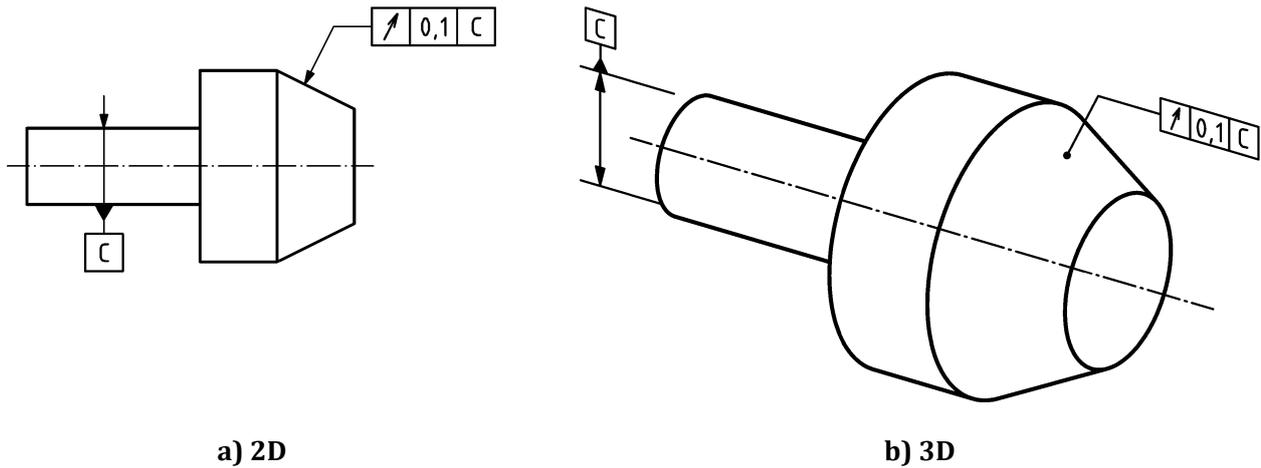


- a Bezug D
- b Toleranzzone
- c jeder Durchmesser koaxial mit Bezug D

Bild 178 — Definition der Rundlauf toleranzzone

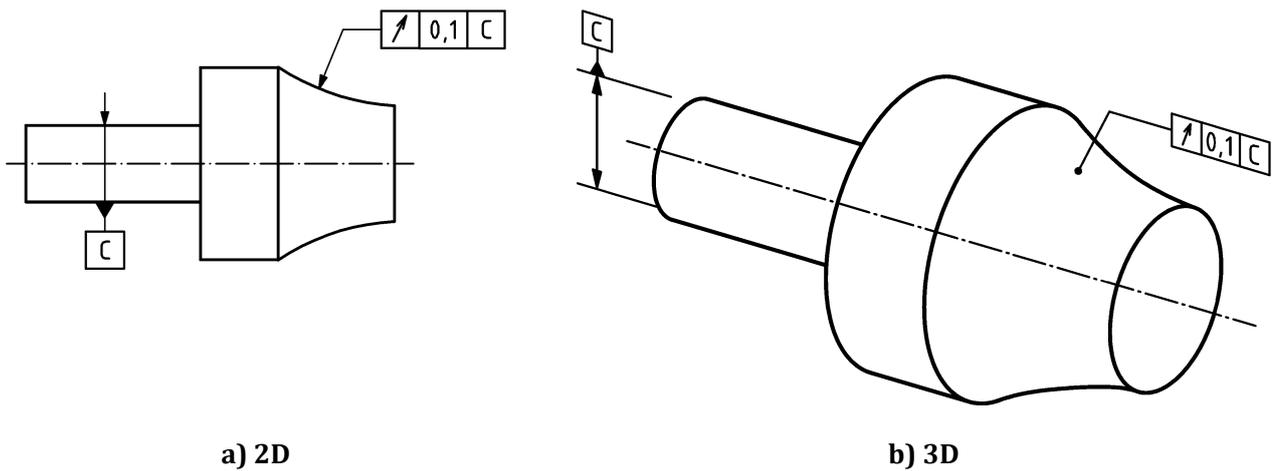
### 17.16.4 Rundlauf toleranz in beliebiger Richtung

In Bild 179 muss die extrahierte Linie in jedem kegeligen Schnitt, dessen Öffnungswinkel so ist, dass der Schnitt rechtwinklig zum tolerierten Geometrie element ist, und dessen Achse mit der Bezugsachse C übereinstimmt, zwischen zwei Kreisen innerhalb des kegeligen Schnittes mit einem Abstand von 0,1 liegen.



**Bild 179 — Rundlaufangabe**

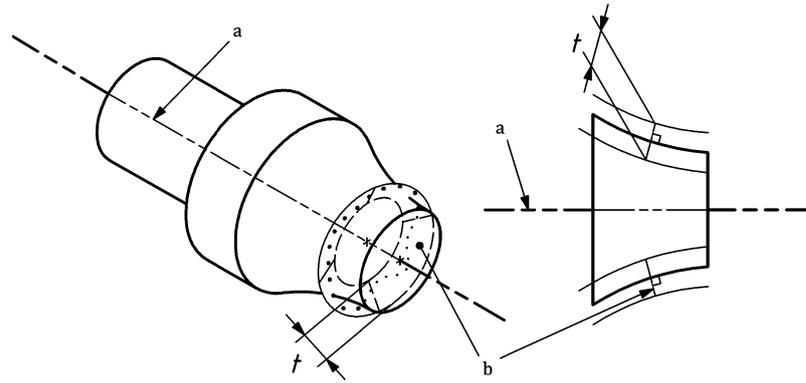
Wenn die Mantellinie des tolerierten Geometrieelementes nominell keine Gerade ist, wie in Bild 180, ändert sich der Öffnungswinkel des kegeligen Schnitts entsprechend der Ist-Position, damit der Schnitt rechtwinklig zum tolerierten Geometrieelement bleibt.



**Bild 180 — Rundlaufangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 180 festgelegte Toleranzzone wird in jedem kegeligen Schnitt, dessen Achsen mit dem Bezug übereinstimmen, von zwei Kreisen vom Abstand 0,1 begrenzt, siehe Bild 181.

Solange nichts anderes angegeben ist, ist die Weite der Toleranzzone rechtwinklig zur spezifizierten Geometrie.

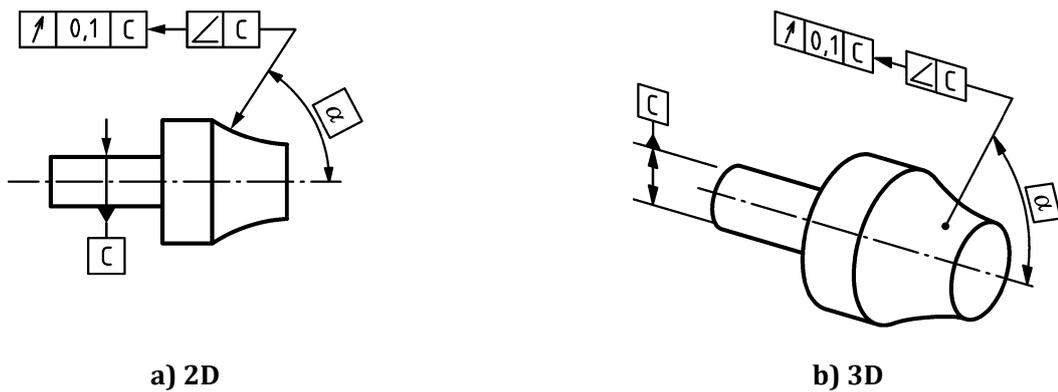


- a Bezug C
- b Toleranzzone

**Bild 181 — Definition der Rundlauftoleranzzone**

### 17.16.5 Rundlaufspezifikation in spezifizierter Richtung

In Bild 182 muss die extrahierte Linie in jedem kegeligen Schnitt, der einem Richtungselement entspricht (Winkel  $\alpha$ ), zwischen zwei Kreisen mit einem Abstand von 0,1 innerhalb des kegeligen Schnittes liegen.

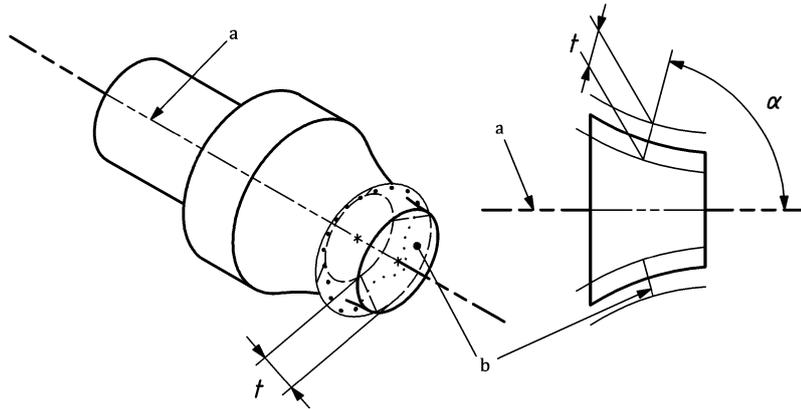


a) 2D

b) 3D

**Bild 182 — Rundlaufangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 182 festgelegte Toleranzzone wird in jedem kegeligen Schnitt mit dem spezifizierten Winkel von zwei Kreisen vom Abstand  $t$  begrenzt, wobei die Achsen mit dem Bezug übereinstimmen, siehe Bild 183.



- a Bezug C.
- b Toleranzzone.

**Bild 183 — Definition der Rundlauftoleranzzone**

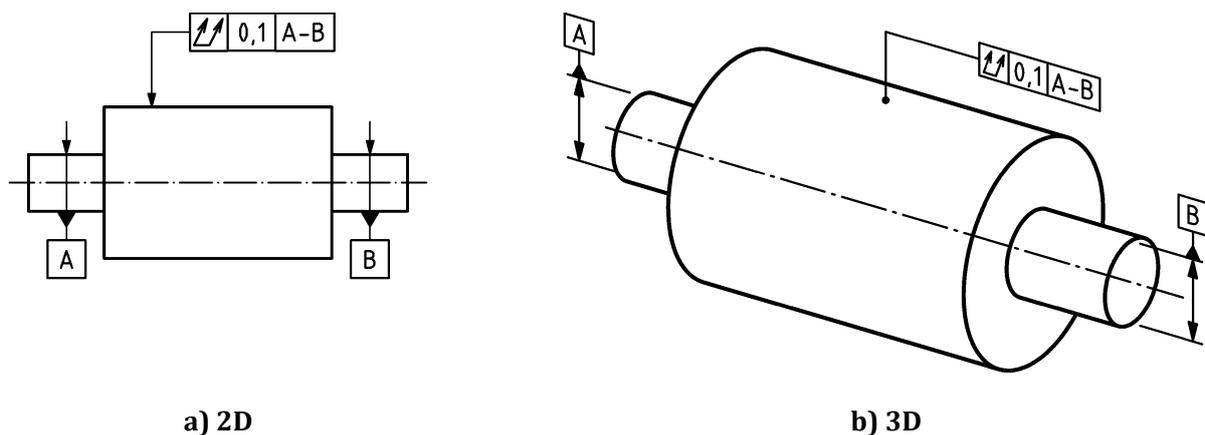
## 17.17 Gesamtrundlaufspezifikation

### 17.17.1 Allgemeines

Das tolerierte Geometrieelement ist ein integrales Geometrieelement. Die Beschaffenheit und Form des tolerierten nominalen Geometrieelements ist eine ebene Fläche oder eine zylindrische Fläche. Die Toleranzzone behält die Nennform des tolerierten Geometrieelements bei, aber bei einer zylindrischen Fläche ist das radiale Maß nicht eingeschränkt.

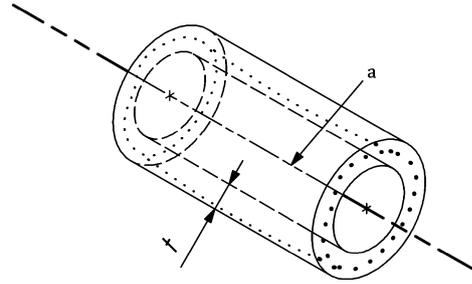
### 17.17.2 Gesamtrundlaufspezifikation – Radial

In Bild 184 muss die extrahierte Fläche zwischen zwei coaxialen Zylindern vom radialen Abstand 0,1 liegen, deren Achse mit der gemeinsamen Bezugsgeraden A-B übereinstimmt.



**Bild 184 — Gesamtrundlaufangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 184 festgelegte Toleranzzone wird begrenzt von zwei coaxialen Zylindern vom radialen Abstand  $t$ , deren Achse mit dem Bezug übereinstimmt, siehe Bild 185.



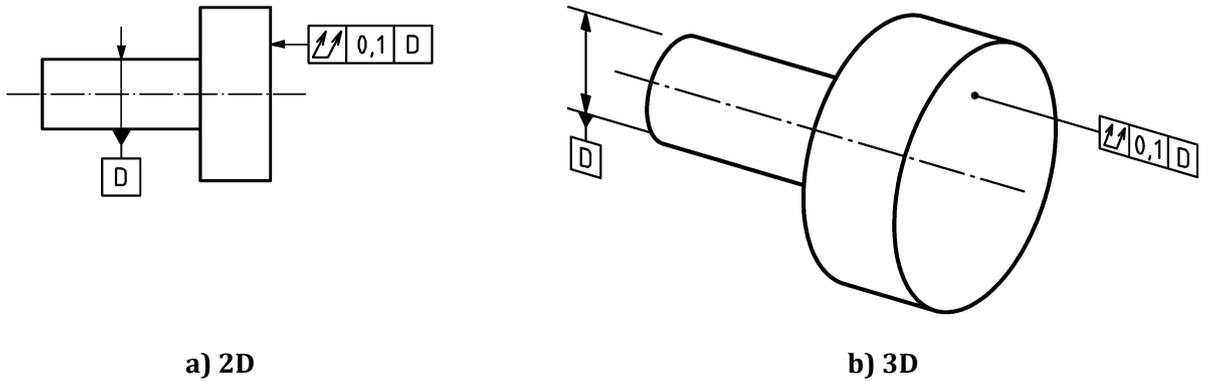
a gemeinsamer Bezug A-B

**Bild 185 — Definition der Gesamtrundlauf toleranzzone**

### 17.17.3 Gesamtrundlaufspezifikation - Axial

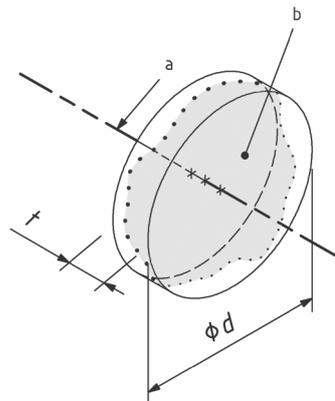
In Bild 186 muss die extrahierte Fläche zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand 0,1 liegen, die rechtwinklig zur Bezugsachse D sind.

