Geometrische Tolerierung – Methodik und Übungen



Leseprobe

Fachmodul zu Zeichnungstechnik

Ausgabe ohne Lösungen

EDITION SWISSMEM

SWISSMEM Berufsbildung

Impressum

Herausgeberin:	Edition Swissmem
Bezeichnung:	Fachmodul Zeichnungstechnik «Geometrische Tolerierung – Methodik und Übungen» Ausgabe ohne Lösungen
Version:	Neuauflage 2020
	Copyright © bei Edition Swissmem, Zürich und Winterthur
ISBN:	XXXXXXX
Projektleitung:	Joachim Pérez, Swissmem Berufsbildung, CH-8400 Winterthur
Autor:	Willi Tschudi, CH-8355 Aadorf
Layout und Zeichnungen:	Daniel Baur, Swissmem Berufsbildung, CH-8400 Winterthur
Fachliche Beratung:	Prof. Dr.-Ing. Volker Läpple, Steinbeis-Beratungszentrum Konstruktion, Werkstoffe und Normung, D-73614 Schorndorf www.toleranzen-beratung.de
Druck:	Printed in Switzerland
Quelle:	Prof. Dr.-Ing Volker Läpple, Steinbeis-Beratungszentrum Konstruktion, Werkstoffe und Normung, D-73614 Schorndorf www.toleranzen-beratung.de Schweizerische Normenvereinigung SNV, DIN e.V. Maschinenfabrik Rieter AG, Winterthur
Feedback-tool:	Für Verbesserungsvorschläge, Korrekturen oder Anmerkungen https://www.swissmem-berufsbildung.ch/feedback-tool
Bezugsquelle:	Swissmem Berufsbildung Brühlbergstrasse 4 CH-8400 Winterthur Telefon +41 52 260 55 55 Fax +41 52 260 55 59 vertrieb.berufsbildung@swissmem.ch www.swissmem-berufsbildung.ch

Urheberrecht Alle Rechte vorbehalten. Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf deshalb der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlags.

Leseprobe

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung **3**
1.1 Erläuterung zum Inhalt des Fachmoduls und zur Bearbeitung der Übungen 4
2. Methodik der geometrischen Tolerierung **5**
2.1 Grundlagen 6
2.2 Methodik («Checkliste» nach Prof. Dr.-Ing. V. Läpple, Steinbeis) 6
2.3 Methodik der geometrischen Tolerierung am Beispiel einfacher Bauteile 8
2.4 Funktionen einer Baugruppe analysieren und vollständige GPS-Spezifikationen erstellen 17
3. Mögliche Spezifikationsvorschläge **55**
3.1 Zwei mögliche Spezifikationen am Beispiel «Gelenkhebel» 56
3.2 Mögliche erste Lösung 57
3.3 Mögliche zweite Lösung 59
4. Übungen **61**
4.1 Aufgabe «Begriffe» 62
4.2 Aufgabe «Kennzeichnung von Bezugselementen» 63
4.3 Aufgabe «Modifikatoren» 69
4.4 Aufgabe «Geometrische Spezifikationen» 71
4.4 Aufgabe «Richtige Festlegung von Bezügen» 81
4.5 Aufgabe «Geometrische Spezifikation mit und ohne Bezüge» 82
4.6 Aufgabe «Interpretationen» 85
4.7 Aufgabe «Modifikatoren für Toleranzzonen» 90
4.8 Aufgabe «Freiheitsgrade» 91
5. Übungen aus der Praxis **93**
5.1 Aufgabe «Lagerarm» 94
5.2 Aufgabe «Schwenkhebel» 97
5.3 Aufgabe «Taktgeber» 100
5.4 Aufgabe «Spannvorrichtung» 105
5.5 Aufgabe «Druckhebel» 111
5.6 Aufgabe «Antriebseinheit» 116
5.7 Aufgabe «Antrieb» 120

Leseprobe

Zeichenerklärung



Wichtige Hinweise



Information



Lösen Sie diese Aufgaben mit den geeignetsten Hilfsmitteln (z.B. schreiben, skizzieren, mithilfe des CAD).

