

DIN EN ISO 2692



ICS 17.040.30

Ersatz für
DIN EN ISO 2692:2007-04

**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**

Geometrical product specifications (GPS) –
Geometrical tolerancing –
Maximum material requirement (MMR), least material requirement (LMR) and reciprocity
requirement (RPR) (ISO 2692:2014);
German version EN ISO 2692:2014

Spécification géométrique des produits (GPS) –
Tolérancement géométrique –
Exigence du maximum de matière (MMR), exigence du minimum de matière (LMR) et
exigence de réciprocité (RPR) (ISO 2692:2014);
Version allemande EN ISO 2692:2014

Gesamtumfang 60 Seiten

DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 2692:2014) wurde von 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 (Frankreich) gehalten wird.

Auf nationaler Ebene 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 Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen.

ISO 286-1	siehe DIN EN ISO 286-1
ISO 1101	siehe DIN EN ISO 1101
ISO 5458	siehe DIN EN ISO 5458
ISO 5459	siehe DIN EN ISO 5459
ISO 7083	siehe DIN ISO 7083
ISO 8015	siehe DIN EN ISO 8015
ISO 14253-1	siehe DIN EN ISO 14253-1
ISO 14405-1	siehe DIN EN ISO 14405-1
ISO 14660-2	siehe DIN EN ISO 14660-2
ISO 17450-1	siehe DIN EN ISO 17450-1
ISO 22432	siehe DIN EN ISO 22432
ISO/TR 14638	siehe DIN V 32950*)

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 2692:2007-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Inhalt wurde vollständig überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN ISO 2692: 1990-05
DIN EN ISO 2692: 2007-04

*) Vorgesehener Ersatz durch ISO 14638:2015, bzw. DIN EN ISO 14638:2015.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

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

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

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

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

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

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

DIN EN ISO 14660-2, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Geometrieelemente — Teil 2: Erfasste mittlere Linie eines Zylinders und eines Kegels, erfasste mittlere Fläche, örtliches Maß eines erfaßten Geometrieelementes*

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

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

DIN ISO 7083, *Technische Zeichnungen; Symbole für Form- und Lagetolerierung; Verhältnisse und Maße*

DIN V 32950, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Übersicht*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Geometrische Produktspezifikation (GPS) —
Geometrische Tolerierung —
Maximum-Material-Bedingung (MMR), Minimum-Material-
Bedingung (LMR) und Reziprozitätsbedingung (RPR)
(ISO 2692:2014)

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

Spécification géométrique des produits (GPS) —
Tolérancement géométrique —
Exigence du maximum de matière (MMR), exigence du
minimum de matière (LMR) et exigence de réciprocité (RPR)
(ISO 2692:2014)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. August 2014 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
Vorwort.....	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe.....	6
4 Maximum-Material-Bedingung, MMR und Minimum-Material-Bedingung, LMR.....	11
4.1 Allgemeines.....	11
4.2 Maximum-Material-Bedingung, MMR.....	11
4.2.1 Maximum-Material-Bedingung für tolerierte Geometrieelemente.....	11
4.2.2 Maximum-Material-Bedingung für zugeordnete Bezugselemente.....	12
4.3 Minimum-Material-Bedingung, LMR.....	14
4.3.1 Minimum-Material-Bedingung für tolerierte Geometrieelemente.....	14
4.3.2 Minimum-Material-Bedingung für zugeordnete Bezugselemente.....	15
5 Reziprozitätsbedingung, RPR.....	16
5.1 Allgemeines.....	16
5.2 Reziprozitätsbedingung und Maximum-Material-Bedingung.....	17
5.3 Reziprozitätsbedingung und Minimum-Material-Bedingung.....	17
Anhang A (informativ) Beispiele für die Tolerierung mit $\textcircled{M}$, $\textcircled{L}$ und $\textcircled{R}$	18
Anhang B (informativ) Begriffsdiagramm.....	53
Anhang C (informativ) Zusammenhang mit dem GPS-Matrix-Modell.....	54
C.1 Allgemeines.....	54
C.2 Position im GPS-Matrix-Modell.....	54
C.3 Verwandte Internationale Normen.....	55
Literaturhinweise.....	56

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 2692:2014) 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 Juni 2015, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2015 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente 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 2692:2006.