ANMERKUNG Eine Rechtwinkligkeitsspezifikation hätte dieselbe Bedeutung.



**Bild 186 — Gesamtrundlaufangabe**

Die durch die Spezifikation in Bild 186 festgelegte Toleranzzone wird begrenzt von zwei parallelen Ebenen vom Abstand 0,1, die rechtwinklig zum Bezug liegen, siehe Bild 187.



a Bezug D  
b extrahierte Fläche

**Bild 187 — Definition der Gesamtrundlauf toleranzzone**

## Anhang A (informativ)

### Überholte und frühere Praktiken

#### A.1 Allgemeines

Dieser Anhang beschreibt frühere Verfahrensweisen, die weggelassen wurden und nicht mehr angewendet werden. Deshalb sind sie kein Bestandteil dieses Dokuments und sollten ausschließlich zu Informationszwecken verwendet werden.

#### A.2 Überholte Praxis von ISO 1101:2012

Die folgenden Zeichnungseintragungen wurden in ISO 1101:2012 beschrieben. Sie können noch immer verwendet werden, aber es wird erwartet, dass sie nach und nach auslaufen.

**A.2.1** Die Praxis, zur Bestimmung der Schnittebene auf die Zeichnungsebene zu setzen, z. B. für eine Geradheitstoleranz, wurde geändert, um gleichartige Angaben in 2D und 3D zu haben. Zu den bevorzugten Angaben siehe Bild 90, Bild 104, Bild 106 und Bild 122.

**A.2.2** Das LE-Spezifikationselement wird verwendet, um anzuzeigen, dass die Spezifikation einzeln für die betreffenden Linienelemente gilt, siehe Bild A.1. Dieses Spezifikationselement wurde überholt, da die Verwendung eines Schnittebenen-Indikators LE überflüssig macht. Zur bevorzugten Angabe, siehe Bild 122.

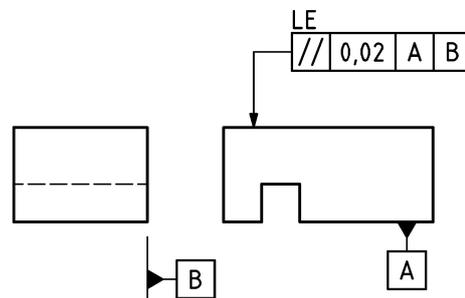


Bild A.1

**A.2.3** Bei einer "Rundum"-Spezifikation in 2D kann der Kollektionsebenen-Indikator weggelassen werden, siehe Bild A.2 und stattdessen auf eine Zeichnungsebene zurückgegriffen werden, um die Kollektionsebene zu bestimmen. Diese Praxis wurde geändert, um die Praktiken zwischen 2D und 3D anzupassen. Zur bevorzugten Angabe, siehe Bild 53.

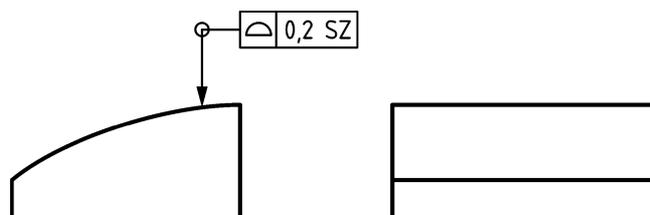
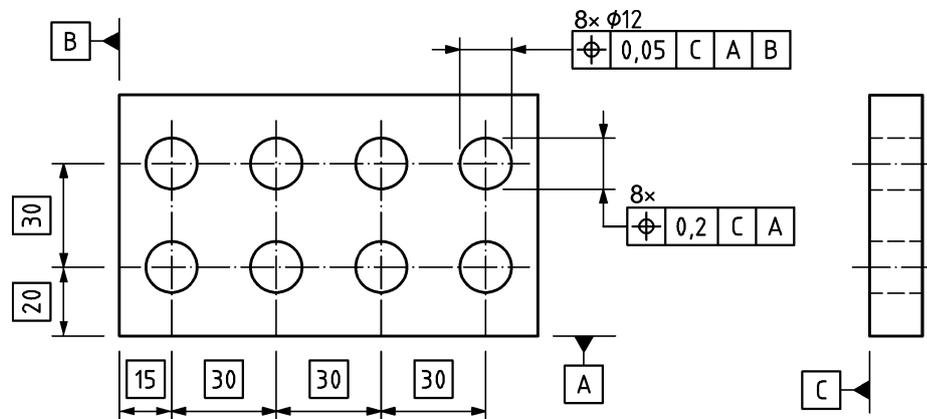


Bild A.2

**A.2.4** Bei einer 2D-Spezifikation können Orientierungsebenen-Indikatoren weggelassen werden und stattdessen auf die Richtung der Maßlinie zurückgegriffen werden, um die Richtung der Toleranzzone zu bestimmen, siehe Bild A.3. Diese Praxis wurde geändert, um die Praktiken zwischen 2D und 3D anzupassen. Zur bevorzugten Angabe mit äquivalenter Bedeutung, siehe Bild 152 a).



**Bild A.3**

### A.3 Frühere Praxis von ISO 1101:2012

Die folgenden Zeichnungseintragungen wurden in ISO 1101:2012 beschrieben. Ihre Verwendung in der Praxis hat gezeigt, dass ihre Auslegung nicht eindeutig war. Daher sollten diese Zeichnungseintragungen nicht mehr verwendet werden.

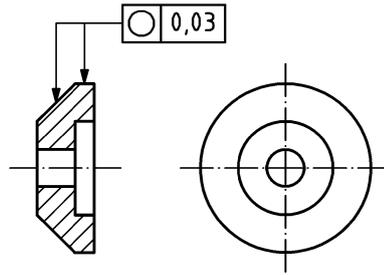
**A.3.1** Es war früher üblich, das NC-Spezifikationselement zu verwenden, um anzuzeigen, dass das tolerierte Geometrieelement „nicht-konvex“ sein sollte, siehe Bild A.4. Dieses Spezifikationselement wird nicht mehr verwendet, weil nicht eindeutig daraus hervorgeht, was exakt ein nicht-konvexes Geometrieelement ist, d. h. wie nahe an der Kante des Geometrieelements eine Ebene dieses Geometrieelement berühren sollte, damit dieses als nicht-konvex gilt. In diesem Dokument gibt es keinen Ersatz für diese Angabe, da es sich um einen qualitativen Begriff handelt. Erforderlichenfalls kann die Angabe in Form einer Anmerkung auf der Zeichnung ergänzt werden.



**Bild A.4**

**A.3.2** Es war früher üblich, das „von ... bis“-Symbol „→“ zu verwenden, um anzugeben, dass der Toleranzwert entlang des tolerierten Geometrieelements variabel war. Weil die Spezifikation ohne das gesonderte „von ... bis“-Symbol nicht eindeutig war, wurde die Praxis geändert, so dass nunmehr in allen Fällen, in denen eine Toleranz entweder für einen eingeschränkten Teil eines Geometrieelements gilt oder der Toleranzwert variabel ist, das „Zwischen“-Symbol „↔“ in Verbindung mit den Buchstaben zur Kennzeichnung von Anfang und Ende des tolerierten Geometrieelements verwendet wird. Zur gegenwärtig verwendeten Angabe, siehe Bild 14.

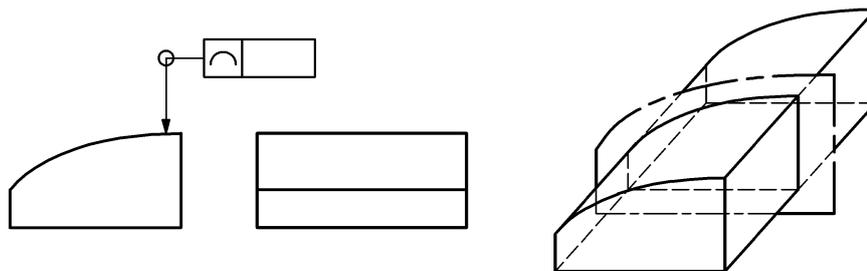
**A.3.3** Es war früher für alle Rotationsflächen üblich, dass die Default-Richtung für Rundheitsspezifikationen rechtwinklig zur assoziierten Achse der Rotationsfläche war, siehe Bild A.5. Das war eine Ausnahme zur allgemeinen Regel, dass geometrische Spezifikationen für integrale Geometrieelemente rechtwinklig zur Fläche gelten. Nun muss stets ein Richtungselement-Indikator angewendet werden, um die Richtung von Rundheitsspezifikationen für Rotationsflächen, die weder zylinderförmig noch kugelförmig sind, anzugeben, wie z. B. für Kegel, siehe Abschnitt 15.



ANMERKUNG Die aktuelle Angabe mit identischer Bedeutung ist in Bild 98 dargestellt.

**Bild A.5**

**A.3.4** In früheren Fassungen dieses Dokuments war es nicht klar, ob eine Spezifikation einer Gruppe von Geometrieelementen, z. B. eine „Rundum“-Toleranz wie in Bild A.6 dargestellt, eine Gruppe von Toleranzzonen erzeugt hat, die für jedes gekennzeichnete Geometrieelement einzeln gelten, wie es in diesem Dokument in 9.1.2, siehe Bild 53, ausdrücklich festgelegt ist, oder ob dadurch eine gemeinsame Zone erzeugt wird, die für alle tolerierten Geometrieelemente gilt, siehe Bild 51. Daher war es früher in einigen Ländern und Unternehmen üblich, eine Spezifikation einer Gruppe von Geometrieelementen, bei der die „Rundum“-Angabe verwendet wurde, als Festlegung einer gemeinsamen Zone auszulegen, die für alle tolerierten Geometrieelemente gilt und diese in Orientierung und Lage zueinander fixiert.



**Bild A.6**

**A.3.5** Es war früher üblich, eine Profilspezifikation so auszulegen, dass sie „von Kante zu Kante“ gilt und die Spezifikation so zu betrachten, als würde ein vereinigt Geometrieelement, UF, angezeigt, selbst wenn das Geometrieelemente-Prinzip verletzt, siehe ISO 8015, und auch wenn nicht eindeutig festgelegt war, was genau eine Kante umfasst, siehe Bild A.7. Zur aktuellen Angabe dieser Bedeutung, siehe Bild 104.

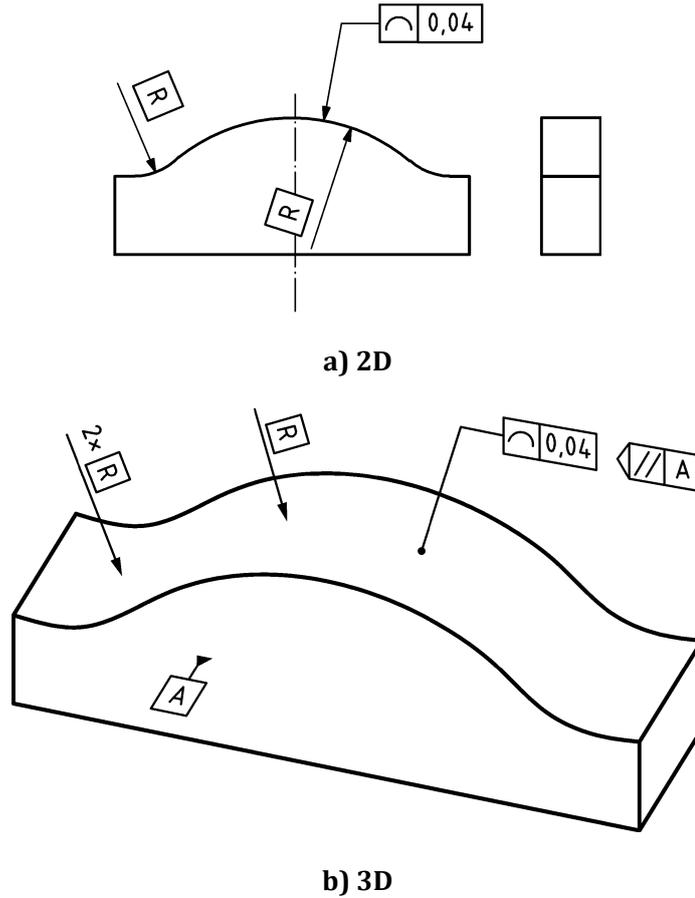


Bild A.7

**A.3.6** Es war früher im Falle einer Spezifikation für einen Mittelpunkt oder eine Mittellinie in eine Richtung üblich, dass der Pfeil der Hinweislinie die Richtung der Toleranzzone angeben hat, in manchen Fällen kombiniert mit einem sekundären Bezug, siehe Bilder A.8 bis A.11.

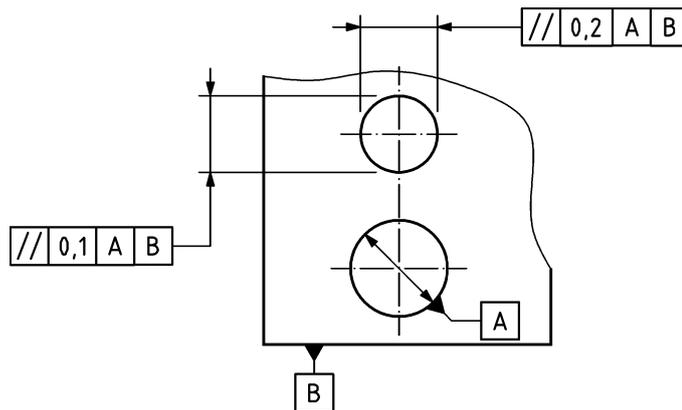


Bild A.8

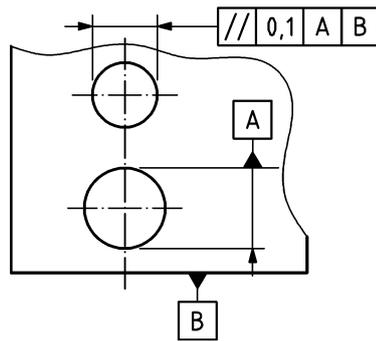


Bild A.9

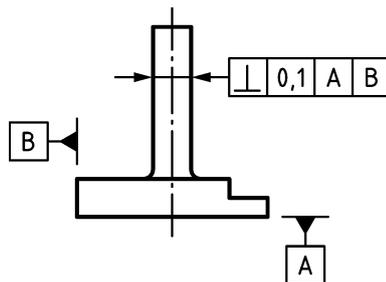


Bild A.10

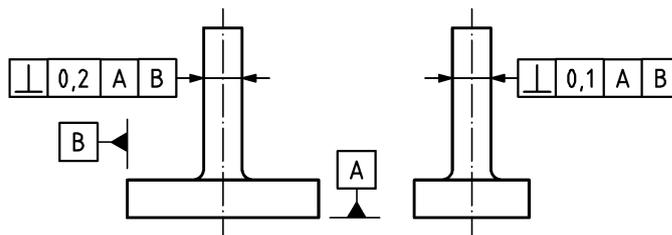


Bild A.11

Das ist in 2D-Darstellungen nicht genau und in 3D-Darstellungen nicht eindeutig. Die gegenwärtig verwendete Zeichnungseintragung mit der identischen Bedeutung ist in Bild 116, Bild 114, Bild 130 bzw. Bild 132 dargestellt.