Leseprobe

1. Einleitung



Leseprobe

1. Einleitung

1.1 Erläuterung zum Inhalt des Fachmoduls und zur Bearbeitung der Übungen

Es gibt zwei Fachmodule zur geometrischen Tolerierung:
«Geometrische Tolerierung – Grundlagen»
«Geometrische Tolerierung – Methodik und Übungen»

Das Fachmodul **«Geometrische Tolerierung – Grundlagen»** beinhaltet die theoretisch-normativen Grundlagen zur geometrischen Tolerierung.

Das Fachmodul **«Geometrische Tolerierung – Methodik und Übungen»** beschreibt die Methodik des geometrischen Tolerierens, ausgehend von der Analyse der funktionellen Anforderungen bis zur Spezifikation mit Hilfe der aktuellen Symbolik des GPS-Normensystems der ISO.

Um das Fachmodul «Geometrische Tolerierung – Methodik und Übungen» zu bearbeiten, ist es empfehlenswert, vorgängig das Fachmodul «Geometrische Tolerierung – Grundlagen» zu studieren.

Bei den Zeichnungen handelt es sich um Beispiele zur Veranschaulichung des Textes. Sie sind nur insoweit vollständig, als dass sie den beschriebenen Sachverhalt darstellen und sind nicht zwingend massstabgetreu gezeichnet. Die angegebenen Toleranzwerte sind zum Teil nur beispielhaft gewählt und müssen je nach Anwendung funktionsgerecht festgelegt werden. Alle Massangaben in Millimeter, sofern nicht anders angegeben.

Diesem Fachmodul wurde das GPS-Regelwerk der ISO zugrunde gelegt. Soweit keine Masse angegeben wurden, soll vorausgesetzt werden, dass zur Spezifikation der Nenngeometrie ein digitaler CAD-Datensatz verfügbar ist. Für in die Zeichnungen eingetragene, aber nicht tolerierte Masse sollen Grenzabmasse gemäss ISO 2768-1 (z.B. Toleranzklasse «m») vereinbart sein. Auf eventuelle Spezifikationsmehrdeutigkeiten bei der Verwendung von ISO 2768-1 wird hingewiesen.

Alle Zeichnungen wurden mit verschiedenen Programmen (z.B. CAD, Illustrator) erstellt. Dadurch können gewisse Elemente unterschiedlich dargestellt sein, wie z.B. Mittellinien.

Leseprobe

2. Methodik der geometrischen Tolerierung



Leseprobe

2. Methodik der geometrischen Tolerierung

2.1 Grundlagen

Gemäss dem «Grundsatz der Verantwortlichkeit» (siehe ISO 8015) ist es die Aufgabe (Verantwortung) des Konstrukteurs, die funktionellen Anforderungen durch geeignete Spezifikationen auf Basis des GPS-Normensystems der ISO, z.B. auf einer 2D-Zeichnung oder als CAD-Attribute, festzulegen. Dabei ist auf Vollständigkeit und Eindeutigkeit der Spezifikation zu achten. Anforderungen aus der Fertigung sowie aus der Messtechnik können gegebenenfalls die Spezifikation beeinflussen, dürfen aber die funktionellen Anforderungen nicht überschreiben (siehe auch ISO/TS 21619). Dies bedeutet:

Kann mit einer verfügbaren Messsoftware oder mit einem verfügbaren «analogen» Prüfmittel eine aus funktioneller Sicht notwendige GPS-Spezifikation nicht verifiziert werden, so darf dennoch die Spezifikation nicht dahingehend verändert werden, dass eine einfache Verifikation ermöglicht wird. Vielmehr muss umgekehrt auf Basis der GPS-Spezifikation ein geeignetes Prüfverfahren festgelegt, ein geeignetes Prüfmittel ausgewählt und die Messunsicherheit ermittelt werden (nähere, detaillierte Informationen siehe ISO 17450-2).

2.2 Methodik («Checkliste» nach Prof. Läpple, Steinbeis)

Die grundsätzliche, allgemeine Vorgehensweise (Methodik) zur Festlegung dimensioneller und geometrischer Merkmale sowie zur Beschreibung der Oberflächenbeschaffenheit (Profil bzw. Fläche) umfasst im Wesentlichen die nachfolgenden Schritte ①…⑭.

① **Festlegung des vereinbarten Regelwerks für die Spezifikation, Interpretation und Verifikation der dimensionellen und geometrischen Merkmale sowie der Oberflächenbeschaffenheit.**
(z.B. Hinweis auf ISO 8015 zum »Aufrufen« des GPS-Regelwerks der ISO).

