

Willi Tschudi | Volker Lapple (Hrsg.)
Grundlagen der geometrischen Tolerierung

Prof. Dr.-Ing. Volker Läßle

Volker Läßle ist Leiter des Steinbeis-Beratungszentrums Konstruktion. Werkstoffe. Normung. Das im Jahr 2010 gegründete Steinbeis-Unternehmen bietet Dienstleistungen in Form von Seminaren, Praxisworkshops, Beratungen und Gutachten auf den Fachgebieten der Geometrischen Produktspezifikation, Technischen Produktdokumentation (ISO GPS, ISO TPD und ASME Y14-Normenreihe) sowie des Toleranzmanagements und gehört heute europaweit zu einem der größten Anbieter auf diesen Gebieten.



Willi Tschudi

Willi Tschudi ist beim schweizerischen Verband der Maschinen-, Elektro- und Metallindustrie (Swissmem) als Autor für Fachmodule im Bereich ISO-GPS tätig. Zudem arbeitet Herr Tschudi als Mitglied der schweizerischen Arbeitsgruppe für den Beruf Konstrukteur, die regelmässig Lehrgänge und Prüfungsunterlagen für die Ausbildung konzipiert. Darüber hinaus ist Herr Tschudi in der Autorengruppe von Swissmem und SNV (Schweizerische Normen-Vereinigung) engagiert, die für die Überarbeitung des Normen-Auszugs bis 2022 verantwortlich zeichnet. Als langjähriger Maschinenzeichner/Konstrukteur, Gruppenleiter Konstruktion und Ausbildungsleiter Konstrukteure in einem globalen Unternehmen für Spinnerei-Systeme verfügt Herr Tschudi über grosse Erfahrung bei der praktischen Anwendung von technischen Normen und Standards. Ein besonderes Augenmerk hat Herr Tschudi dabei stets auf die Aus- und Weiterbildung gelegt, so z. B. mit der Gründung einer Innovations-Firma, die von Auszubildenden geführt wurde.





Steinbeis-Beratungszentrum
Konstruktion. Werkstoffe. Normung.

Willi Tschudi | Volker Läßle (Hrsg.)

Geometrische Produktspezifikation (ISO GPS)

Grundlagen der geometrischen Tolerierung

Kontakt

Projektleitung: Joachim Pérez
Swissmem Berufsbildung
Brühlbergstrasse 4
CH-8400 Winterthur
Telefon +41 52 260 55 55
Fax +41 52 260 55 59
vertrieb.berufsbildung@swissmem.ch

Fachliche Beratung und Lektorat:
Prof. Dr.-Ing Volker Läßle
Steinbeis-Beratungszentrum
Konstruktion. Werkstoffe. Normung.
Reiswiesenweg 21
D-73614 Schorndorf
www.toleranzen-beratung.de

Hinweis im Sinne des Gleichbehandlungsgesetzes: Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird auf eine geschlechts-spezifische Differenzierung verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne des Gleichbehandlungsgesetzes für alle Geschlechter.

Impressum

© 2021 edition Swissmem

Alle Rechte der Verbreitung, auch durch Film, Funk und Fernsehen, fotomechanische Wiedergabe, Tonträger jeder Art, auszugsweisen Nachdruck oder Einspeicherung und Rückgewinnung in Datenverarbeitungsanlagen aller Art, sind vorbehalten.

Willi Tschudi | Volker Läßle (Hrsg.)

Grundlagen der geometrischen Tolerierung. Geometrische Produktspezifikation (ISO GPS)

1. Auflage, 2021 | Steinbeis-Edition, Stuttgart

ISBN 978-3-95663-224-2

Satz: Daniel Baur, Swissmem Berufsbildung, CH-8400 Winterthur

Layout-Aufbereitung: Steinbeis-Edition

Titelbildquelle: Adrian Grosu – stock.adobe.com; Symbole: Volker Läßle

Druck: e.kurz+co druck und medientechnik gmbh, Stuttgart

Steinbeis ist mit seiner Plattform ein verlässlicher Partner für Unternehmensgründungen und Projekte. Wir unterstützen Menschen und Organisationen aus dem akademischen und wirtschaftlichen Umfeld, die ihr Know-how durch konkrete Projekte in Forschung, Entwicklung, Beratung und Qualifizierung unternehmerisch und praxisnah zur Anwendung bringen wollen. Über unsere Plattform wurden bereits über 2.000 Unternehmen gegründet. Entstanden ist ein Verbund aus mehr als 6.000 Experten in rund 1.100 Unternehmen, die jährlich mit mehr als 10.000 Kunden Projekte durchführen. So werden Unternehmen und Mitarbeiter professionell in der Kompetenzbildung und damit für den Erfolg im Wettbewerb unterstützt. Die Steinbeis-Edition verlegt ausgewählte Themen aus dem Steinbeis-Verbund.