**A.3.7** Es war früher üblich, sich z. B. hinsichtlich der Merkmale von Messgeräten, der Abtastungsdichte und von Filtereinstellungen zur Begrenzung der Schwankungen der Ergebnisse bei der Verifikation in Ermangelung expliziter Filterspezifikationen auf die unter Messtechnikern übliche Praxis zu verlassen. Da sich jedoch unterschiedliche Messtechniker unterschiedlich entschieden haben, führte das zu einer Schwankung der Ergebnisse und daher dazu, dass die Spezifikation nicht eindeutig war. Wenn derartige Schwankungen übermäßig stark waren oder die Funktion des Werkstücks beeinflusst haben, wurden üblicherweise Anmerkungen in der Zeichnung gemacht oder Inspektionsanweisungen gegeben, um die Schwankungen zu begrenzen. Dieses Dokument führt Modifikatoren zur Angabe der Filterung ein, siehe 8.2.2.2.1 und Anhänge C und E.

**A.3.8** Es war früher üblich, einen Bezug auf einem zylindrischen Teil, wie in Bild A.12 und Bild A.13 dargestellt, anzugeben. Diese Angaben sind nicht eindeutig und sollten vermieden werden. In einigen Ländern und Unternehmen wurde bei Bild A.12 ausgelegt, dass die Bohrung das Bezugselement ist, und bei Bild A.13 wurde interpretiert, dass der Außendurchmesser der Welle als Bezugselement gilt. In anderen Ländern und Unternehmen wurde interpretiert, dass die Mantellinie das Bezugselement ist.

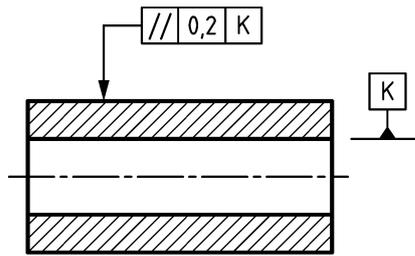


Bild A.12

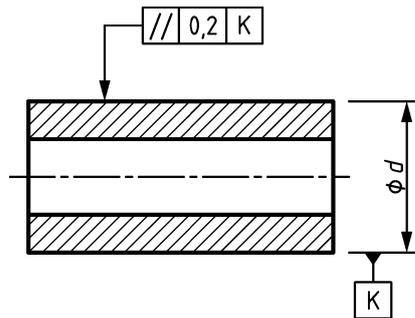


Bild A.13

Formal betrachtet ist die Syntax der Angaben nicht korrekt. Wenn das zylindrische Geometrieelement als Bezugselement vorgesehen ist, muss der Bezugsindikator an einer Maßlinie ausgerichtet sein. Wenn die Mantellinie als Bezugselement vorgesehen ist, so ist sie als eine Bezugsstelle (Referenzlinie) einzutragen, da das Geometrieelement-Prinzip besagt, dass ein Eintrag sich auf das gesamte identifizierte Geometrieelement bezieht, sofern nichts anderes spezifiziert ist. Zu den aktuellen Regeln zur Angabe von Bezugselementen, siehe ISO 5459.

**A.3.9** Es war früher üblich, für eine Spezifikation unter Verwendung des UZ-Spezifikationselements den Versatz in eckigen Klammern mit anzugeben. Diese Praxis hat sich geändert, da die Spezifikation ohne die eckigen Klammern eindeutig ist. Zur gegenwärtig verwendeten Angabe, siehe Bild 22.

**A.3.10** Das Symbol für die Spezifikation des Linienprofils wurde in früheren Versionen dieses Dokuments „Profil einer beliebigen Linie“ genannt.

Das Symbol für die Spezifikation des Flächenprofils wurde in früheren Versionen dieses Dokuments „Profil einer beliebigen Fläche“ genannt.

#### A.4 Frühere Praxis von ISO 1101:1983

Die folgenden Zeichnungseintragungen wurden in ISO 1101:1983 beschrieben. Ihre Verwendung in der Praxis hat gezeigt, dass ihre Auslegung nicht eindeutig war. Daher sollten diese Zeichnungseintragungen nicht mehr verwendet werden.

**A.4.1** Es war früher üblich, den Toleranzindikator durch eine mit einem Pfeil begrenzte Hinweislinie direkt mit der Achse oder Mittelebene (siehe Bild A.14) oder der gemeinsamen Achse oder Mittelebene (siehe die Bilder A.15 und A.16) zu verbinden, wenn sich die Spezifikation auf solche(s) Geometrieelement(e) bezog. Das wurde als alternatives Verfahren für Eintragungen angewendet, wie sie in den Bildern 4, 5 und 6 dargestellt sind.

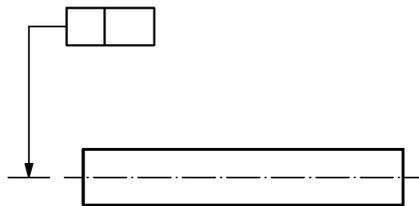


Bild A.14

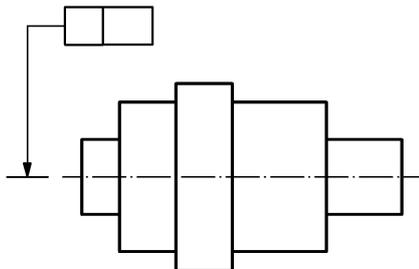


Bild A.15

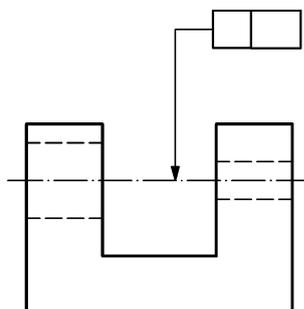


Bild A.16

**A.4.2** Es war früher üblich, das Bezugsdreieck und den Bezugsbuchstaben direkt mit der Achse oder der Mittelebene oder der gemeinsamen Achse oder Mittelebene (siehe Bild A.17) zu verbinden, wenn sich der Bezug auf solche(s) Geometrieelement(e) bezog. Zu den aktuellen Regeln zur Angabe von Bezugselementen, siehe ISO 5459.

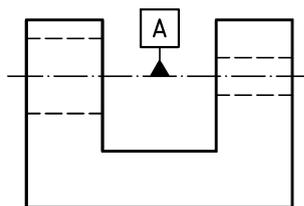


Bild A.17

**A.4.3** Es war früher üblich, Bezugsbuchstaben ohne Nennung irgendeiner Rangordnung anzugeben (siehe Bild A.18). Daher war es nicht möglich, klar zwischen dem primären und dem sekundären Bezug zu unterscheiden. Zu den aktuellen Regeln zur Angabe von Bezugselementen, siehe ISO 5459.

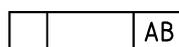
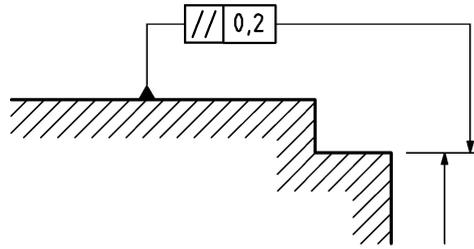
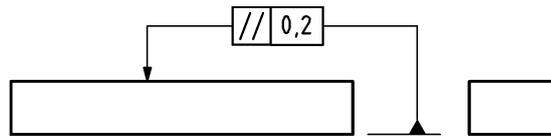


Bild A.18

**A.4.4** Die Verbindung des Toleranzindikators direkt mit dem Bezugsselement mittels einer Hinweislinie (siehe die Bilder A.19 und A.20) war früher übliche Praxis. Die aktuelle Angabe mit ähnlicher Bedeutung ist in Bild 126 dargestellt. Zu den aktuellen Regeln zur Angabe von Bezugsselementen, siehe ISO 5459.

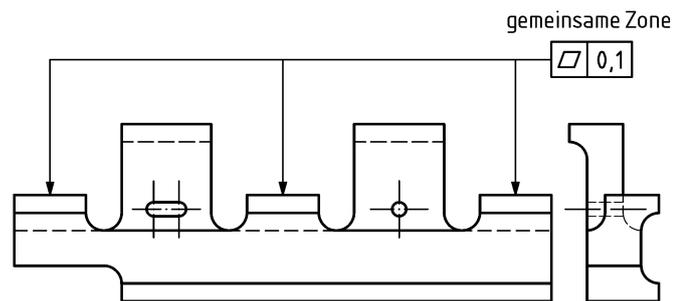


**Bild A.19**



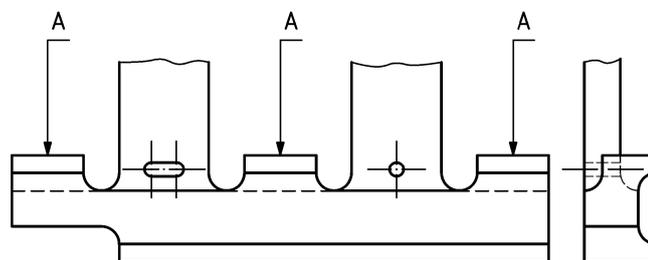
**Bild A.20**

**A.4.5** Es war früher üblich, die Anforderung an die gemeinsame Toleranzzone durch den Begriff „gemeinsame Zone“ nahe am Toleranzindikator einzutragen (siehe Bilder A.21 und A.22). Das wurde als Alternativverfahren zu dem in 8.2.2.1.2 beschriebenen Verfahren angewendet.



**Bild A.21**

3 × A  
gemeinsame Zone  
□ 0,1



**Bild A.22**

## Anhang B (informativ)

### Explizite und implizite Regeln für geometrische Toleranzzonen

#### B.1 Toleranzindikator

Der Toleranzindikator für eine geometrische Spezifikation legt das tolerierte Geometrieelement, das spezifizierte Merkmal sowie die Toleranzzone(n) und die Beziehungen zwischen Toleranzzonen für das (die) tolerierte(n) Geometrieelement(e) und einen Bezug oder ein Bezugssystem fest.

#### B.2 Toleranzzone

Geometrische Toleranzzonen werden anhand des nominalen Modells festgelegt (theoretisch exakte Geometrie). Toleranzzonen werden durch theoretisch exakte Geometrien begrenzt, die anhand von theoretisch exakten Geometrieelementen (TEFs) definiert werden.

#### B.3 Theoretisch exaktes Maß (TED)

TEDs existieren ausschließlich im nominalen Modell.

TED können lineare bzw. Längen-TED (Längeneinheit) oder Winkel-TED (Winkeleinheit) sein.

TEDs können nur für die folgenden Zwecke verwendet werden:

- Verbindung von zwei oder mehr Toleranzzonen;
- Verbindung einer oder mehrerer Toleranzzonen mit einem Bezug oder Bezugssystem;
- Definition eines theoretisch exakten Geometrieelements (TEF);
- Verbindung und Orientierung von Bezugsstellen;
- Ort und Ausdehnung eines eingeschränkten tolerierten Geometrieelements;
- Richtung der Weite der Toleranzzone.

Wenn ein Punkt oder eine Linie auf einer Bezugsachse oder Bezugsebene in der Zeichnung angegeben wird, wird ein impliziter linearer TED-Nullpunkt (0) erzeugt.

Wird ein TED-Muster in der Zeichnung angezeigt, so können implizite Winkel-TEDs von Null (0°) und/oder 90° erzeugt werden, siehe ISO 5458.

Implizite Winkel-TEDs von Null (0°) und 90° werden auch für die Beziehung zwischen einer Toleranzzone (vom Typ zwei parallele Ebenen und vom Typ Zylinder) und den Ebenen und Achsen eines Bezugs oder Bezugssystems erzeugt, falls keine anderen TED-Winkel in der Zeichnung angegeben sind und die Spezifikation sich auf diese Bezüge bezieht.

Implizite Winkel-TEDs (360°/Anzahl der Toleranzzonen) werden zwischen Toleranzzonen erzeugt, die in der Zeichnung als gleichmäßig über einen Kreis verteilt angegeben sind.

## B.4 Muster

Ein Muster enthält eine oder mehrere Toleranzzonen, die durch TED(s) verbunden sind, siehe ISO 5458.

Die Teile eines Musters müssen eindeutig identifiziert werden (z. B. 4×, usw.).

## B.5 Theoretisch exaktes Geometrieelement (TEF)

Die Form des theoretisch exakten Geometrieelements (TEF) für ein toleriertes Geometrieelement wird implizit durch die Zeichnungsansicht(en) oder das CAD-Modell definiert. Die Maße des TEF werden durch implizite und/oder explizite TEDs oder andere Hilfsmittel, z. B. Formeln, Tabellen und Interpolationsalgorithmen, CAD-Daten usw., definiert.

## B.6 Beziehungen zwischen theoretisch exakten Geometrieelementen

Beziehungen zwischen zwei oder mehr theoretisch exakten Geometrieelementen werden durch implizite oder explizite TED(s) oder beides festgelegt.

## B.7 Beziehung zwischen einem oder mehreren theoretisch exakten Geometrieelement(en) und einem Bezug oder Bezugssystem

Beziehungen zwischen einem oder mehreren theoretisch exakten Geometrieelement(en) und einem Bezug oder einem Bezugssystem werden durch einen oder mehrere implizite und/oder eingetragene TEDs festgelegt.

## B.8 Form von Toleranzzonen

Ist das tolerierte Geometrieelement eine (integrale oder abgeleitete) Fläche, so wird die Gestalt der die Toleranzzone begrenzenden Flächen anhand des theoretisch exakten Geometrieelementes (TEF) (integral oder abgeleitet) festgelegt.

Ist das tolerierte Geometrieelement eine integrale Gerade, so ist die Gestalt der Toleranzzone der Raum zwischen zwei parallelen Linien, siehe z. B. die Bilder 90 und 91, oder zwei nicht-parallelen Linien. Letzteres ist der Fall, wenn die Toleranzzone eine variable Weite hat, siehe 7.2.

Ist das tolerierte Geometrieelement ein integraler Kreis, so ist die Gestalt der Toleranzzone der Raum zwischen zwei konzentrischen Kreisen, siehe z. B. die Bilder 98 und 99, zwei parallele Kreise auf einer Kegelfläche oder zwei parallele Kreise mit demselben Durchmesser.

Ist das tolerierte Geometrieelement eine abgeleitete Mittellinie, so ist die Gestalt der Toleranzzone

- der Raum zwischen zwei parallelen Ebenen oder zwei nicht-parallelen Ebenen (z. B. ein Keil, wenn die Toleranzzone eine variable Weite hat, siehe 7.2), falls die Gestalt nicht durch das dem Toleranzwert vorangestellte Symbol  $\varnothing$  angegeben und das tolerierte Geometrieelement nominell gerade ist, siehe z. B. die Bilder 112 und 113,
- ein Zylinder oder ein Kegel (wenn die Toleranzzone eine variable Weite hat, siehe 7.2), falls die Gestalt durch das dem Toleranzwert vorangestellte Symbol  $\varnothing$  angegeben und das tolerierte Geometrieelement nominell gerade ist, siehe z. B. die Bilder 118 und 119,
- ein nicht gerades kreisförmiges oder kegelförmiges Rohr (wenn die Toleranzzone eine variable Weite hat, siehe 7.2), falls die Gestalt durch das dem Toleranzwert vorangestellte Symbol  $\varnothing$  angegeben und das tolerierte Geometrieelement nominell nicht gerade ist, siehe ISO 1660.