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, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 2692:2014 wurde vom CEN als EN ISO 2692:2014 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

0.1 Allgemeines

Diese Internationale Norm ist eine Norm für die Geometrische Produktspezifikation (GPS) und ist als allgemeine GPS-Norm anzusehen (siehe ISO/TR 14638). Sie beeinflusst die Kettenglieder 1, 2 und 3 der Normenkette für Größenmaß von linearen „Größenmaßelementen“ und Form einer Linie (unabhängig/abhängig von einem Bezug), Form einer Oberfläche (unabhängig/abhängig von einem Bezug), Richtung und Ort von abgeleiteten Geometrieelementen basierend auf „Größenmaßelementen“ und Bezügen, ebenfalls basierend auf „Größenmaßelementen“.

Der in ISO/TR 14638 gegebene ISO/GPS-Masterplan gibt einen Überblick über das ISO-GPS-System, von dem dieses Dokument ein Bestandteil ist. Die in ISO 8015 gegebenen grundlegenden Regeln von ISO-GPS gelten für dieses Dokument. Falls nichts anderes angegeben ist, gelten die Default-Entscheidungsregeln nach ISO 14253-1 für Spezifikationen, die in Übereinstimmung mit diesem Dokument festgelegt wurden.

Weitere Informationen zum Zusammenhang dieser Internationalen Norm mit dem GPS-Matrix-Modell siehe Anhang C.

Diese Internationale Norm beinhaltet einige häufig vorkommende Funktionsfälle der Werkstückbeschreibung und Tolerierung. Die „Fügbareit“ ist durch die Maximum-Material-Bedingung, MMR, abgedeckt, die z. B. „Mindest-Wandstärke“ eines Teiles durch die Minimum-Material-Bedingung, LMR. Maximum- und Minimum-Material-Bedingung kombinieren zwei unabhängige Anforderungen in einer gemeinsamen Anforderung, die die beabsichtigte Funktion des Werkstückes genauer nachbildet. In einigen Fällen kann zusätzlich zu MMR und LMR auch die Reziprozitätsbedingung, RPR, angewendet werden.

ANMERKUNG In ISO-GPS-Normen werden Gewindeelemente oftmals als Größenmaßelemente vom Typ Zylinder betrachtet. In dieser Internationalen Norm sind jedoch keine Regeln festgelegt, wie MMR, LMR und RPR auf Gewindeelemente anzuwenden sind. Aus diesem Grund können auch die in dieser Internationalen Norm festgelegten Werkzeuge nicht für Gewindeelemente angewendet werden.

0.2 Informationen über die Maximum-Material-Bedingung, MMR

Das Fügen von Teilen hängt von der kombinierten Wirkung folgender Elemente ab:

- a) dem Größenmaß (eines oder mehrerer extrahierter Größenmaßelemente), und
- b) der geometrischen Abweichung der (extrahierten) Geometrieelemente und ihrer abgeleiteten Geometrieelemente wie z. B. ein Muster von Bohrungen in zwei Flanschen und die Bolzen, die sie sichern.

Das kleinste Fügspiel ergibt sich dann, wenn jedes der zu paarenden Größenmaßelemente Maximum-Material-Größenmaß hat (z. B. größter Bolzen und kleinste Bohrung), und wenn die geometrischen Abweichungen (z. B. die Form-, Richtungs- und Ortsabweichungen) der Größenmaßelemente und ihrer abgeleiteten Geometrieelemente (Mittellinie oder Mittelfläche) ebenfalls ihren größten Wert haben. Das Fügspiel vergrößert sich zu einem Maximum, wenn die Größenmaße der zusammengebauten Größenmaßelemente am weitesten von ihren Maximum-Material-Größenmaßen entfernt sind (z. B. kleinsten Bolzen und größte Bohrung), und wenn die geometrischen Abweichungen (z. B. die Form-, Richtungs- und Ortsabweichungen) der Größenmaßelemente und ihrer abgeleiteten Geometrieelemente Null sind. Daraus folgt, dass, wenn die Größenmaße eines zu paarenden Teiles ihr Maximum-Material-Größenmaß nicht erreichen, die eingetragene geometrische Toleranz des Größenmaßelementes und ihrer abgeleiteten Geometrieelemente entsprechend vergrößert werden darf, ohne das Fügen des Teiles mit dem Gegenstück zu gefährden.