209057-2021-03 | www.steinbeis-edition.de

Das GPS-Normensystem der ISO (GPS = Geometrische Produktspezifikationen) – zwischenzeitlich eines der größten Normenprojekte in der Geschichte der ISO – ist ein regelbasiertes, medienunabhängiges, generisch aufgebautes Regelwerk zur eindeutigen und widerspruchsfreien Beschreibung der Mikro- und Makrogeometrie von Bauteilen oder Baugruppen in Technischen Produktdokumentationen (z. B. Technische Zeichnungen, CAD-Datensätze). Die Anwendung des Regelwerks ist notwendige Voraussetzung für die künftige modellbasierte Produktdefinition (*Model-based definition*) und damit ein Teil der „Industrie 4.0“-Philosophie.

Das GPS-Regelwerk der ISO umfasst:

- Dimensionelle Merkmale bzw. dimensionelle Toleranzen
- Geometrische Merkmale bzw. geometrische Toleranzen
- Oberflächenbeschaffenheit (Profil und Fläche)
- Oberflächenunvollkommenheiten
- Anforderungen an die Verifikation, die Prüfmittel und deren Kalibrierung, einschließlich der Messunsicherheit
- Definition des Layouts von GPS-Spezifikationselementen (Symbolik)

Das Normensystem ist anerkannter Stand der Technik und vertragsrechtliche Grundlage bei Kunden-Lieferanten-Beziehungen. Es ist bereits heute weltweit in vielen Unternehmen betrieblich implementiert und zunehmend integraler Bestandteil einer beruflichen Aus- und Weiterbildung sowie eines technischen Studiums, insbesondere in den Bereichen Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbau sein.

Die vorliegende Publikation vermittelt Ihnen die wichtigsten Regeln, Modifikatoren und Spezifikationselemente für eine funktions-, fertigungs-, prüf- und kostengerechte geometrische Tolerierung auf Basis der aktuellen Standards des GPS-Normensystems der ISO. Die systematische und praxisgerechte Vermittlung der Inhalte erlaubt es Ihnen, offensichtliche Tolerierungsmängel sicher zu erkennen und auf „Augenhöhe“ mit allen an der Produktentstehung beteiligten Bereichen zu kommunizieren. Besonderer Wert wird hierbei auf eine anschauliche Vermittlung der komplexen Inhalte gelegt. Anhand von praxisgerechten Beispielen und einer Vielzahl von Praxistipps wird die konstruktive Umsetzung aufgezeigt und das Themengebiet der funktionsorientierten geometrischen Tolerierung zugänglich gemacht. Normative Grundlagen dieses Bandes sind insbesondere die folgenden GPS-Normen der ISO: ISO 1101, ISO 1660, ISO 5458; ISO 5459 sowie ISO 17450-1 und -3.

Die Publikation entstammt dem vom Verband der Schweizer Maschinen-, Elektro- und Metallindustrie (Swissmem) für die berufliche Aus- und Weiterbildung in der Schweiz entwickelten Fachmodul „Grundlagen der geometrischen Tolerierung – Teil 1“ und soll über die Veröffentlichung in der Steinbeis-Edition einer breiten Leserschaft von Lernenden und Lehrenden in der Aus- und Weiterbildung, an Hochschulen und Universitäten aber auch für Konstrukteure und Messtechniker in den Unternehmen zugänglich gemacht werden.

Herausgeber und Verlag sind sich darüber bewusst, dass durch die kontinuierliche Weiterentwicklung, insbesondere des GPS-Normensystems der ISO, eine stetige Anpassung an den aktuellen Stand der Normung erforderlich ist. Hinweise für die Verbesserung des Bandes werden gerne entgegen genommen.