② **Fundamentale Grundsätze des vereinbarten Regelwerks berücksichtigen.**
Im Falle des GPS-Regelwerks der ISO (ISO GPS) sind insbesondere der «Grundsatz der Unabhängigkeit» sowie weitere elementare Grundlagen und Grundsätze (siehe u. a. ISO 8015 sowie ISO 17450-1, -2, -3) zu beachten.

③ **Funktionsanforderungen analysieren**
Die Betrachtung der gesamten Baugruppe ist hilfreich. Zudem mögliche fertigungsbedingte (z.B. Formschrägen), werkstoffmechanische (z.B. Schwindung von Kunststoffen), prüftechnische oder wirtschaftliche Randbedingungen zusammenstellen.

④ **Bezugselemente identifizieren.**
Sollen funktionelle Anforderungen beschrieben werden, dann simulieren Bezüge in der Regel das geometrisch ideale Nachbarbauteil. Bezugselemente werden in diesem Fall an den Schnittstellen zum Nachbarbauteil festgelegt. Stehen keine funktionellen Anforderungen im Vordergrund, kann (ggf. unter Berücksichtigung von Anforderungen der Verifikation) ein «allgemeines Bezugssystem» (im Sinne eines kartesischen Koordinatensystems) durch Festlegung von Bezugsstellen (siehe ISO 5459) spezifiziert werden.

⑤ **Bezugselemente tolerieren.**
Die zulässige Abweichung der gewählten Bezugselemente von ihrer geometrisch perfekten Form sollte stets direkt oder indirekt begrenzt werden. Im Falle eines gemeinsamen Bezugs oder eines Bezugssystems sollten die Bezugselemente zusätzlich zueinander richtungs- oder ortstoleriert werden.

⑥ **Dimensionelle und geometrische Merkmale auswählen und festlegen.**
Hierbei ist darauf zu achten, dass die funktionellen Anforderungen möglichst gut nachgebildet werden (möglichst geringe Mehrdeutigkeit der Funktionsbeschreibung). Weiterhin ist darauf zu achten, dass der gewählte Spezifikationsoperator eine geringe Spezifikationsmehrdeutigkeit aufweist, also möglichst vollständig ist. So sollten beispielsweise «Plus-Minus-Toleranzen» (siehe ISO 14405-2) vermieden werden. Zusätzlich Anforderungen aus der Fertigung, der Werkstoffart (z.B. Kunststoff), der Prüfung/Verifikation oder der wirtschaftlichen Randbedingung können – falls relevant – ebenfalls die Auswahl der dimensionellen und geometrischen Merkmale beeinflussen, dürfen aber die funktionellen Anforderungen keinesfalls überschreiben.

Leseprobe

2. Methodik der geometrischen Tolerierung

⑦ **Grenzabmasse für dimensionelle Toleranzen sowie Toleranzzonenweiten für geometrische Merkmale festlegen.**
Basis hierfür kann eine arithmetische («worst case») oder statistische Toleranzanalyse sein. Unnötig enge («Angst»-)Toleranzen sind im Hinblick auf die Fertigungs- und Prüfkosten zu vermeiden.

⑧ **Oberflächenkenngrössen und Zahlenwert entsprechend den funktionellen Anforderungen wählen und Spezifikationsoperator vollständig definieren.**

⑨ **Kanten und Übergänge zwischen Geometrieelementen eindeutig beschreiben.**
Mehrdeutige geometrische Spezifikationen vermeiden (z.B. Verzicht auf ISO 13715 und stattdessen ISO 21204 anwenden). Falls dies nicht möglich oder zweckmässig ist, sollte die daraus resultierende Gesamtunsicherheit (Summe der Mehrdeutigkeit der Funktionsbeschreibung, der Spezifikationsmehrdeutigkeit und der Messunsicherheit) abgeschätzt werden.

⑩ **Die zulässige Abweichung nicht funktionsrelevanter Geometrieelemente von ihrem geometrisch idealen Zustand müssen durch allgemeine Spezifikationen beschrieben, sofern sie nicht bereits durch individuelle Spezifikationen erfasst werden.**
Hierfür sind festzulegen:
– eine **allgemeine geometrische Spezifikation** (geometrisches Merkmal und Toleranzzonenweite) für die zulässige Form-, Richtungs- und Ortsabweichung,
– eine **allgemeine dimensionelle Spezifikation** (Grössenmassmerkmal und Toleranzwert), falls nicht alle Grössenmasselemente bereits durch die allgemeine dimensionelle Spezifikation erfasst werden,
– eine **allgemeine Spezifikation für die Oberflächenbeschaffenheit**,
– eine **allgemeine geometrische Spezifikation für definierte Übergänge zwischen Geometrieelementen** (z.B. ISO 21204).