Diese Fügefunktion wird durch die „Maximum-Material-Bedingung“ gesteuert. Diese gemeinsame Anforderung wird in Zeichnungen durch das Symbol $\textcircled{M}$ angegeben.

0.3 Informationen über die Minimum-Material-Bedingung, LMR

Die Minimum-Material-Bedingung ist so ausgelegt, um z. B., die Mindestwandstärke, wodurch Werkstoffausbrüche (wegen des Drucks in einem Rohr) verhindert werden, sowie die größte Breite einer Reihe von Nuten usw. zu steuern. Dies wird in Zeichnungen durch das Symbol $\textcircled{L}$ angegeben. Die Minimum-Material-Bedingung ist auch durch eine gemeinsame Anforderung (Sammelanforderung) an das Größenmaß eines Größenmaßelementes, an die geometrischen Abweichungen des Größenmaßelementes (Formabweichungen) und an den Ort seines abgeleiteten Geometrieelementes gekennzeichnet.

0.4 Informationen über die Reziprozitätsbedingung, RPR

Die Reziprozitätsbedingung ist eine zusätzliche Anforderung, die mit der Maximum-Material-Bedingung oder der Minimum-Material-Bedingung genutzt werden kann in Fällen, in denen es zulässig ist — unter Berücksichtigung der Funktion der tolerierten Geometrieelemente —, die Größenmaßtoleranz zu vergrößern, wenn die geometrische Abweichung des tatsächlichen Werkstückes nicht den wirksamen Maximum-Material-Zustand oder den wirksamen Minimum-Material-Zustand vollständig ausnutzt.

Die Reziprozitätsbedingung wird in Zeichnungen durch das Symbol $\textcircled{R}$ angegeben.

0.5 Allgemeine Informationen über Begriffe und Bilder

Die Begriffe und Konzepte der Tolerierung in dieser Internationalen Norm wurden aktualisiert, um mit den Begriffen der GPS-Normen wie ISO 286-1, ISO 14405-1, ISO 14660-2:1999 und ISO 17450-1:2011 übereinzustimmen.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt die Maximum-Material-Bedingung, die Minimum-Material-Bedingung und die Reziprozitätsbedingung fest. Diese Anforderungen können ausschließlich auf Größenmaßelemente angewendet werden.

Diese Anforderungen dienen zur Steuerung bestimmter Funktionen von Werkstücken, bei denen eine Abhängigkeit von Größenmaß und Geometrie vorhanden ist, z. B. zur Erfüllung der Funktionen „Fügbarkeit von Teilen“ (für die Maximum-Material-Bedingung) oder „Mindestwandstärke“ (für die Minimum-Material-Bedingung). Die Maximum-Material-Bedingung und die Minimum-Material-Bedingung werden jedoch auch zur Erfüllung sonstiger funktionaler Konstruktionsanforderungen genutzt.

Unter Berücksichtigung dieser gegenseitigen Abhängigkeit von Größenmaß und Geometrie gilt das in ISO 8015 festgelegte Unabhängigkeitsprinzip nicht, wenn die Maximum-Material-Bedingung, die Minimum-Material-Bedingung oder die Reziprozitätsbedingung angewendet werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 1101:2012, *Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Tolerances of form, orientation, location and run-out*

ISO 5459:2011, *Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Datums and datum systems*

ISO 14405-1:2010, *Geometrical product specifications (GPS) — Dimensional tolerancing — Part 1: Linear sizes*

ISO 14660-2:1999, *Geometrical Product Specifications (GPS) — Geometrical features — Part 2: Extracted median line of a cylinder and a cone, extracted median surface, local size of an extracted feature*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 5459:2011, ISO 14405-1:2010, ISO 14660-2:1999, ISO 17450-1:2011 und die folgenden Begriffe.

3.1

integrales Geometrieelement

Geometrieelement, das zur realen Oberfläche des Werkstücks oder zu einem Oberflächenmodell gehört

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein integrales Geometrieelement ist intrinsisch festgelegt, z. B. die Haut des Werkstücks.

Anmerkung 2 zum Begriff: Angepasst übernommen aus ISO 17450-1:2011, Definition 3.3.5.