Ist das tolerierte Geometrieelement ein abgeleiteter Mittelpunkt einer Kugel, so ist die Gestalt der Toleranzzone

- der Raum zwischen zwei parallelen Ebenen, falls die Gestalt nicht durch das dem Toleranzwert vorangestellte Symbol  $\varnothing$  oder  $S\varnothing$  angegeben ist,
- ein Zylinder, falls die Gestalt durch das dem Toleranzwert vorangestellte Symbol  $\varnothing$  angegeben ist, oder
- eine Kugel, falls die Gestalt durch das dem Toleranzwert vorangestellte Symbol  $S\varnothing$  angegeben ist, siehe z. B. die Bilder 150 und 151.

Ist das tolerierte Geometrieelement ein abgeleiteter Mittelpunkt eines kreisförmigen Querschnitts und die Gestalt ist durch das dem Toleranzwert vorangestellte Symbol  $\varnothing$  angegeben, so ist die Gestalt der Toleranzzone ein Kreis, siehe z. B. die Bilder 163 und 164.

ANMERKUNG Ein abgeleiteter Mittelpunkt existiert bei einer Kugel, einem Kreis und einem Torus. Der abgeleitete Mittelpunkt eines Torus kann mit den aktuellen Regeln nicht spezifiziert werden.

## B.9 Lage der begrenzenden Flächen einer Toleranzzone in Bezug auf das theoretisch exakte Geometrieelement (TEF)

Ist das tolerierte Geometrieelement eine Fläche (die mit einem Bezug oder Bezugssystem verbunden oder nicht verbunden ist), so werden die begrenzenden Flächen der Toleranzzone als die Hüllflächen von Punkten in einem Abstand von  $0,5 \times t$  (auf beiden Seiten) zu Punkten auf dem theoretisch exakten Geometrieelement (Fläche) festgelegt, das in diesem Fall das Referenzgeometrieelement ist und wobei  $t$  die Toleranz ist. Am der Kante des tolerierten Geometrieelements werden die begrenzenden Flächen verlängert in der Annahme, dass die Tangente des tolerierten Geometrieelementes fortgesetzt wird.

Die Default-Richtung des Abstandes  $0,5 \times t$  ist rechtwinklig zur theoretisch exakten Fläche in jedem Punkt.

Andere Richtungen können durch Orientierungsebenen-Indikatoren kontrolliert werden, siehe Abschnitt 14, oder durch Richtungselemente-Indikatoren, siehe Abschnitt 15.

Bei Diskontinuitätspunkten (Unstetigkeitspunkten) ist die begrenzende Fläche eine Kugel mit  $SR = 0,5 \times t$ , die die begrenzenden Flächen verbindet, wobei  $t$  die Toleranz ist.

ANMERKUNG Die Toleranzzone kann durch einen oder mehrere TEDs auf ein TEF, ein Muster oder einen Bezug bzw. ein Bezugssystem bezogen werden.

## B.10 Regeln für die Symbole geometrischer Merkmale

### B.10.1 Toleriertes Geometrieelement

Das tolerierte Geometrieelement ist defaultmäßig ein einzelnes vollständiges Geometrieelement.

Ein nominell komplexes Geometrieelement kann bestehen aus:

- einer Gruppe von Teilen von Ebenen, Zylindern, Kugeln, Kegeln oder Ringflächen, oder aus einer Kombination von diesen;
- einer Gruppe von Teilen von geraden Linien oder Kreisen.

Für die Spezifizierung eines Geometrieelements als ein kontinuierliches Geometrieelement Die Angabe eines eingeschränkten Geometrieelements, eines vereinigten Geometrieelements oder einer kombinierten Zone kann Für die Spezifizierung eines Geometrieelements als ein kontinuierliches Geometrieelement verwendet werden. Ohne eine solche Angabe ist das tolerierte Geometrieelement:

- ein einzeln betrachteter Teil dieses komplexen Geometrieelements, durch die Hinweislinie identifiziert;
- eine Gruppe von Geometrieelementen, identifiziert durch die Hinweislinie(n), einen „Rundum“-Modifikator oder einen Modifikator „rundherum“, die aber einzeln berücksichtigt werden..

### B.10.2 Form-Spezifikation

Falls in einer *Form*-Spezifikation das Symbol eines der folgenden geometrischen Merkmale verwendet wird:

- Ebenheit, Zylindrizität:
  - Die Form des nominalen tolerierten Geometrieelements wird explizit angegeben.
  - Die flächige Beschaffenheit des nominalen tolerierten Geometrieelements wird explizit angegeben.
- Geradheit, Rundheit:
  - Die Form des nominalen tolerierten Geometrieelements wird explizit angegeben.
  - Die lineare Beschaffenheit des nominalen tolerierten Geometrieelements wird explizit angegeben.
- Flächenprofil:
  - Die Form des nominalen tolerierten Geometrieelements wird explizit durch vollständige Angaben in der Zeichnung oder an Hand des CAD-Modells angegeben, siehe ISO 16792.
  - Die flächige Beschaffenheit des nominalen tolerierten Geometrieelements wird explizit angegeben.
- Linienprofil:
  - Die Form des nominalen tolerierten Geometrieelements wird explizit durch vollständige Angaben in der Zeichnung oder an Hand des CAD-Modells angegeben, siehe ISO 16792.
  - Die lineare Beschaffenheit des nominalen tolerierten Geometrieelements wird explizit angegeben.

### B.10.3 Richtungsspezifikationen

Falls in einer *Richtungs*-Spezifikation das Symbol eines der folgenden geometrischen Merkmale verwendet wird:

- Parallelität, Rechtwinkligkeit:
  - Die Form des nominalen tolerierten Geometrieelements ist eine Gerade oder eine Ebene.
  - Falls beide möglich sind, ist das tolerierte Geometrieelement defaultmäßig die Ebene, es sei denn, es ist ein Schnittebenen-Indikator angegeben.
  - Die TED-Winkel sind zwischen dem nominalen tolerierten Geometrieelement und dem Bezug oder Bezugssystem implizit als  $0^\circ$  für die Parallelität und  $90^\circ$  für die Rechtwinkligkeit definiert.
- Neigung:
  - Die Form des nominalen tolerierten Geometrieelements ist eine Gerade oder eine Ebene.
  - Falls beide möglich sind, ist das tolerierte Geometrieelement defaultmäßig die Ebene, es sei denn, es ist ein Schnittebenen-Indikator angegeben.
  - Mindestens ein expliziter TED-Winkel muss zwischen dem nominalen tolerierten Geometrieelement und dem Bezug oder Bezugssystem definiert werden.

- Flächenprofil oder Linienprofil:
  - Die Form des nominalen tolerierten Geometrieelements wird explizit durch vollständige Angaben in der Zeichnung oder an Hand des CAD-Modells angegeben, siehe ISO 16792.
  - Die Beschaffenheit des tolerierten Geometrieelements (linear oder flächig) wird durch das entsprechende Symbol explizit angegeben.
  - Der Modifikator  $\gg$  muss in das zweite Feld des Toleranzindikators gesetzt oder jeder Bezugsangabe im Toleranzindikator nachgestellt werden, um anzuzeigen, dass die Spezifikation richtungsbezogen ist. Die Winkel zwischen dem nominalen tolerierten Geometrieelement und den Bezügen sind als TEDs anzugeben.

#### B.10.4 Ortsspezifikationen

Falls in einer Spezifikation des *Ortes* das Symbol eines der folgenden geometrischen Merkmale verwendet wird:

- Position:
  - Das tolerierte Geometrieelement ist ein integrales oder abgeleitetes Geometrieelement;
  - Die Form des nominalen tolerierten Geometrieelements ist ein Punkt, eine Gerade oder eine Ebene, falls das tolerierte Geometrieelement ein integrales Geometrieelement ist.
  - Die Form des nominalen tolerierten Geometrieelements ist ein Punkt, eine Linie (gerade oder ungerade) oder eine Fläche (eben oder uneben), falls das tolerierte Geometrieelement ein abgeleitetes Geometrieelement ist.
  - Falls mehr als eines möglich ist, ist das tolerierte Geometrieelement defaultmäßig die Fläche, es sei denn, es ist ein Schnittebenen-Indikator angegeben.
  - Die Winkel- und Längenmaße müssen zwischen dem tolerierten Geometrieelement und dem Bezug oder Bezugssystem von TEDs definiert werden. Diese TEDs werden explizit oder implizit durch Zeichnungseintragungen definiert.
- Koaxialität/Konzentrität:
  - Das tolerierte Geometrieelement ist ein abgeleitetes Geometrieelement, bei dem es sich nominell um eine Gerade (Mittellinie) oder einen Punkt (Mittelpunkt) handelt.
  - Falls beide möglich sind, ist das tolerierte Geometrieelement defaultmäßig die Linie, es sei denn, es ist ein ACS-Modifikator (für jeder beliebige Querschnitt) angegeben.
  - Die Winkel- und Längenmaße sind zwischen dem tolerierten Geometrieelement und dem Bezug oder Bezugssystem immer  $0^\circ$  und 0 mm.
- Symmetrie:
  - Das tolerierte Geometrieelement ist ein integrales oder abgeleitetes Geometrieelement.
  - Die Form des nominalen tolerierten Geometrieelements ist ein Punkt, eine Gerade oder eine Ebene, falls das tolerierte Geometrieelement ein integrales Geometrieelement ist.
  - Die Form des nominalen tolerierten Geometrieelements ist ein Punkt, eine Gerade oder eine Ebene, wenn das tolerierte Geometrieelement ein abgeleitetes Geometrieelement ist.
  - Falls beide möglich sind, ist das tolerierte Geometrieelement defaultmäßig die Fläche, es sei denn, es ist ein Schnittebenen-Indikator angegeben.
  - Die Winkel- und Längenmaße sind zwischen dem tolerierten Geometrieelement und dem Bezug oder Bezugssystem immer  $0^\circ$  und 0 mm.

- Flächenprofil oder Linienprofil:
  - Diese Spezifikation ist nur dann eine Orts-Spezifikation, wenn der Toleranzindikator mindestens einen Bezug referenziert, der einen linearen Abstand fixieren kann, und wenn im zweiten Feld kein „><-Modifikator angegeben ist. Anderenfalls ist diese Spezifikation eine Form oder Richtungsspezifikation (siehe B.10.2 und B.10.3).
  - Die Form des nominalen tolerierten Geometrieelements wird explizit durch vollständige Angaben in der Zeichnung oder an Hand des CAD-Modells explizit angegeben, siehe ISO 16792.
  - Die Beschaffenheit des nominalen tolerierten Geometrieelements (linear oder flächig) wird durch das entsprechende Symbol explizit angegeben.
  - Die Winkel- und Längenmaße müssen zwischen dem tolerierten Geometrieelement und dem Bezug oder Bezugssystem von TEDs definiert werden. Diese TEDs werden explizit oder implizit definiert. Es müssen alle möglichen linearen Abstände zwischen dem nominalen tolerierten Geometrieelement und einem Bezug berücksichtigt werden, der in der betreffenden Toleranz angegeben ist, es sei denn, dem betrachteten Bezug ist der Modifikator >< nachgestellt.

### B.10.5 Schnittebenen

Falls das Symbol für das geometrische Merkmal anzeigt, dass das nominale tolerierte Geometrieelement seinem Wesen nach eine Linie ist, wird zur Festlegung des tolerierten Geometrieelements eine implizite oder explizite Schnittebene verwendet, anderenfalls wird der Spezifikation ein Schnittebenen-Indikator hinzugefügt.

In den folgenden Fällen wird es implizit definiert:

- Geradheit der Mantellinie eines Kegels oder Zylinders: Die Schnittebene ist eine Ebene, die durch die aus dem extrahierten integralen Geometrieelement ermittelte Achse des assoziierten Geometrieelements verläuft (Symmetrieebene von der Achse aus);
- Rundheit einer Kugel oder eines Zylinders: Die Schnittebene ist eine Ebene senkrecht zu dem abgeleiteten Geometrieelement, das anhand des extrahierten integralen Geometrieelementes festgelegt wurde, wenn es sich bei dem abgeleiteten Geometrieelement um eine Achse handelt, oder eine das abgeleitete Geometrieelement einschließende Ebene, wenn das abgeleitete Geometrieelement ein Punkt ist.

In anderen Fällen muss die Schnittebene explizit definiert werden.

### B.10.6 Beliebiger Querschnitt

Ist der ACS-Modifikator neben dem Toleranzindikator angegeben, so werden das tolerierte Geometrieelement und der maßgebende Bezug in jedem Querschnitt unabhängig definiert. Die das tolerierte Geometrieelement definierende Schnittebene ist als Ebene senkrecht zum Medianelement des assoziierten Geometrieelements definiert, das anhand der extrahierten integralen Fläche festgelegt wird.

ANMERKUNG Der ACS-Modifikator kann nur verwendet werden, wenn das abgeleitete Geometrieelement des tolerierten Geometrieelements eine Linie ist.

## Anhang C (informativ)

### Filter

#### C.1 Filtersymbole

Tabelle C.1 — Filtersymbole

Symbol	Kennzeichnung(en)	Name	ISO-Dokument(e)
G	FALG, FPLG	Gauß	ISO 16610-21, ISO 16610-61
S	FALS, FPLS	Spline	ISO 16610-22, ISO/TS 16610-62 <sup>a</sup>
SW	FALPSW, FPLPSW	Spline Wavelet	ISO 16610-29, ISO/TS 16610-69 <sup>a</sup>
CW	FALPCW, FPLPCW	Complex Wavelet	ISO 16610-29, ISO/TS 16610-69 <sup>a</sup>
RG	FARG, FPRG <sup>N2)</sup>	Robust Gauß	ISO/TS 16610-31, ISO 16610-71
RS	FARS, FPRS	Robust Spline	ISO/TS 16610-32, ISO/TS 16610-72 <sup>a</sup>
OB	FAMOB	Opening, Kugel	ISO/TS 16610-81 <sup>a</sup>
OH	FAMOH, FPMOH	Opening, Horizontales Segment	ISO 16610-41, ISO/TS 16610-81 <sup>a</sup>
OD	FPMOD	Opening, Kreisscheibe	ISO 16610-41
CB	FAMCB	Closing, Kugel	ISO/TS 16610-81 <sup>a</sup>
CH	FAMCH, FPMCH	Closing, horizontales Segment	ISO 16610-41, ISO/TS 16610-81 <sup>a</sup>
CD	FPMCD	Closing, Kreisscheibe	ISO 16610-41
AB	FAMAB	alternierende Kugel	ISO/TS 16610-89 <sup>a</sup>
AH	FAMAH, FPMAH	alternierendes horizontales Segment	ISO 16610-49
AD	FPMAD	alternierende Kreisscheibe	ISO 16610-49
F		Fourier (Harmonische)	N/A
H		Hülle	N/A
<sup>a</sup> In Entwicklung.			