Frühjahr 2021
Prof. Dr.-Ing. Volker Läßle

1. Einleitung	3
1.1 Notwendigkeit für geometrische Toleranzen	4
1.2 Grundsatz des Geometrieelements und Grundsatz der Unabhängigkeit	5
1.3 Eindeutige und mehrdeutige Technische Produktdokumentation	7
1.4 Notwendigkeit der Spezifikation von Form-, Richtungs-, Orts- und Lauftoleranzen	9
1.5 Ursachen für geometrische Abweichungen	10
1.6 Tolerierungsstrategien	11
1.7 Beispiel einer Technischen Produktdokumentation auf Basis von ISO-GPS-Normen	12
2. Geometrische Merkmale	13
2.1 Übersicht der Symbolik für geometrische Merkmale nach ISO 1101	14
3. Begriffe	17
3.1 Oberflächenmodelle	18
3.2 Integrale und abgeleitete Geometrieelemente	19
3.3 Begriffe für geometrische Elemente	20
3.4 Größenmasse und Nicht-Größenmasse	21
3.5 Theoretisch exakte Masse (TED)	22
4. Bezüge	27
4.1 Übersicht der Bezugsarten	28
4.2 Rolle der Bezüge	28
4.3 Richtige Festlegung von Bezügen	28
4.4 Grundlagen der Bezugsbildung am Beispiel eines Einzelbezuges	30
4.5 Einzelbezüge, gemeinsame Bezüge und Bezugssysteme	31
4.6 Unbrauchbare Bezüge	45
4.7 Bezugsэлеment-Indikator (Bezugssymbol)	47
4.8 Kennzeichnung von Bezugselementen	48
4.9 Angabe von Bezügen im Toleranzindikator	51
4.10 Zeichnungsvereinfachungen	52
4.11 Situationselemente	56
4.12 Bezugsstellen	58
5. Angabe einer geometrischen Spezifikation	63
5.1 Bestandteile einer geometrischen Spezifikationsangabe	64
5.2 Toleranzindikator	65
5.3 Indikatoren für Ebenen und Geometrieelemente	67
5.4 Angrenzende Angaben	67
5.5 Kennzeichnung von tolerierten Geometrieelementen	68
5.6 Begrenzter Bereich eines tolerierten Geometrieelementes	70
6. Indikatoren für Ebenen- und Geometrieelemente	71
6.1 Notwendigkeit der Spezifikation von Indikatoren für Ebenen und Geometrieelemente	72
6.2 Schnittebenen-Indikator	72
6.3 Orientierungsebenen-Indikator	78
6.4 Richtungselemente	82
6.5 Kollektionsebenen	88
7. Modifikatoren für Toleranzzone, Geometrieelement und Merkmal	91
7.1 Modifikatoren für die Kombination von Toleranzzonen	92
7.2 Modifikatoren für tolerierte Geometrieelemente	98
7.3 Vergleich der Auswirkung der Modifikatoren «SZ, CZ und UF»	102
7.4 Modifikatoren für assoziierte tolerierte Geometrieelemente	105
7.5 Modifikatoren für abgeleitete tolerierte Geometrieelemente	109
8. Ergänzende Angaben	113
8.1 Angaben eines begrenzten Bereichs eines tolerierten Geometrieelements	114

9. Geometrische Spezifikationen	119
9.1 Notwendigkeit geometrischer Spezifikationen	120
9.2 Geometrische Spezifikation anstelle mehrdeutiger «Plus-Minus-Tolerierung» für Nicht-Größenmasselemente	120
9.3 Übersicht der geometrischen Merkmale nach ISO 1101	123
9.4 Situationselemente und Freiheitsgrade	124
9.5 Formtoleranzen bzw. Formspezifikationen	126
9.6 Richtungstoleranzen bzw. Richtungsspezifikation	128
9.7 Ortstoleranzen	130
9.8 Toleranzzonen	132
9.9 Beschreibung der geometrischen Merkmale	133

Zeichenerklärung



Wichtige Hinweise



Information

1. Einleitung



1. Einleitung

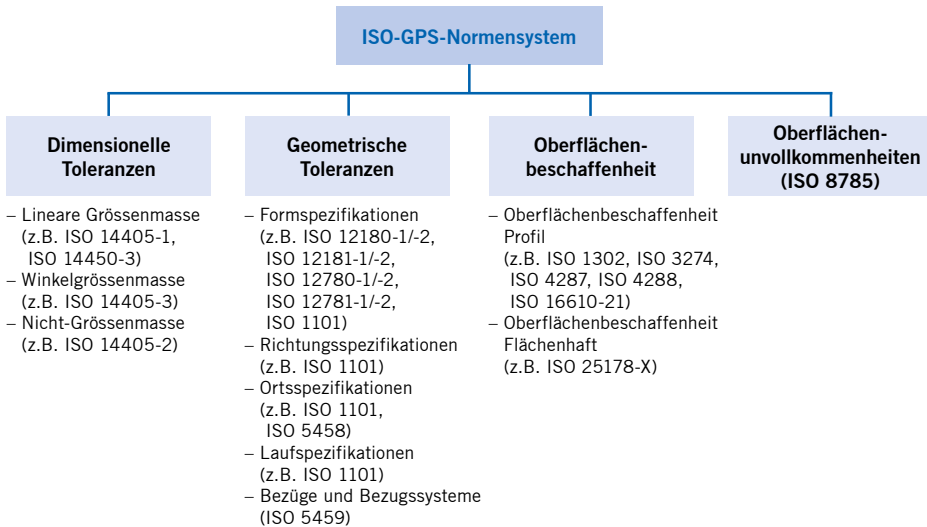
1.1 Notwendigkeit für geometrische Toleranzen