3.2

Größenmaßelement

lineares Größenmaßelement

Geometrieelement, das ein oder mehrere intrinsische Merkmale besitzt, von denen nur eines als veränderlicher Parameter angesehen werden darf, der zusätzlich ein Mitglied einer „einparametrischen Familie“ ist und der Eigenschaft des monotonen Enthaltenseins für diesen Parameter folgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Modifiziert übernommen aus ISO 17450-1:2011, Definition 3.3.1.5.1. Siehe auch ISO 22432:2011, Definitionen 3.2.5.1.1.1 und 3.2.5.1.1.2 bezüglich „einparametrische Familie“ und „Eigenschaft des monotonen Enthaltenseins“.

BEISPIEL 1 Eine einzelne zylindrische Bohrung oder Welle ist ein lineares Größenmaßelement. Deren lineares Größenmaß ist deren Durchmesser.

BEISPIEL 2 Zwei gegenüberliegende parallele ebene Flächen sind ein lineares Größenmaßelement. Ihr lineares Größenmaß ist der Abstand zwischen den beiden parallelen Ebenen.

3.3

abgeleitetes Geometrieelement

Geometrieelement, das physikalisch nicht auf der realen Oberfläche des Werkstücks vorhanden ist und das von Natur aus kein nominales integrales Geometrieelement ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein abgeleitetes Geometrieelement kann aus einem nominalen Geometrieelement, einem assoziierten Geometrieelement oder einem extrahierten Geometrieelement gebildet werden. Es wird entsprechend als nominales abgeleitetes Geometrieelement, assoziiertes abgeleitetes Geometrieelement oder extrahiertes abgeleitetes Geometrieelement bezeichnet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Mittelpunkt, die Mittellinie und die Mittelfläche, die durch ein oder mehrere integrale Geometrieelemente festgelegt werden, sind Typen abgeleiteter Geometrieelemente.

Anmerkung 3 zum Begriff: Übernommen aus ISO 17450-1:2011, Definition 3.3.6.

BEISPIEL 1 Die Mittellinie eines Zylinders ist ein abgeleitetes Geometrieelement, das von der Zylinderoberfläche erhalten wird, die ein integrales Geometrieelement ist. Die Achse des nominalen Zylinders ist ein nominal abgeleitetes Geometrieelement.

BEISPIEL 2 Die Mittelfläche von zwei gegenüberliegenden parallelen ebenen Flächen ist ein abgeleitetes Geometrieelement, das aus den beiden parallelen ebenen Flächen erhalten wird, welche ein integrales Geometrieelement bilden. Die Mittelebene der beiden nominalen gegenüberliegenden parallelen Ebenen ist ein nominal abgeleitetes Geometrieelement.

3.4

Maximum-Material-Zustand

MMC

Zustand des betrachteten extrahierten Geometrieelementes, wobei das Größenmaßelement überall an der Grenze des Größenmaßes liegt, bei dem das Material des Geometrieelementes sein Maximum hat, z. B. Minstdurchmesser einer Bohrung und Höchstdurchmesser einer Welle

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff Maximum-Material-Zustand MMC wird in dieser Internationalen Norm benutzt, um auf der Ebene der idealen oder nominalen Geometrieelemente (siehe ISO 17450-1) anzugeben, welcher Grenzwert der Anforderung (oberer oder unterer) jeweils betroffen ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Das Größenmaß des extrahierten Geometrieelementes am Maximum-Material-Zustand MMC kann defaultmäßig festgelegt sein bei nicht vorhandener Angabe oder durch verschiedene spezielle Definitionen des Größenmaßes des extrahierten Geometrieelementes (siehe ISO 14405-1).

Anmerkung 3 zum Begriff: Der in dieser Internationalen Norm festgelegte Maximum-Material-Zustand MMC kann eindeutig für jede Definition des Größenmaßes eines extrahierten Geometrieelementes benutzt werden.

3.5

Maximum-Material-Größenmaß

MMS

l_{MMS}

Maß, das den Maximum-Material-Zustand eines Geometrieelementes festlegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Maximum-Material-Größenmaß MMS kann defaultmäßig festgelegt sein bei nicht vorhandener Angabe oder durch eine von verschiedenen speziellen Definitionen des Größenmaßes des extrahierten Geometrieelementes (siehe ISO 14405-1 und ISO 14660-2).