N2) Nationale Fußnote: Falsche Abkürzung in ISO 1101:2017 wurde in der Deutschen Fassung korrigiert.

## C.2 Nesting-Indizes

Tabelle C.2 — Nesting-Indizes

Symbol	Name	Nesting-Index
G	Gauß	Grenzwellenlänge (cut-off) Grenzwellenzahl (cut-off)
S	Spline	Grenzwellenlänge (cut off) Grenzwellenzahl (cut-off)
SW	Spline Wavelet	Grenzwellenlänge (cut-off) Grenzwellenzahl (cut-off)
CW	Complex Wavelet	Grenzwellenlänge (cut-off) Grenzwellenzahl (cut-off)
RG	robust Gauß	Grenzwellenlänge (cut-off) Grenzwellenzahl (cut-off)
RS	robust Spline	Grenzwellenlänge (cut-off) Grenzwellenzahl (cut-off)
OB	Opening, Kugel	Kugelradius
OH	Opening, horizontales Segment	Segmentlänge
OD	Opening, Kreisscheibe	Kreisscheibenradius
CB	Closing, Kugel	Kugelradius
CH	Closing, horizontales Segment	Segmentlänge
CD	Closing, Kreisscheibe	Kreisscheibenradius
AB	alternierende Reihe, Kugel	Kugelradius
AH	alternierendes horizontales Segment	Segmentlänge
AD	alternierende Kreisscheibe	Kreisscheibenradius
F	Fourier	Wellenlänge Wellenzahl je Umdrehung
H	Hülle	H0 gibt die konvexe Hülle an

ANMERKUNG Die Grenzwellenlänge gilt für Filter für offene Profile, während die Grenzwellenzahl (Wellenzahl je Umdrehung – engl.: UPR-undulations per revolution) für Filter für geschlossene Profile gilt.

## C.3 Filterung in GPS

Die Filterung wurde immer schon bei Messungen der Oberflächenbeschaffenheit angewendet und in diesem Anwendungsgebiet mindestens seit der Veröffentlichung von ISO 3274:1975 genormt. Die Parameter der Oberflächenbeschaffenheit hängen in hohem Maße vom verwendeten Filter ab, und es ist allgemein bekannt, dass die Filterung festgelegt werden muss, um die Oberflächenbeschaffenheit sinnvoll kontrollieren zu können. Gegenwärtig sind die Default-Regeln für Filter für den Fall, dass die Spezifikation keine ausdrücklichen Filtereinstellungsanforderungen enthält, in ISO 4288:1996 festgelegt.

Es ist gleichermaßen bekannt, dass sich die gemessenen Formabweichungen in signifikantem Maße ändern, wenn unterschiedliche Filter und cut-off-Werte verwendet werden. Besonders gut erforscht ist dies für die Rundheit und Geradheit, weil Messgeräte, die in der Lage sind, graphische Darstellungen des gemessenen Profils mit unterschiedlichen Filtereinstellungen zu erstellen, in diesen Bereichen bereits seit Jahrzehnten zur Verfügung stehen.

Als im Jahre 2003 ISO 12180, ISO 12181, ISO 12780 und ISO 12781 („die Formnormen“) als Technische Spezifikationen veröffentlicht wurden, waren sie die ersten GPS-Dokumente der ISO, die nicht ausschließlich als Messnormen verstanden wurden, die die Auswirkungen der Filterung im Zusammenhang mit der Art der Spezifikation erörterten, die Gegenstand des Anwendungsbereichs des vorliegenden Dokuments ist.

Zu dieser Zeit gab es erhebliche Diskussionen in dem Versuch, zu einem Einvernehmen zu gelangen, welches die Default-Filtereinstellungen für die Form sein sollten. Die Unterschiede in der grundsätzlichen Herangehensweise der einzelnen Interessengruppen waren jedoch zu groß, um zu einer Übereinkunft gelangen zu können, welche die notwendige Stimmenmehrheit auf sich hätte vereinigen können. Das ist der Grund, warum es in den Form-Normen keine Defaults gibt und warum diese zunächst als Technische Spezifikationen und nicht als Internationale Normen veröffentlicht wurden.

Eines der Ziele dieser Ausgabe des vorliegenden Dokuments ist, Hilfsmittel für die Angabe von eindeutigen Filterinformationen in geometrischen Anforderungen zur Verfügung zu stellen und die Anwender der GPS-Normen in die Lage zu versetzen, Nutzen aus den 2003 in den Form-Normen erstmals festgelegten Werkzeugen ziehen zu können.

Ogleich es von großem Vorteil wäre, Regeln für Filter-Defaults in das vorliegende Dokument aufzunehmen, ist anzunehmen, dass es heute nicht einfacher sein wird, zu einem Einvernehmen zu gelangen, als dies 2003 der Fall war. Es wird daher anerkannt, dass das vorliegende Dokument viele wertvolle Werkzeuge enthält, deren Einsatz sich verzögern würde, falls vor ihrer Veröffentlichung versucht werden würde, zu einem Konsens zu gelangen.

Entsprechend wird dieses Dokument ohne Defaults für die Filterung veröffentlicht. Auf diese Weise werden die Interessengruppen in die Lage versetzt, Nutzen aus den zur Verfügung gestellten Werkzeugen zu ziehen und Erfahrung mit deren Anwendung zu sammeln. Es steht zu hoffen, dass dies zu einer Übereinkunft für Filter-Defaults führt, die dann in eine spätere Ausgabe dieses Dokuments aufgenommen werden können. Für die Zeit bis dahin werden die Werkzeuge zur Verfügung gestellt, um Zeichnungs-Defaults für die Filterung und Assoziation auf einfache Art und Weise angeben zu können, siehe 8.6.

## Anhang D (normativ)

### ISO spezielle Modifikatoren für Form

**Tabelle D.1 — Assoziationssymbole**

Symbol	Assoziation
C	Minimax (Tschebyschew)
G	Kleinste-Quadrate (Gauß)
X	größtes einbeschriebenes <sup>a</sup>
N	kleinstes umschriebenes <sup>a</sup>
E	eingeschränkt außerhalb des Materials
I	eingeschränkt innerhalb des Materials
<sup>a</sup> Gilt nur für kugelförmige und zylinderförmige Geometrieelemente für Form und Größenmaßelemente für Bezüge.	

**Tabelle D.2 — Parametersymbole**

Symbol	Parameter
P	Referenz zur Spitze
V	Referenz zum Tal
T	Spitze zum Tal
Q	Effektivwert bzw. quadratischer Mittelwert (RMS)

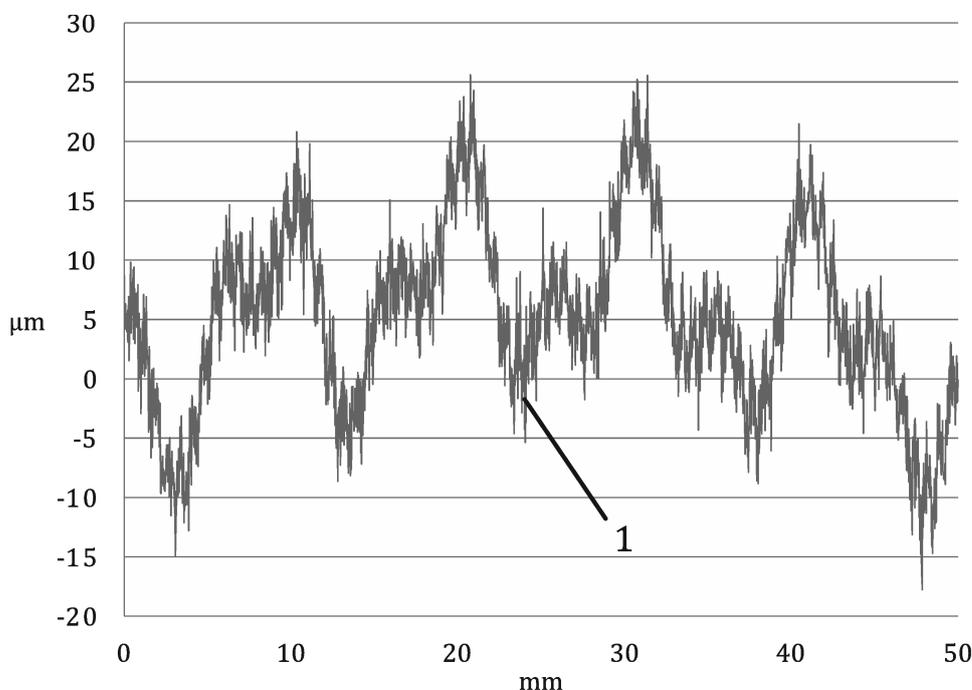
## Anhang E (informativ)

### Filter-Details

#### E.1 Einleitung zu Filtern

Unterschiedliche Funktionen von Werkstücken wirken auf verschiedene Weise auf die Oberfläche des Werkstücks ein. Einige Funktionen können von den feinsten Details in der Oberfläche abhängen, während andere wiederum nur von der allgemeinen Form der Oberfläche abhängig sind. Filter werden dazu verwendet, die Details eines Geometrieelements zu einem gewissen Grad zu vernachlässigen, wodurch es ermöglicht wird, dass die Spezifikation die Anforderungen an die übrigen Oberflächendetails besser festlegen kann. Unterschiedliche Filter blenden unterschiedliche Arten von Details aus und können dazu verwendet werden, verschiedene Funktionen mit der Spezifikation besser anzugeben. Einige Filter zielen darauf ab, die Extremwerte der Oberfläche außer Acht zu lassen und konzentrieren sich auf das mittlere Oberflächenniveau, während andere Filter sich entweder auf die höchsten Spitzen oder tiefsten Täler in der Oberfläche fokussieren. Es hängt vollkommen von der Funktion der Oberfläche ab, welches Filter die funktionellen Bedürfnisse der Oberfläche am besten beschreibt.

Bild E.1 zeigt ein ungefiltertes Profil, d. h. eine Linie in einer Oberfläche. Das Profil ist 50 mm lang und hat einen Gesamthöhenbereich von etwas mehr als 40  $\mu\text{m}$ . Die vertikale Skala in Bild E.1 bis Bild E.8 wurde im Vergleich zur horizontalen Skala vergrößert, damit die Höhenschwankungen sichtbar werden. Dadurch entsteht ein verzerrtes Bild des Profils, das es unebener erscheinen lässt als es tatsächlich ist. Nachfolgend werden Profile zur Veranschaulichung der Wirkung von Filtern verwendet. Filter können auch für flächige Geometrieelemente verwendet werden, d. h. Ebenen, Zylinder usw., zur Vereinfachung der Abbildungen werden hier jedoch Profile verwendet.

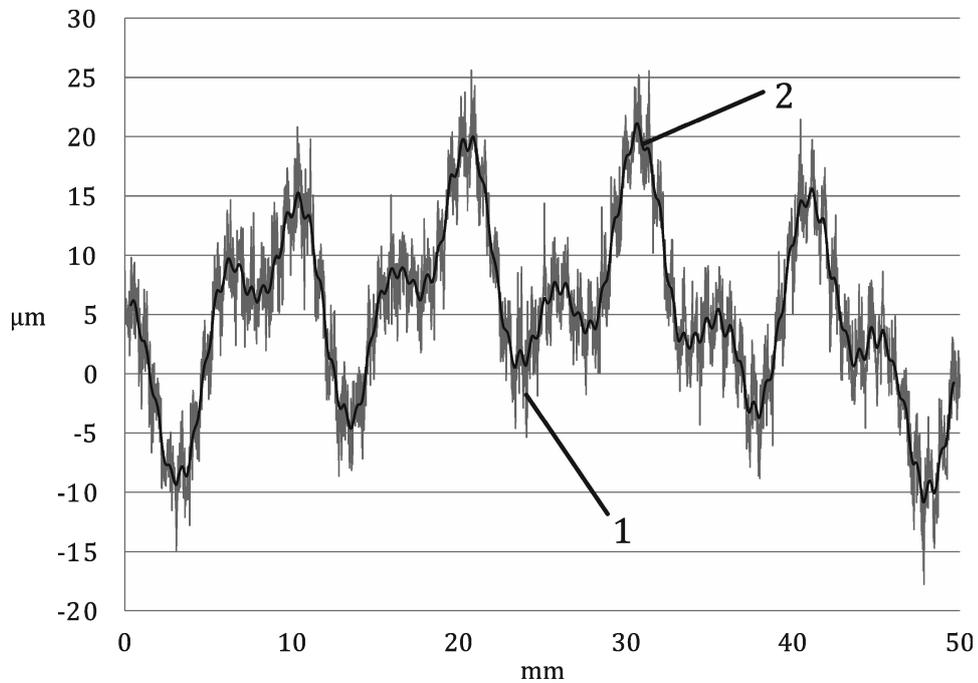


#### Legende

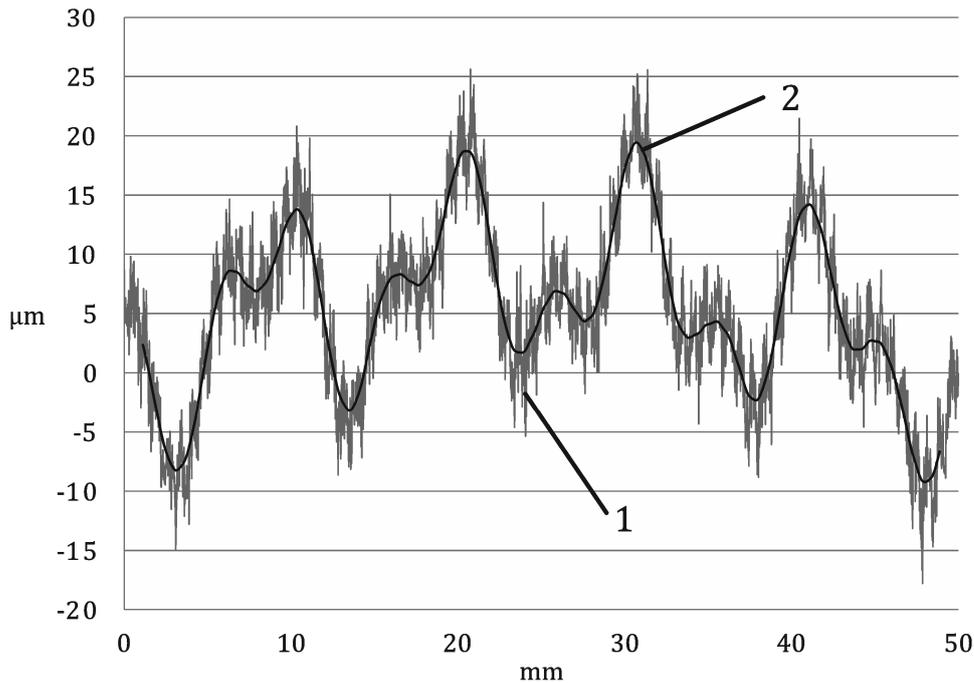
- 1 ungefiltertes Profil

**Bild E.1 — Ungefiltertes Flächenprofil**

Gauß-, Spline- und Wavelet-Filter funktionieren alle grundsätzlich auf die gleiche Art und Weise. Sie spalten das Profil in einen kurzwelligen und einen langwelligen Anteil auf und lassen dabei entweder den einen oder den anderen Anteil unberücksichtigt. Für die Anwendung dieses Dokuments ist die häufigste Situation ein Langpassfilter, der den kurzwelligen Anteil des Profils außer Acht lässt. Der Nesting-Index gibt den Übergangspunkt im Filter an, der festlegt, was durch das Filter unberücksichtigt bleibt, und was es zurückhält. In Bild E.2 ist dasselbe Profil wie in Bild E.1 dargestellt, jedoch nach der Anwendung eines Langpass-Gauß-Filters.