Die Toleranzwerte sind im Hinblick auf die Werkstoffart (z.B. Kunststoff oder Stahl) sowie das beabsichtigte Fertigungsverfahren (z.B. Spritzguss oder mechanische Bearbeitung) sinnvoll zu wählen. Bei Verwendung bzw. Verweis auf Allgemeintoleranznormen (z.B. ISO 2768-1 und -2, ISO 20457, DIN 6930-2) ist zu beachten, dass durch diese Normen in der Regel **keine** vollständige und eindeutige allgemeine Spezifikation möglich ist.

⑪ **Prüfung der vollständigen Beschreibung der geometrischen Gestalt des Bauteils.**
Für jedes einzelne Geometrieelement muss die zulässige Abweichung der
– Form,
– Richtung,
– Ort,
– Oberflächenbeschaffenheit
vom geometrisch idealen Zustand (Nenngeometrie) durch allgemeine oder individuelle Spezifikationen festgelegt sein.
Für Grössenmasselemente muss – soweit nicht bereits durch geometrische Merkmale erfasst - zusätzlich noch die Abweichung des linearen Grössenmasses vom Nennmass spezifiziert sein.

⑫ **Plausibilitätsprüfung der spezifizierten dimensionellen und geometrischen Spezifikationen durchführen.**
Überprüfung, ob die Spezifikationen Redundanzen (unnötige Spezifikationen) oder gar Widersprüche aufweisen.

⑬ **Prüfung der korrekten (normkonformen) 2D- bzw. 3D-Visualisierung**
(u. a. ISO 128-1, -2, -3; ISO 129-1; ISO 1101).

⑭ **Falls erforderlich, können zusätzliche, geometriefremde Anforderungen, wie z.B. Werkstoffart, Anforderungen an das Halbzeug, Prüfbescheinigung für den Werkstoff oder Wärmebehandlungsangaben festgelegt werden.**
Auch hierbei ist auf eine eindeutige und vollständige Spezifikation im Sinne der einschlägigen Standards zu achten. Diese Informationen können allerdings auch in anderen Dokumenten vereinbart oder detailliert werden, wie zum Beispiel eine die Zeichnung begleitende Wärmebehandlungsanweisung (HTO) für die Festlegung der Einzelheiten des erforderlichen Wärmebehandlungsverfahren.

Leseprobe

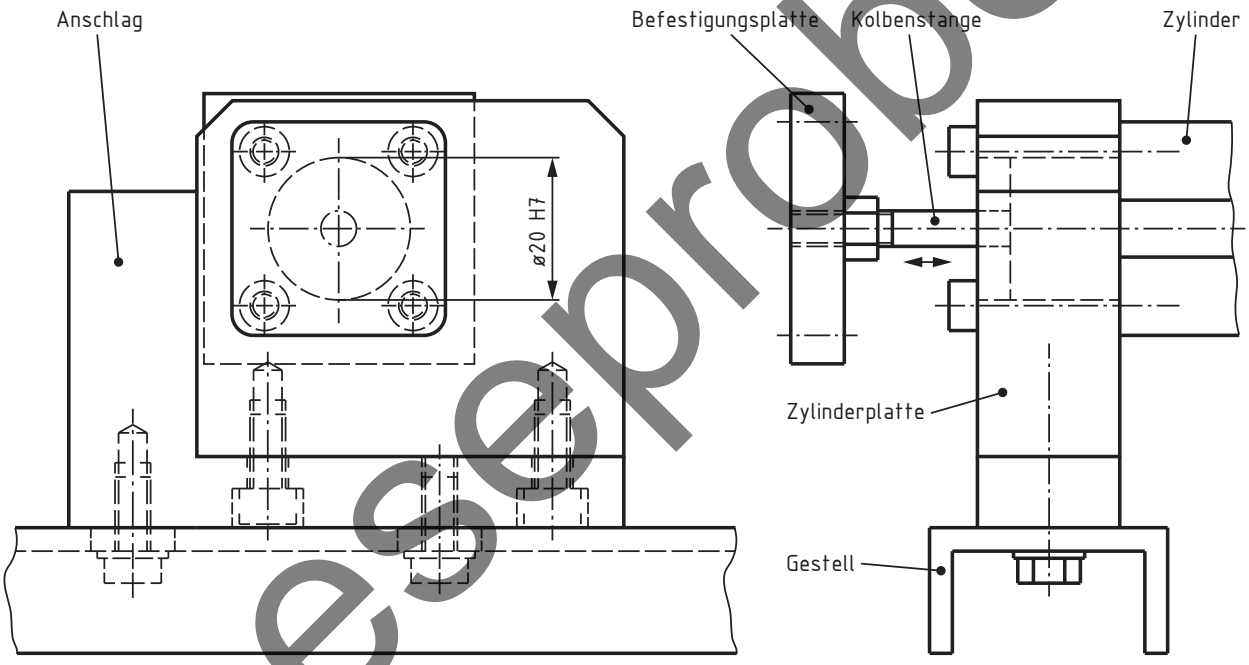
2. Methodik der geometrischen Tolerierung