Steigende Anforderungen an die Qualität und Zuverlässigkeit technischer Produkte sowie zunehmende Anforderungen an die Fertigungsprozesse, haben bereits mit Beginn der 1960er-Jahre zu der Erkenntnis geführt, dass allein mithilfe von Masstoleranzen eine Einschränkung der Geometrie eines Bauteils und damit die Sicherstellung von Funktion und Austauschbarkeit nicht möglich ist. Eine Technische Produktdokumentation muss heute ein Bauteil eindeutig und vollständig beschreiben und darf keine Interpretationsspielräume für Produktion und Qualitätssicherung, Kunde oder Lieferant offen lassen. Dies ist nur mithilfe von **geometrischen Toleranzen** (mitunter auch noch als «Form- und Lagetoleranzen» bezeichnet) möglich.



Ohne geometrische Toleranzen kann ein Produkt weder vollständig noch eindeutig beschrieben werden. Die zugehörigen Technischen Produktdokumentationen (TPD) sind ohne geometrische Toleranzen weitgehend unbrauchbar und können nicht als Grundlage für eine arbeitsteilige Produktion und Qualitätssicherung dienen.

Die internationalen technischen Regeln und «Werkzeuge» für die Spezifikation und Verifikation von geometrischen Toleranzen werden überwiegend in Normen der **ISO-GPS-Normenreihe** beschrieben, insbesondere ISO 1101, ISO 1660, ISO 2692, ISO 5458, ISO 5459, u.v.m. und sind Teil dieses Normensystems.



In den nachfolgenden Kapiteln werden die Bedeutung und die richtige Anwendung der wichtigsten ISO-GPS-Regeln und ISO-GPS-Spezifikationselemente der geometrischen Tolerierung beschrieben (genormte Symbole, Spezifikations-Modifikationssymbole und GPS-Kurzbezeichnungen).

Das GPS-Normensystem der ISO – zwischenzeitlich eines der größten Normenprojekte in der Geschichte der ISO – ist ein regelbasiertes, medienunabhängiges, generisch aufgebautes Regelwerk zur eindeutigen und widerspruchsfreien Beschreibung der Mikro- und Makrogeometrie von Bauteilen oder Baugruppen in Technischen Produktdokumentationen (z. B. Technische Zeichnungen, CAD-Datensätze). Die Anwendung des Regelwerks ist zwingende Voraussetzung für den in den kommenden Jahren bevorstehenden nächsten Evolutionsschritt im Produktentstehungsprozess: Die vollständige digitale Beschreibung des Produkts am CAD-Modell, mitunter auch bekannt unter dem Begriff „modellbasierte Produktbeschreibung“ oder „Model-Based Definition“ (MBD) als essentieller Baustein der „Industrie 4.0“-Philosophie.

Das Normensystem ist anerkannter Stand der Technik und vertragsrechtliche Grundlage bei Kunden-Lieferanten-Beziehungen. Es ist bereits heute in vielen Unternehmen (weltweit) betrieblich implementiert und sollte integraler Bestandteil einer beruflichen Aus- und Weiterbildung sowie eines technischen Studiums, insbesondere in den Bereichen Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbau sein.

Das Lehrbuch vermittelt die wichtigsten Regeln und Modifikatoren für eine funktions-, fertigungs-, prüf- und kostengerechte geometrische Tolerierung auf Basis der aktuellen Standards des GPS-Normensystems der ISO. Die systematische und praxisgerechte Vermittlung der Inhalte erlaubt es, offensichtliche Tolerierungsmängel sicher zu erkennen und auf „Augenhöhe“ mit allen an der Produktentstehung beteiligten Bereichen zu kommunizieren. Besonderer Wert wird hierbei auf eine anschauliche Vermittlung der komplexen Inhalte gelegt. Anhand von praxisgerechten Beispielen und einer Vielzahl von Praxistipps wird die konstruktive Umsetzung aufgezeigt und das Themengebiet der funktionsorientierten geometrischen Tolerierung zugänglich gemacht. Normative Grundlagen des vorliegenden Bandes sind insbesondere die ISO-GPS-Normen ISO 1101, ISO 1660, ISO 5458; ISO 5459 und ISO 17450-1 und -3.

ISBN 978-3-95663-224-2



www.steinbeis-edition.de

 **Steinbeis-Edition**