a) 0,8 mm-Langpass-Gauß-Filter



b) 2,5 mm-Langpass-Gauß-Filter

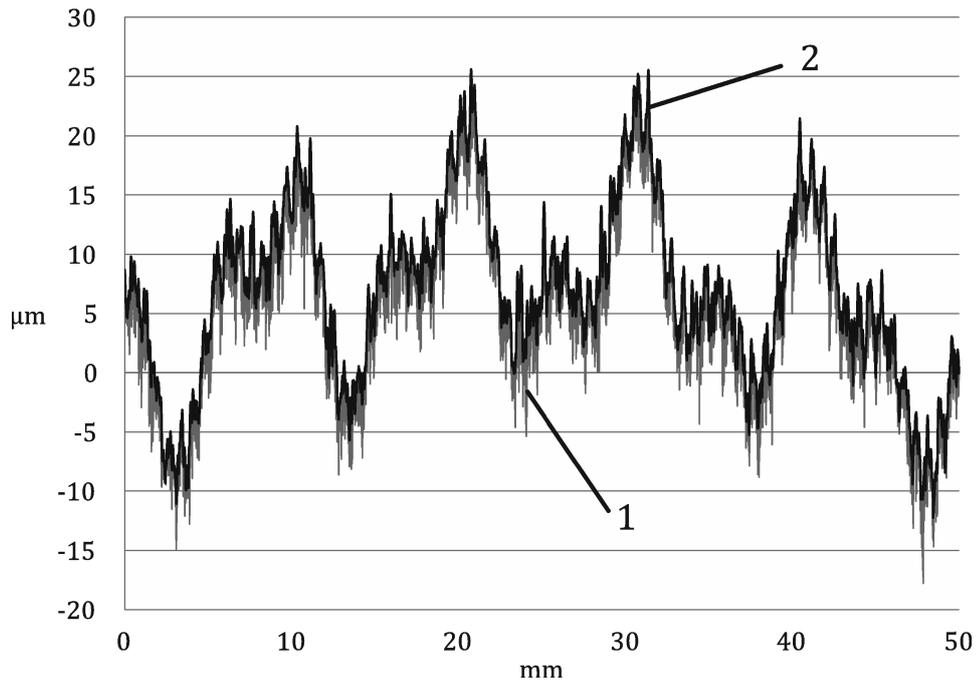
#### Legende

- 1 ungefiltertes Profil (grau)
- 2 gefiltertes Profil (schwarz)

#### Bild E.2 — Mit einem Gauß-Filter gefiltertes Flächenprofil

In dem gefilterten Profil in Bild E.2 a) sind mehr Details enthalten als in dem gefilterten Profil in Bild E.2 b), wobei jedoch die allgemeine Form des gefilterten Profils und die Amplitude der Abweichungen in beiden Bildern ähnlich sind. Die unterschiedliche Grenzwellenlänge von 0,8 mm und 2,5 mm macht für dieses spezielle Profil keinen wesentlichen Unterschied, beide haben einen Gesamthöhenbereich von etwa 30  $\mu\text{m}$ . Außerdem ist aus Bild E.2 ersichtlich, dass Gauß-Filter wie auch Spline- und Wavelet-Filter ein gefiltertes Profil erzeugen, dass sich in der Mitte des ungefilterten Profils befindet.

Bild E.3 zeigt dasselbe Profil wie in Bild E.1 nach Anwendung eines Closing-Filters mit einer Kreisscheibe, deren Radius 0,5 mm beträgt, als strukturierendem Geometrieelement. Ein Kugel-Closing-Filter simuliert das Rollen einer Kugel eines bestimmten Durchmessers über die Oberfläche. Die Kugel berührt alle höchsten Spitzen in der Oberfläche, kann jedoch nicht in die tiefsten Täler vordringen, wodurch diese aus dem Profil herausgefiltert werden.



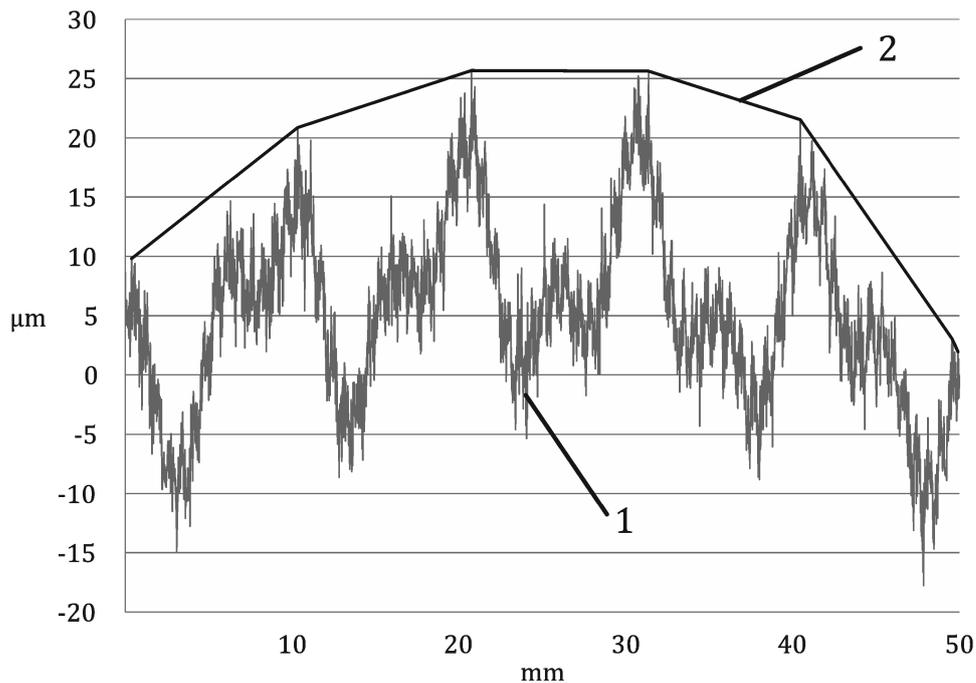
**Legende**

- 1 ungefiltertes Profil (grau)
- 2 gefiltertes Profil (schwarz)

**Bild E.3 — Mit einem Kugel-Closing-Filter gefiltertes Flächenprofil**

Das Kugel-Closing-Filter ist ebenfalls ein Langpassfilter, welches das kurzweilige Detail des Profils zu einem gewissen Teil ausblendet. In diesem Fall hat das sich daraus ergebende gefilterte Profil einen Gesamthöhenbereich von etwa 35 µm, aber im Gegensatz zum Gauß-Filter werden die höchsten Spitzen in der Oberfläche beibehalten. Das ist von Nutzen, wenn die Funktion von der Lage dieser Spitzen abhängt.

Bild E.4 zeigt dasselbe Profil wie in Bild E.1 nach Anwendung eines Konvexe-Hülle-Filters. Das Konvexe-Hülle-Filter entspricht dem Ziehen eines Stücks Gummi über die Oberfläche. Es behält die höchsten Spitzen im Profil bei und verbindet sie mit Geraden (für Profile, dreieckige Facetten für Oberflächen).



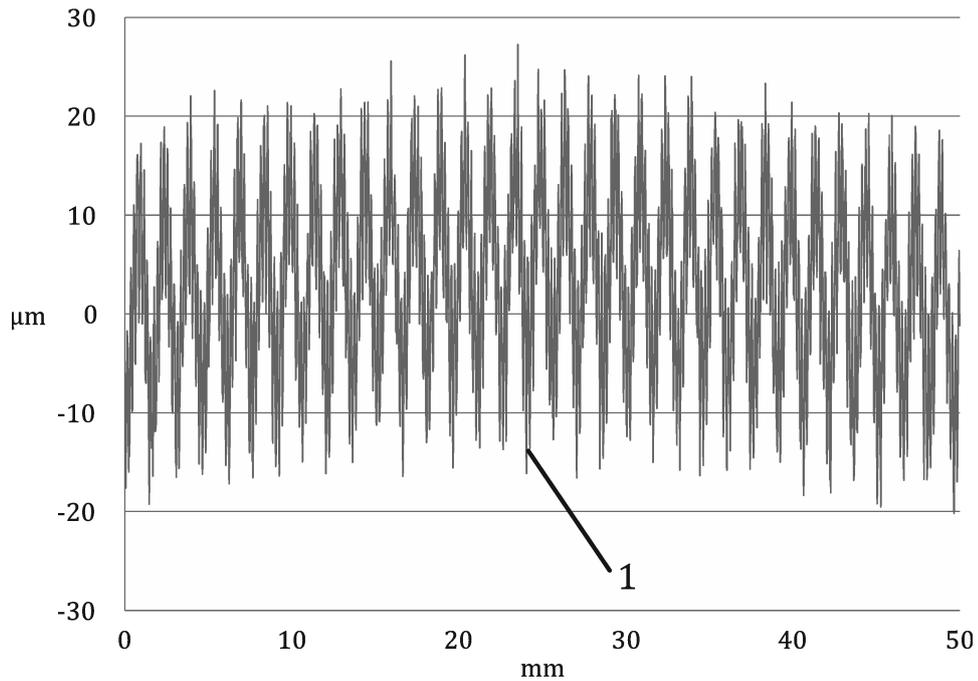
### Legende

- 1 ungefiltertes Profil
- 2 gefiltertes Profil

**Bild E.4 — Mit einem Konvexe-Hülle-Filter gefiltertes Flächenprofil**

Das Konvexhüllen-Filter ist ein Langpassfilter. Es entfernt fast alle Details im Profil und betrachtet nur die höchsten Spitzen. In diesem Fall hat das sich daraus ergebende gefilterte Profil ebenfalls einen Gesamthöhenbereich von etwa 25  $\mu\text{m}$ .

Bild E.5 zeigt ein anderes Flächenprofil. Wie das Profil in Bild E.1 ist es 50 mm lang und hat einen Gesamthöhenbereich von etwas mehr als 40  $\mu\text{m}$ , die Struktur der Oberfläche ist jedoch anders.

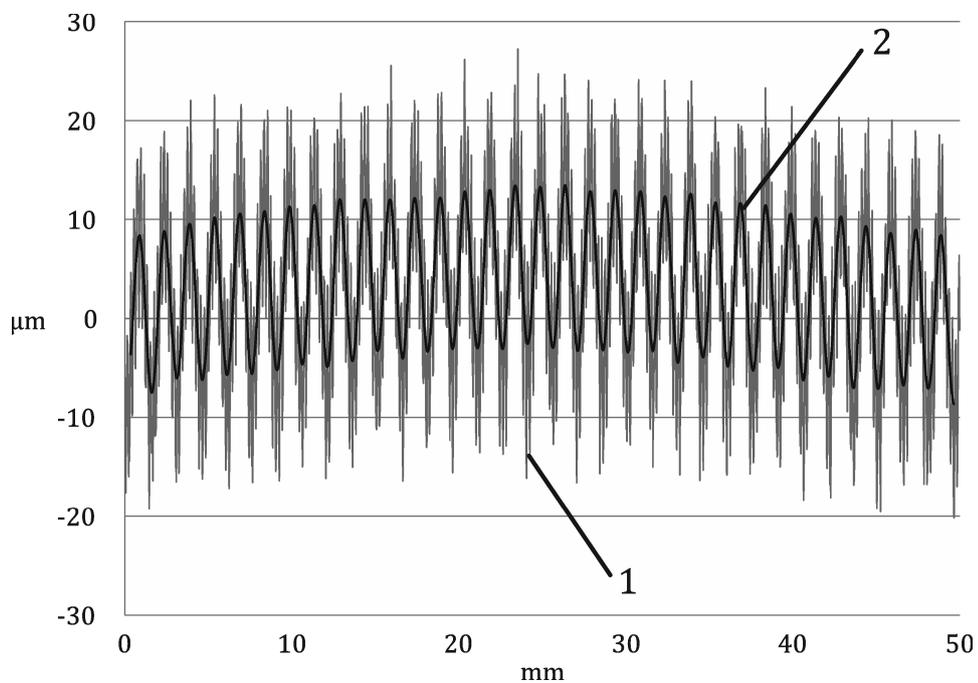


**Legende**

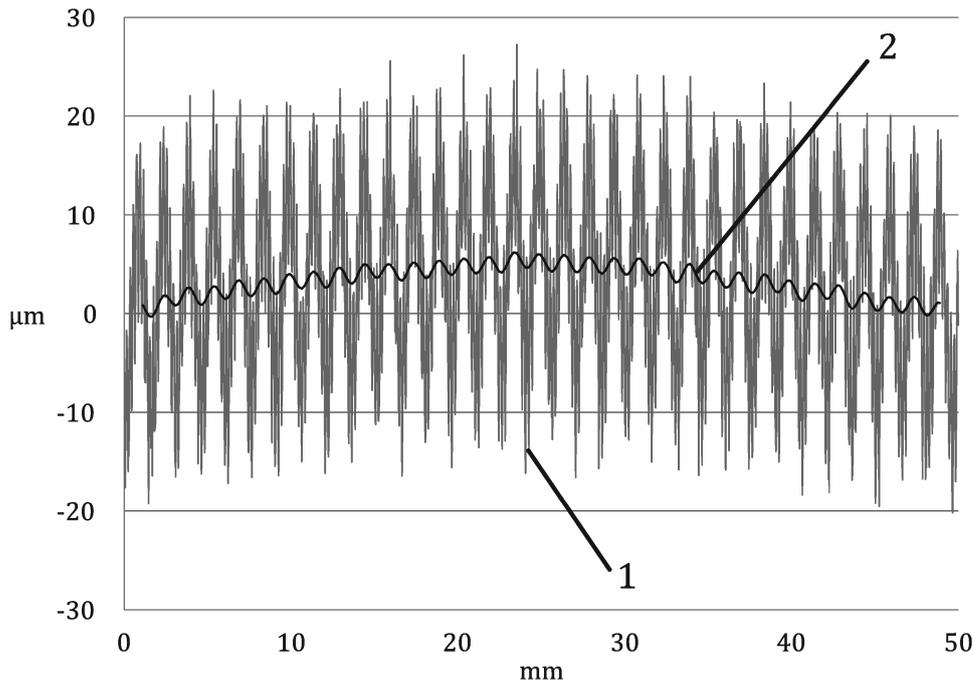
1 ungefiltertes Profil

**Bild E.5 — Ungefiltertes Flächenprofil**

Ohne Filterung würden die Profile in Bild E.1 und E.5 bei denselben Spezifikationen bestehen und bei denselben Spezifikationen durchfallen.