2.3 Methodik der geometrischen Tolerierung am Beispiel einfacher Bauteile

Die nachfolgenden Beispiele sollen die grundsätzliche Vorgehensweise (Methodik) der geometrischen Tolerierung auf Basis des GPS-Normensystems der ISO erläutern. Dabei soll zunächst auf eine Funktionsanalyse verzichtet werden und nur die gegeben funktionellen Anforderungen in GPS-Spezifikationselemente «übersetzt» werden. Funktionskonformität, Eindeutigkeit und Vollständigkeit der Spezifikationen soll das primäre Ziel der nachfolgenden einfachen Beispiele sein.

2.3.1 Beispiel 1: Zylinderplatte

Funktionsbeschreibung:
Eine Zylinderplatte mit Zylinder wird seitlich mittels einem Anschlag ausgerichtet und anschliessend als Baugruppe auf ein Gestell montiert. Der Zylinder wird in der Zylinderplattenbohrung ø20 H7 aufgenommen und mit vier Schrauben befestigt. Aufgrund weiterer Funktionen bestehen besondere Anforderungen an die Richtung und den Ort der Bohrung ø20 H7.

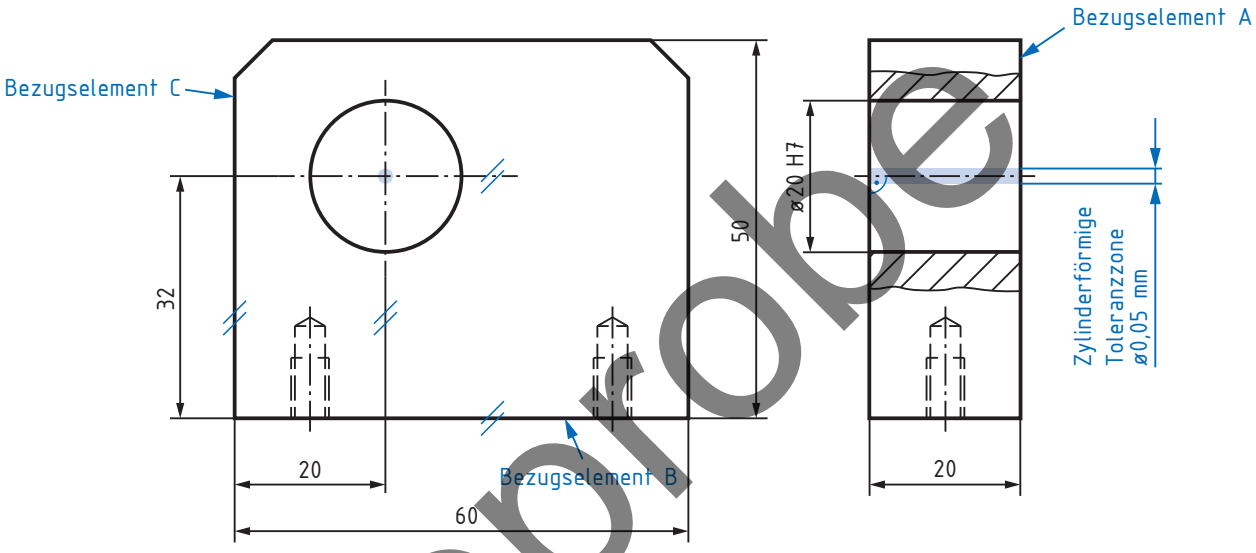


Leseprobe

2. Methodik der geometrischen Tolerierung

Anforderungen an die Zylinderplatte:

1. Aus den in der Abbildung gekennzeichneten Bezugselementen («A», «B» und «C») ist ein Bezugssystem aufzubauen.
2. Die tolerierte nominale mittlere Linie (Mittelachse) der Bohrung ø20 H7 (toleriertes Nenngeometrieelement bzw. Referenzgeometrieelement) muss rechtwinklig zum Bezug «A» orientiert sein und sich am theoretisch exakten Ort hinsichtlich der Bezüge «B» und «C» befinden.
3. Die tolerierte, extrahierte mittlere Linie der Bohrung muss sich innerhalb einer symmetrisch zum tolerierten Nenngeometrie- bzw. Referenzgeometrieelement angeordneten zylinderförmigen Toleranzzone mit einer Weite von 0,05 mm befinden.



Lesepro be

Lösungsansatz:

1. Bezugssystem aufbauen:
   - Primärbezug: A
   - Sekundärbezug: B
   - Sekundärbezug C

   Um eine möglichst gute Übereinstimmung zwischen dem Messergebnis und der Funktion sowie eine ausreichende Reproduzierbarkeit des Messergebnisses sicherzustellen, sollten Bezugselemente grundsätzlich geometrisch toleriert werden. Dabei gilt die folgende Regel:
   - Bezugselemente für Einzelbezüge, gemeinsame Bezüge sowie für primäre Bezüge eines Bezugssystems: Die Formabweichung wird durch eine Formspezifikation begrenzt. Anstelle einer Formspezifikation kann die Formabweichung auch indirekt (z.B. durch die Hüllbedingung) begrenzt werden.
   - Bezugselemente für gemeinsame Bezüge sowie sekundäre bzw. tertiäre Bezüge von Bezugssystemen: Die Richtungs- bzw. Ortsabweichung der jeweiligen Bezugselemente zueinander wird durch eine Richtungs- bzw. Ortsspezifikation begrenzt.

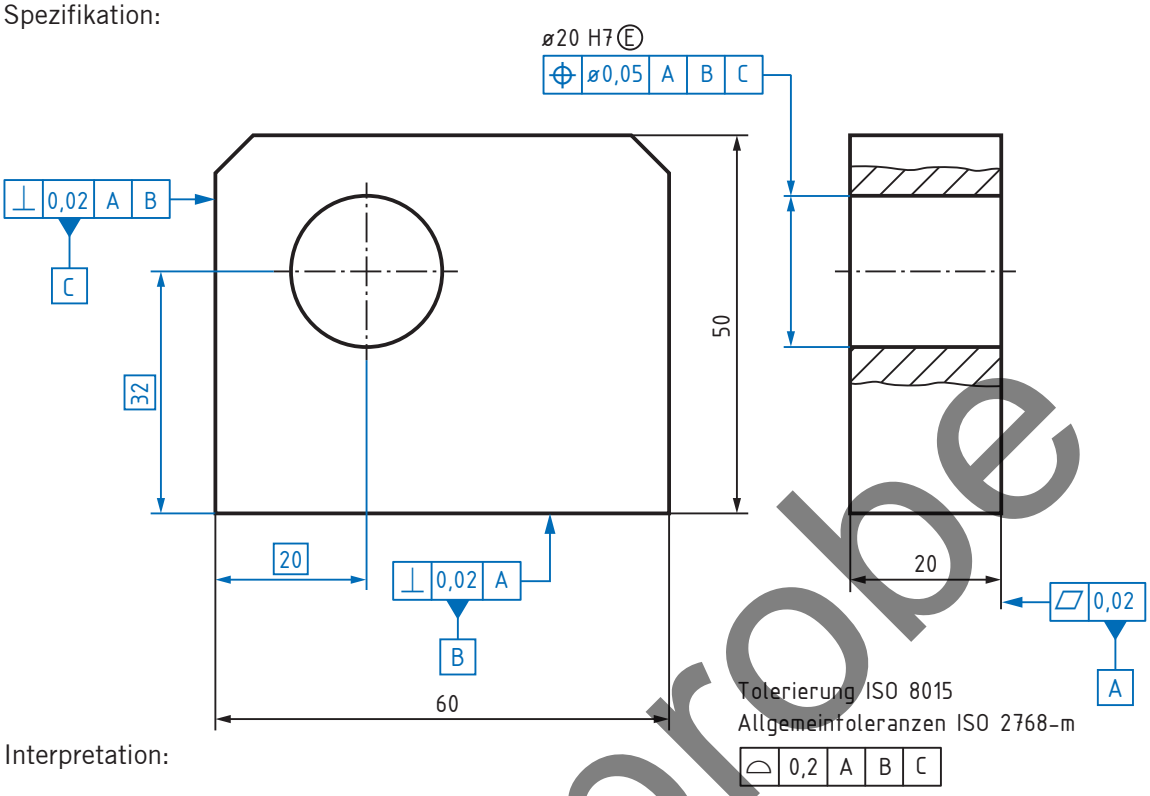
   Die Toleranzzonenweiten sollten dabei deutlich kleiner gewählt werden, als die kleinste zulässige Richtungs- bzw. Ortsabweichung derjenigen geometrischen Spezifikationen, welche auf diese Bezüge verweisen.