**a) 0,8-mm-Langpass-Gauß-Filter**



b) 2,5-mm-Langpass-Gauß-Filter

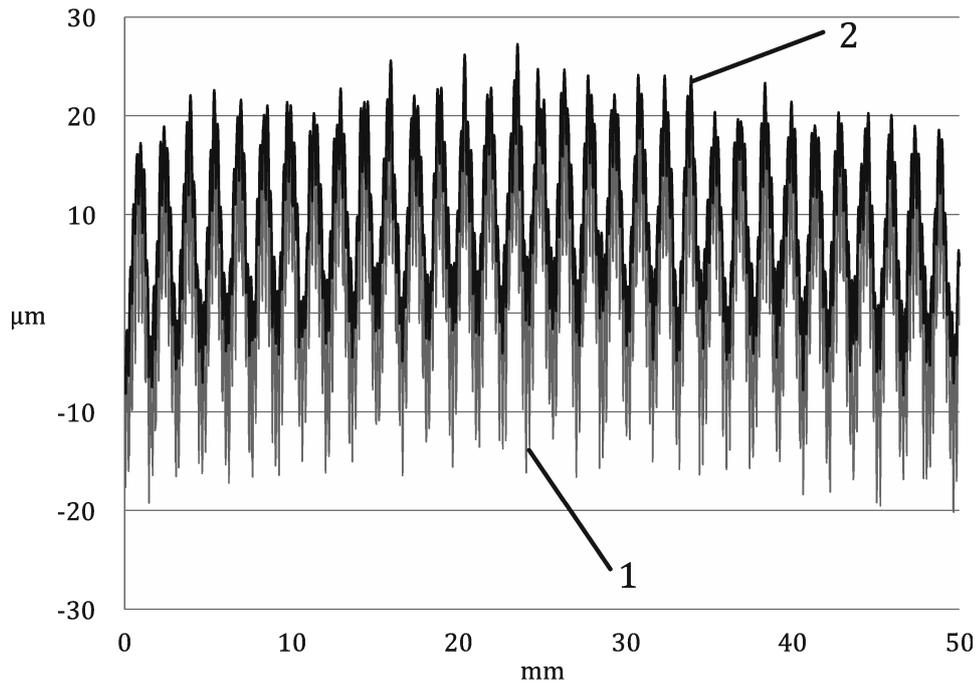
**Legende**

- 1 ungefiltertes Profil (grau)
- 2 gefiltertes Profil (schwarz)

**Bild E.6 — Mit einem Gauß-Filter gefiltertes Flächenprofil**

Wieder weist das gefilterte Profil in Bild E.6 a) mit der kürzeren Grenzwellenlänge mehr Details auf als das gefilterte Profil in Bild E.6 b), wobei sich jedoch in diesem Fall die Höhenbereiche beträchtlich unterscheiden. Das gefilterte Profil in Bild E.6 a) hat einen Höhenbereich von etwa 20  $\mu\text{m}$ , während das Profil in Bild E.6 b) einen Höhenbereich von etwa 5  $\mu\text{m}$  aufweist. Wenn also das Profil in Bild E.5 funktionell akzeptabel ist, das Profil in Bild E.1 dagegen nicht, ist ein Gauß-Filter mit einer Grenzwellenlänge von 2,5 mm zur Unterscheidung der beiden geeignet, während ein Gauß-Filter mit einer Grenzwellenlänge von 0,8 mm nur einen marginalen Unterschied zwischen den beiden Profilen zeigen kann.

Bild E.7 zeigt dasselbe Profil wie in Bild E.5 nach Anwendung eines Closing-Filters mit einer Kreisscheibe von 0,5 mm Radius als strukturierendem Geometrieelement.



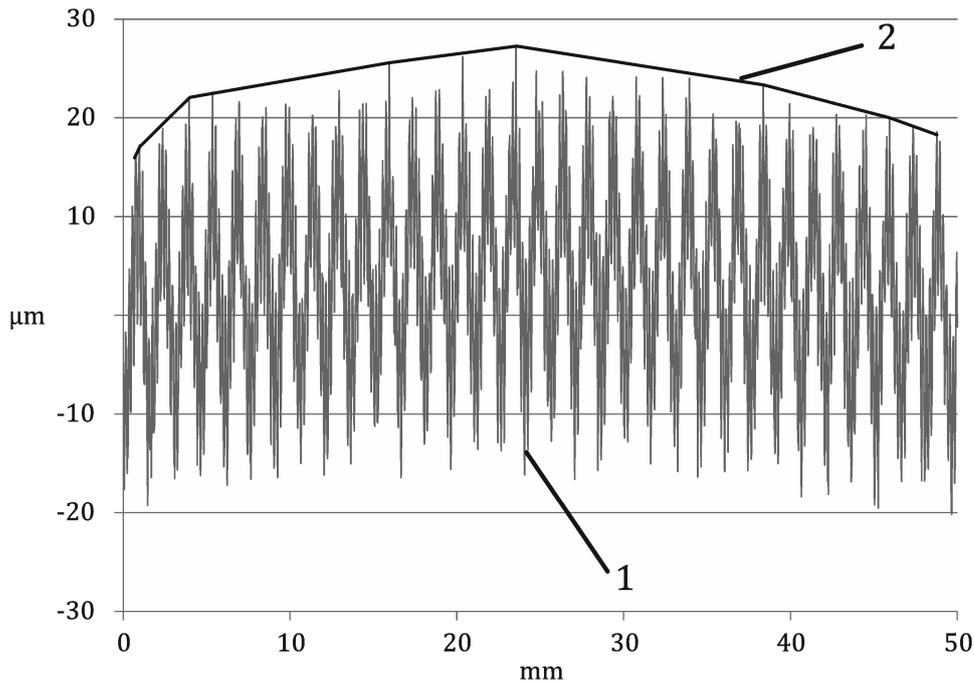
**Legende**

- 1 ungefiltertes Profil (grau)
- 2 gefiltertes Profil (schwarz)

**Bild E.7 — Mit einem Kugel-Closing-Filter gefiltertes Flächenprofil**

Das sich ergebende gefilterte Profil hat auch einen Gesamthöhenbereich von etwa 35 µm, weshalb das Kugel-Closing-Filter mit einer Kugel von 1 mm Durchmesser die beiden Profile nicht voneinander unterscheiden kann. Die Verwendung einer Kugel mit einem größeren Durchmesser als strukturierendem Geometrieelement hätte einen Unterschied gemacht. Also wäre ein Kugel-Closing-Filter mit einem größeren strukturierenden Geometrieelement geeignet, wenn die Funktion von der Lage der Spitzen abhängt, und das Profil in Bild E.1 ist nicht akzeptabel, sondern das Profil in Bild E.5, vorausgesetzt, die Spitzen sind in der korrekten Lage.

Bild E.8 zeigt dasselbe Profil wie in Bild E.5 nach Anwendung eines Konvexe-Hülle-Filters.



### Legende

- 1 ungefiltertes Profil
- 2 gefiltertes Profil

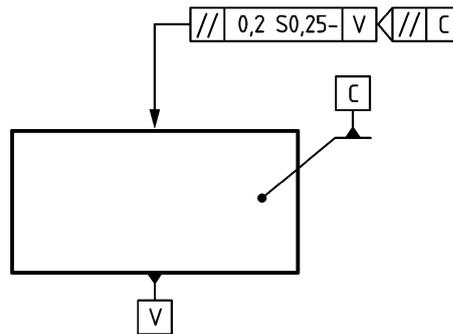
**Bild E.8 — Mit einem Konvexe-Hülle-Filter gefiltertes Flächenprofil**

In diesem Fall hat das sich ergebende gefilterte Profil einen Gesamthöhenbereich von etwa 10 µm, daher kann das Konvexe-Hülle-Filter die beiden Profile auch voneinander unterscheiden. Deshalb wäre ein Konvexe-Hülle-Filter geeignet, wenn die Funktion vom Ort der Spitzen abhängt, und das Profil in Bild E.1 ist nicht akzeptabel, sondern das Profil in Bild E.5, vorausgesetzt die Spitzen sind in der korrekten Lage. In diesem Fall sieht das Konvexe-Hülle-Filter einen größeren Unterschied zwischen den beiden Profilen als das Kugel-Closing-Filter.

Weitere Informationen, siehe die Normenreihe ISO 16610, insbesondere ISO 16610-1.

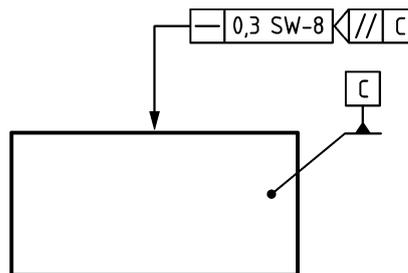
## E.2 Beispiele für Spezifikationen unter Verwendung von Filtern

Bild E.9 zeigt ein Beispiel für eine Parallelitäts-Spezifikation mit einem Langwellen-Filter. Das Spezifikationselement S zeigt an, dass ein Spline-Filter spezifiziert ist. Der Wert 0,25 gibt eine Grenzwellenlänge von 0,25 mm an, und da das Symbol „-“ nach dem Wert folgt, handelt es sich um ein Langwellen-Filter, das kürzere Wellenlängen als die Grenzwellenlänge eliminiert. Entsprechend gilt die Spezifikation für ein mit einem 0,25 mm-Langwellen-Spline-Filter gefiltertes Geometrieelement. Der neben dem Toleranzindikator stehende Schnittebenen-Indikator zeigt an, dass die Spezifikation für Linienelemente parallel zum Bezug C gilt, d. h. dass jede einzelne gefilterte Linie innerhalb einer Toleranzzone, die als Raum zwischen zwei Linien im Abstand von 0,2 mm voneinander definiert ist, parallel zum Bezug V sein muss.



**Bild E.9 — Beispiel für eine Parallelitäts-Spezifikation mit einem Langwellen Filter**

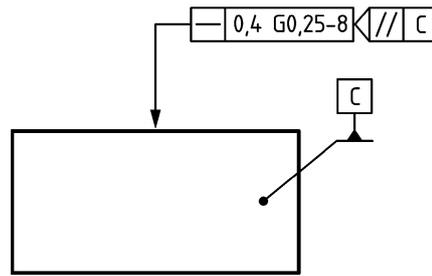
Bild E.10 zeigt ein Beispiel für eine Geradheitsspezifikation mit Hilfe eines Kurzwellenfilters. Das Spezifikationselement SW zeigt an, dass ein Spline-Wavelet-Filter spezifiziert ist. Der Wert 8 zeigt einen cut-off von 8 mm an, und weil ihm das Symbol „-“ vorangestellt ist, handelt es sich um ein Kurzwellenfilter, das alle Wellenlängen über dem cut-off eliminiert. Entsprechend gilt die Spezifikation für ein mit einem 8 mm-Kurzwellen-Spline-Wavelet-Filter gefiltertes Geometrieelement. Der neben dem Toleranzindikator stehende Schnittbenen-Indikator zeigt an, dass die Spezifikation für Linienelemente parallel zum Bezug C gilt, d. h. dass jede einzelne gefilterte Linie innerhalb einer Toleranzzone, die als Raum zwischen zwei Linien im Abstand von 0,3 mm voneinander definiert ist, gerade sein muss.



**Bild E.10 — Beispiel für eine Geradheitsspezifikation mit Kurzwellenpassfilter**

Kurzwellenfilter können nur für Formspezifikationen verwendet werden, d. h. für Spezifikationen, die keine Bezüge referenzieren, weil sie die Orts- und Richtungsattribute des tolerierten Geometrieelements eliminieren.

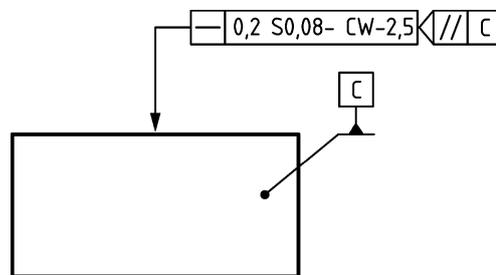
Bild E.11 zeigt ein Beispiel für eine Geradheitsspezifikation mit einem Bandpassfilter, bei dem nur ein Filtertyp zum Einsatz kommt. Das Spezifikationselement G zeigt an, dass ein Gauß-Filter spezifiziert ist. Weil zwei durch das Symbol „-“ getrennte numerische Werte angegeben sind, legt dies ein Bandpassfilter fest. Der erste Wert, 0,25, zeigt ein Langwellenfilter mit einem cut-off von 0,25 mm an, das alle kürzeren Wellenlängen eliminiert. Der Wert 8 zeigt ein Kurzwellenfilter mit einem cut-off von 8 mm an, das alle längeren Wellenlängen eliminiert. Entsprechend gilt die Spezifikation für ein Geometrieelement, das mit einem 0,25 mm-Langwellen-Gauß-Filter und einem 8 mm-Kurzwellen-Gauß-Filter gefiltert wurde, die gemeinsam ein Bandpassfilter bilden, das Wellenlängen zwischen 0,25 mm und 8 mm zurückhält, wodurch diese Spezifikation letztlich zu einer Art Welligkeitsspezifikation wird. Der neben dem Toleranzindikator stehende Schnittbenen-Indikator zeigt an, dass die Spezifikation für Linienelemente parallel zum Bezug C gilt, d. h. dass jede einzelne gefilterte Linie innerhalb einer Toleranzzone, die als Raum zwischen zwei Linien im Abstand von 0,4 mm voneinander definiert ist, gerade sein muss.



**Bild E.11 — Beispiel für eine Geradheitsspezifikation mit einem Bandpassfilter mit einem Filtertyp**

Weil Bandpassfilter ein Kurzwellenfilter enthalten, können sie nur für Formspezifikationen verwendet werden, d. h. für Spezifikationen, die keine Bezüge referenzieren, weil die Kurzwellenfilter die Orts- und Richtungsattribute des tolerierten Geometrieelements eliminieren.

Bild E.12 zeigt ein Beispiel für eine Geradheitsspezifikation mithilfe eines Bandpassfilters, bei dem zwei verschiedene Filtertypen zum Einsatz kommen. In diesem Falle muss das Langwellenfilter vor dem Kurzwellenfilter notiert werden. Das Spezifikationselement S zeigt an, dass ein Spline-Filter spezifiziert ist. Der Wert 0,08 gibt einen cut-off von 0,08 mm an, und da das Symbol „-“ nach dem Wert folgt, handelt es sich um ein Langwellen-Filter, das kürzere Wellenlängen als den cut-off eliminiert. Das Spezifikationselement CW zeigt an, dass ein Complex-Wavelet-Filter spezifiziert ist. Der Wert 2,5 zeigt einen cut-off von 2,5 mm an, und weil ihm das Symbol „-“ vorangestellt ist, handelt es sich um ein Kurzwellenfilter, das alle Wellenlängen über dem cut-off eliminiert. Die Spezifikation gilt für ein Geometrieelement, das mit einem 0,08 mm-Langwellen-Spline-Filter und einem 2,5 mm-Kurzwellen-Complex-Wavelet-Filter gefiltert wurde, die gemeinsam ein Bandpassfilter bilden, das Wellenlängen zwischen 0,08 mm und 2,5 mm zurückhält, wodurch diese Spezifikation letztlich zu einer Art Welligkeitsspezifikation wird. Der an den Toleranzindikator angrenzende Schnittebenen-Indikator zeigt an, dass die Spezifikation für Linienelemente parallel zum Bezug C gilt, sodass jede einzelne gefilterte Linie innerhalb einer Toleranzzone, die als Raum zwischen zwei Linien im Abstand von 0,2 mm voneinander definiert ist, gerade sein muss.

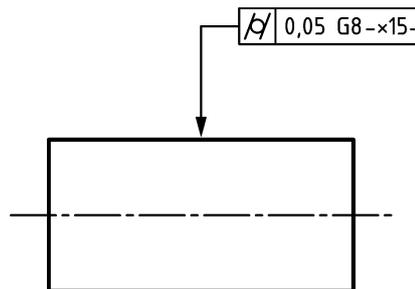


**Bild E.12 — Beispiel für eine Geradheitsspezifikation mit einem Bandpassfilter mit zwei verschiedenen Filtertypen**

Bild E.13 zeigt ein Beispiel für eine Rundheitsspezifikation. Das Spezifikationselement G zeigt an, dass ein Gauß-Filter spezifiziert ist. Weil es sich um eine Rundheitsspezifikation handelt, wird das tolerierte Geometrieelement als geschlossenes Geometrieelement angesehen und der Nesting-Index entsprechend in UPR (Wellenzahl je Umdrehung) angegeben. Folglich zeigt der Wert 50 eine Grenzwellenanzahl von 50 Wellen je Umdrehung an, und weil ihm nachgestellt das Symbol „-“ angegeben ist, handelt es sich um ein Langwellenfilter, das alle kürzeren Wellenlängen (höhere UPR-Zahlen) eliminiert. Infolgedessen gilt die Spezifikation für ein Geometrieelement, das mit einem 50-UPR-Langwellen-Gauß-Filter gefiltert wurde. Jede einzelne gefilterte Umfangslinie muss innerhalb einer Toleranzzone enthalten sein, die als Raum zwischen zwei konzentrischen Kreisen mit einem Radiusunterschied von 0,01 mm definiert ist.



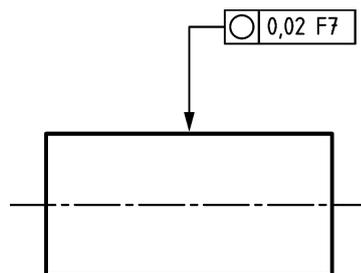
Bild E.16 zeigt ein Beispiel für eine Zylindritätsspezifikation. Das Spezifikationselement G zeigt an, dass ein Gauß-Filter spezifiziert ist. Weil es sich um eine Zylindritätsspezifikation handelt, ist das tolerierte Geometrieelement in der Achsenrichtung offen und in der Umfangsrichtung geschlossen. Der Nesting-Index in der Achsenrichtung wird daher in mm angegeben und der Nesting-Index in der Umfangsrichtung in der Grenzwellenzahl je Umdrehung (UPR). Vereinbarungsgemäß wird der Wert des Axialfilters vor dem Wert des Umfangsfilters angegeben. Entsprechend zeigt der Wert 8 8 mm und der Wert 15 15 UPR an. Da beiden ein „-“ nachgestellt ist, handelt es sich bei beiden um Langwellenfilter. Folglich gilt die Spezifikation für ein Geometrieelement, das in der Achsenrichtung mit einem 8 mm-Langwellen-Gauß-Filter und in der Umfangsrichtung mit einem 50 UPR-Langwellen-Gauß-Filter gefiltert wurde. Die gefilterte Fläche muss innerhalb einer Toleranzzone liegen, die als Raum zwischen zwei koaxialen Zylindern mit einem Radiusunterschied von 0,05 mm definiert ist. Da beide Filter zum selben Typ gehören, wird der Typ nicht zweimal angegeben, wie in Bild E.15 zu sehen.



**Bild E.16 — Beispiel für eine Zylindritätsspezifikation — Gaußfilter**

Bild E.17 zeigt ein Beispiel für eine Rundheitspezifikation. Das Spezifikationselement F (Fourier) zeigt an, dass die Spezifikation für nur eine Harmonische bzw. Oberwelle gilt (Wellenlänge oder UPR-Zahl) oder einen Bereich von Harmonischen. Der Wert 7 zeigt 7 UPR als die identifizierte Harmonische an, weil die Spezifikation für ein geschlossenes Geometrieelement (einen Kreis) gilt. Entsprechend gilt die Spezifikation für die 7. Harmonische des Geometrieelements. Jede einzelne gefilterte Umfangslinie muss innerhalb einer Toleranzzone enthalten sein, die als Raum zwischen zwei konzentrischen Kreisen mit einem Radiusunterschied von 0,02 mm definiert ist.

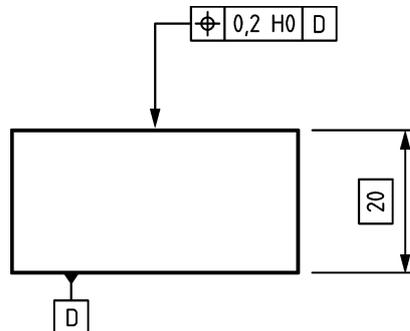
ANMERKUNG Da UPR-Werte Kehrwerte von Wellenlängen sind und die kurze Wellenlänge zuerst angezeigt wird, wird der höhere UPR-Wert zuerst für Bandpassfilter für geschlossene Geometrieelemente angegeben.



**Bild E.17 — Beispiel für eine Rundheitspezifikation angewandt auf eine Harmonische oder einen Bereich von Harmonischen**

Eine Anzeige von z. B. „F7-“ ist zu verwenden, um anzugeben, dass die Spezifikation für ein gefiltertes Geometrieelement gilt, das alle Harmonischen enthält, die länger oder gleich lang sind wie der angezeigte Wert (geringere UPR-Zahlen), in diesem Fall alle Harmonischen von 1 UPR bis 7 UPR. Eine Anzeige von z. B. „F-7“ ist zu verwenden, um anzugeben, dass die Spezifikation für ein gefiltertes Geometrieelement gilt, das alle Harmonischen enthält, die kürzer oder gleich lang sind wie der angezeigte Wert (höhere UPR-Zahlen), in diesem Fall alle Harmonischen von 7 UPR und höher. Eine Anzeige von z. B. „F7-2“ ist zu verwenden, um anzugeben, dass die Spezifikation für ein gefiltertes Geometrieelement gilt, das den angegebenen Bereich von Harmonischen enthält, in diesem Fall alle Harmonischen von 2 UPR bis 7 UPR.

Bild E.18 zeigt ein Beispiel für eine Positionsspezifikation. Das Spezifikationselement H zeigt an, dass die Spezifikation für das Geometrieelement nach Anwendung eines Hüllen-Filters gilt. Der Wert 0 zeigt an, dass das Filter ein Konvexhüllen-Filter ist. Die gefilterte Fläche muss zwischen zwei Ebenen im Abstand von 0,2 mm voneinander enthalten sein, in der theoretisch korrekten Richtung und Lage in Bezug zu Bezug D.



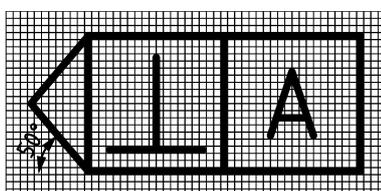
**Bild E.18 — Beispiel für eine Positionsspezifikation**

## Anhang F (normativ)

### Verhältnisse und Maße von graphischen Symbolen

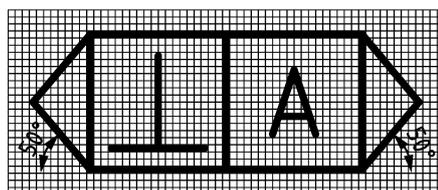
Um die Größenmaße der in diesem Dokument spezifizierten Symbole mit anderen Zeichnungseintragungen in Einklang zu bringen (Maße, Buchstaben, Toleranzen), müssen die in diesem Anhang angegebenen Regeln befolgt werden, die mit ISO 81714-1 übereinstimmen. Weitere graphische Symbole sind in ISO 3098-5 angegeben.

Die in Tabelle 2 beschriebenen graphischen Symbole müssen wie in den Bildern F.1 bis F.5 gezeichnet werden.



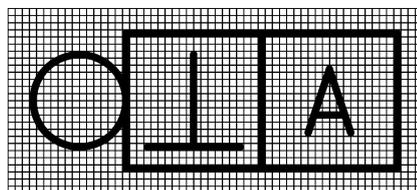
ANMERKUNG Der am weitesten links befindliche Punkt des Schnittbenen-Indikators muss den Toleranzindikator berühren, siehe z. B. Bild 77.

**Bild F.1 — Schnittbenen-Indikator**



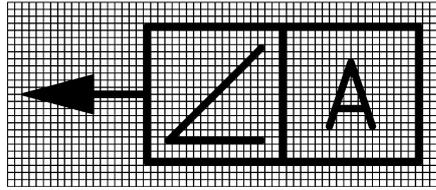
ANMERKUNG Der am weitesten links befindliche Punkt des Orientierungsebenen-Indikators muss den Toleranzindikator oder Schnittbenen-Indikator berühren, siehe z. B. Bild 83.

**Bild F.2 — Orientierungsebenen-Indikator**



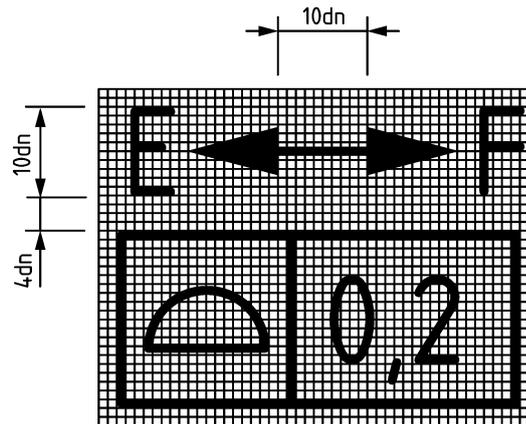
ANMERKUNG Der am weitesten links befindliche Punkt des Kollektionsebenen-Indikators muss den Toleranzindikator oder Schnittbenen-Indikator berühren, siehe z. B. Bild 51 a) und b).

**Bild F.3 — Kollektionsebenen-Indikator**



ANMERKUNG Der am weitesten links befindliche Punkt des Richtungselement-Indikators muss den Toleranzindikator oder einen angegebenen Ebenen-Indikator berühren, siehe z. B. Bild 85.

**Bild F.4 — Richtungselement-Indikator**



ANMERKUNG  $dn$  ist die Breite der schmalen Linie.

**Bild F.5 — “Zwischen”-Symbol**

## Anhang G (informativ)

### Zusammenhang mit dem GPS-Matrix-Modell

#### G.1 Allgemeines

Zu den vollständigen Einzelheiten des GPS-Matrix-Modells siehe ISO 14638.

Der ISO/GPS-Masterplan in ISO 14638 gibt einen Überblick über das ISO-GPS-System, von dem dieses Dokument ein Teil ist. Die in ISO 8015 gegebenen grundsätzlichen Regeln von ISO/GPS gelten für dieses Dokument. Die Default-Entscheidungsregeln nach ISO 14253-1 gelten für Spezifikationen, die nach diesem Dokument getroffen werden, solange nichts anderes angegeben ist.

#### G.2 Informationen über diese Norm und ihre Verwendung

Dieses Dokument enthält grundlegende Informationen für die geometrische Tolerierung von Werkstücken. Sie ist die Ausgangsbasis und beschreibt die Grundlagen für die geometrische Tolerierung.

#### G.3 Position im GPS-Matrix-Modell

Dieses Dokument ist eine allgemeine GPS-Norm, die Kettenglied A, B und C der Normenkette für Form, Richtung, Lage, Lauf in der allgemeinen GPS-Matrix beeinflusst, wie in Tabelle G.1 graphisch dargestellt.

**Tabelle G.1 — Stellung im GPS-Matrix-Modell**

	Kettenglieder						
	A	B	C	D	E	F	G
	Symbole und Angaben	Elementanforderungen	Merkmale von Geometrieelementen	Übereinstimmung und Nicht-Übereinstimmung	Messung	Messgeräte	Kalibrierung
Größenmaß							
Abstand							
Form	x	x	x				
Richtung	x	x	x				
Ort	x	x	x				
Lauf	x	x	x				
Oberflächenbeschaffenheit: Profil							
Oberflächenbeschaffenheit: Fläche							
Oberflächenunvollkommenheiten							

#### G.4 Verwandte Normen

Die verwandten Normen gehen aus den in Tabelle G.1 angegebenen Normenketten hervor.

## Literaturhinweise

- [1] ISO 128 (all parts), *Technical drawings — General principles of presentation*
- [2] ISO 129 (all parts), *Technical drawings — Indication of dimensions and tolerance*
- [3] ISO 3040:1990, *Technical drawings — Dimensioning and tolerancing — Cones*
- [4] ISO 3098-1; *Technical product documentation — Lettering — Part 1: General requirements*
- [5] ISO 3098-2:2000, *Technical product documentation — Lettering — Part 2: Latin alphabet, numerals and marks*
- [6] ISO 3098-5, *Technical product documentation — Lettering — Part 5: CAD lettering of the Latin alphabet, numerals and marks:*
- [7] ISO 7083:1983, *Technical drawings — Symbols for geometrical tolerancing — Proportions and dimensions*
- [8] ISO 14253-1, *Geometrical product specifications (GPS) — Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment — Part 1: Decision rules for proving conformity or nonconformity with specifications*
- [9] ISO 14638, *Geometrical Product Specifications (GPS) — Matrix model*
- [10] ISO 16792, *Technical product documentation — Digital product definition data practices*
- [11] ISO/TS 17863:2013, *Geometrical product specification (GPS) — Geometrical tolerancing of moveable assemblies*
- [12] ISO 81714-1, *Design of graphical symbols for use in the technical documentation of products — Part 1: Basic rules*