2. Die Richtung (Orientierung) des tolerierten Nenngeometrieelements und somit der Toleranzzone wird durch ein implizites TED-Mass (90°) [1]) zum Primärbezug «A» festgelegt. Der Ort wird durch die beiden expliziten TED-Masse 32 mm und 20 mm zu den Bezügen «B» und «C» festgelegt. Die Eintragung (Visualisierung) der expliziten TED-Masse in die Produktdokumentation ist optional. Alternativ kann auch ein Verweis auf einen CAD-Datensatz erfolgen.

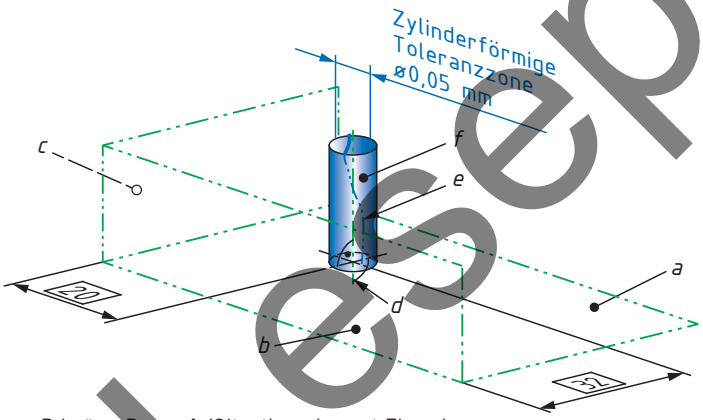
1) TED-Mass = Theoretisch exaktes Mass (theoretically exact dimension)

2. Methodik der geometrischen Tolerierung

Spezifikation:



Interpretation:



a = Primärer Bezug A (Situationselement Ebene)
b = Sekundärer Bezug B (Situationselement Ebene) rechtwinklig zum Bezug A
c = Tertiärer Bezug C (Situationselement Ebene) rechtwinklig zum Bezug A und B
d = Toleriertes Nenngeometrieelement bzw. Referenzgeometrieelement
(definiert am nominalen Oberflächenmodell bzw. Nennmodell).
Hier: Tolerierte, nominale mittlere bzw. zentrale Linie der Bohrung.
e = Toleriertes, extrahiertes Geometrieelement (definiert am nicht-idealen Oberflächenmode
oder Hautmodell bzw. am realen Werkstück).
Hier: Tolerierte, extrahierte Mittelline (auch extrahierte mittlere bzw. zentrale Linie)
der Bohrung (defaultmässiges Extraktionsverfahren siehe ISO 17450-3).
f = Zylinderförmige Toleranzzone mit einem Durchmesser von 0,05 mm

Anmerkung:

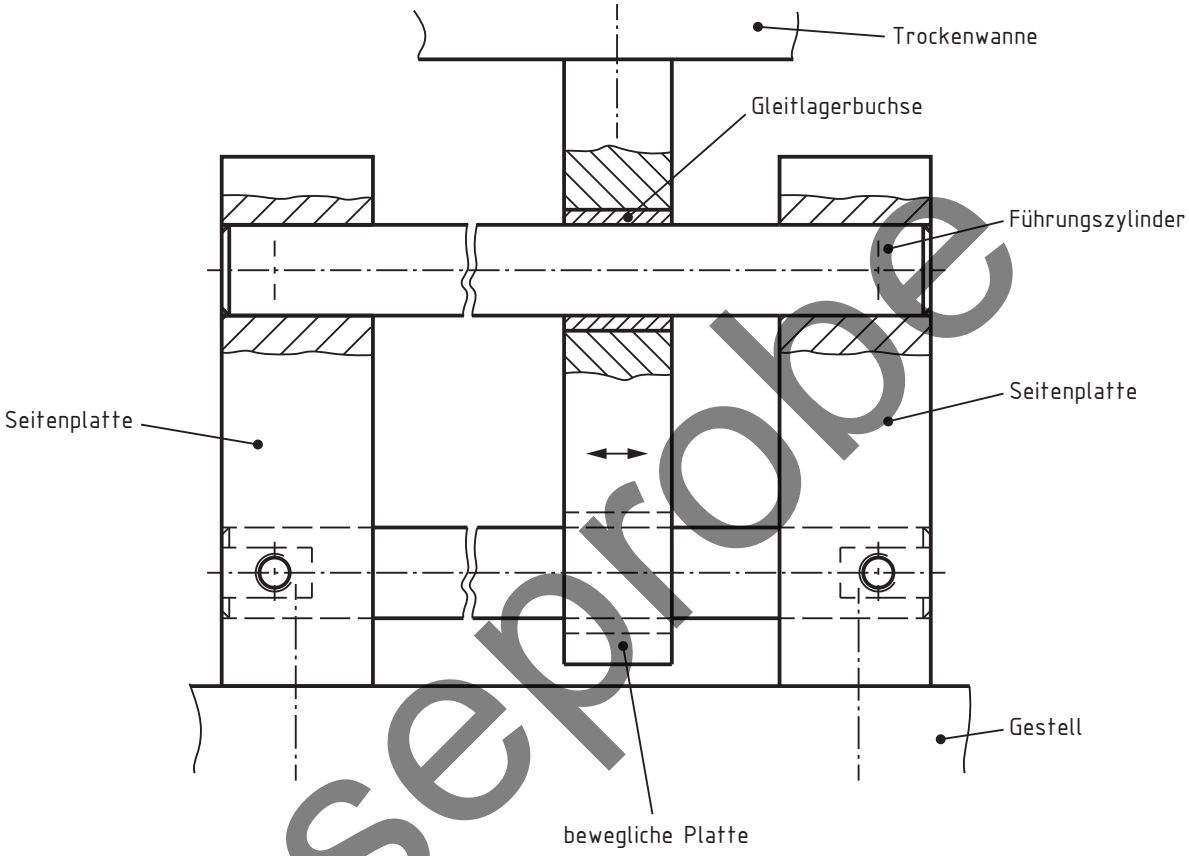
1. Die Angabe des Primärbezugs A erscheint zunächst überflüssig, da der Ort der Bohrungsmitte durch die theoretisch genauen Masse (32 und 20) zu den Bezügen «B» und «C» am Nennmodell festgelegt ist. Die Angabe des Primärbezugs «A» hat jedoch die folgenden Auswirkungen:
   Durch die Spezifikation des (primären) Bezugs «A» ist das tolerierte Nenngeometrieelement und somit die zylinderförmige Toleranzzone senkrecht zu diesem Bezug orientiert (der sekundäre und tertiäre Bezug legt hingegen den Ort fest). Weiterhin legt der primäre Bezug die Orientierung (der assoziierten Flächen) des sekundären und des tertiären Bezugs fest.
2. Die Grenzabmasse für die äussere Geometrie ergeben sich aus ISO 2768-1 (Toleranzklasse «m»). Da es sich um Grössenmasselemente handelt, führt die Anwendung von ISO 2768-1 in diesem Fall nicht zu einer Spezifikationsmehrdeutigkeit.

Leseprobe

2. Methodik der geometrischen Tolerierung

2.3.2 Beispiel 2: Seitenplatte mit Bohrungen

Funktionsbeschreibung:
Mittels einer beweglichen Platte, welche auf vier Führungszylinder gelagert ist, wird eine Trockenwanne hin und her bewegt. Die vier Führungszylinder werden in den beiden Seitenplatten gelagert.



Leseprobe