Anmerkung 2 zum Begriff: In dieser Internationalen Norm wird das Maximum-Material-Größenmaß MMS als numerischer Wert benutzt, daher ist keine spezielle Definition des extrahierten Größenmaßes für den eindeutigen Gebrauch des Maximum-Material-Größenmaßes MMS nötig.

Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe Anhang A.

3.6

Minimum-Material-Zustand

LMC

Zustand des betrachteten extrahierten Geometrieelementes, wobei das Größenmaßelement überall an der Grenze des Größenmaßes liegt, bei dem das Material des Geometrieelementes sein Minimum hat, z. B. Höchstdurchmesser einer Bohrung und Mindestdurchmesser einer Welle

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff Minimum-Material-Zustand LMC wird in dieser Internationalen Norm benutzt, um auf der Ebene der idealen oder nominalen Geometrieelemente (siehe ISO 17450-1) anzugeben, welcher Grenzwert der Anforderung (oberer oder unterer) jeweils betroffen ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Das Größenmaß des extrahierten Geometrieelementes am Minimum-Material-Zustand LMC kann defaultmäßig festgelegt sein bei nicht vorhandener Angabe oder durch verschiedene spezielle Definitionen des Größenmaßes des extrahierten Geometrieelementes (siehe ISO 14405-1 und ISO 14660-2).

Anmerkung 3 zum Begriff: Der in dieser Internationalen Norm festgelegte Minimum-Material-Zustand LMC kann eindeutig für jede Definition des Größenmaßes eines extrahierten Geometrieelementes benutzt werden.

3.7

Minimum-Material-Größenmaß

LMS

l_{LMS}

Maß, das den Minimum-Material-Zustand eines Geometrieelementes festlegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Minimum-Material-Größenmaß LMS kann defaultmäßig festgelegt sein, bei nicht vorhandener Angabe oder eine von verschiedenen speziellen Definitionen des Größenmaßes des extrahierten Geometrieelementes (siehe ISO 14405-1 und ISO 14660-2).

Anmerkung 2 zum Begriff: In dieser Internationalen Norm wird das Minimum-Material-Größenmaß LMS als numerischer Wert benutzt, daher ist keine spezielle Definition des extrahierten Größenmaßes für den eindeutigen Gebrauch des Minimum-Material-Größenmaßes LMS erforderlich.

Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe Anhang A.

3.8

wirksames Maximum-Material-Größenmaß

MMVS

l_{MMVS}

Größenmaß, das sich aus der gemeinsamen Wirkung von Maximum-Material-Größenmaß MMS eines Größenmaßelementes und der geometrischen Toleranz (Form, Richtung oder Ort) des abgeleiteten Geometrieelementes desselben Größenmaßelementes ergibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Das wirksame Maximum-Material-Größenmaß MMVS ist ein Parameter für ein Größenmaß, der als numerischer Wert für den wirksamen Maximum-Material-Zustand MMVC benutzt wird.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für äußere Geometrieelemente ist das wirksame Maximum-Material-Größenmaß MMVS die Summe aus dem Maximum-Material-Größenmaß MMS und der geometrischen Toleranz, für innere Geometrieelemente dagegen die Differenz aus dem Maximum-Material-Größenmaß MMS und der geometrischen Toleranz.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die MMVS für äußere Größenmaßelemente $l_{\text{MMVS,e}}$ ist gegeben durch die Gleichung (1):

$$l_{\text{MMVS,e}} = l_{\text{MMS}} + \delta \quad (1)$$

und die MMVS für innere Größenmaßelemente $l_{\text{MMVS,i}}$ ist gegeben durch die Gleichung (2):

$$l_{\text{MMVS,i}} = l_{\text{MMS}} - \delta \quad (2)$$

Dabei ist

l_{MMS} das Maximum-Material-Größenmaß;
 δ die geometrische Toleranz.

3.9

wirksamer Maximum-Material-Zustand MMVC

Zustand des dem wirksamen Maximum-Material-Größenmaß MMVS assoziierten Geometrieelementes

Anmerkung 1 zum Begriff: Der wirksame Maximum-Material-Zustand MMVC ist ein Zustand perfekter Form des Geometrieelementes.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der wirksame Maximum-Material-Zustand MMVC enthält eine Richtungsbedingung (nach ISO 1101 und ISO 5459) für das assoziierte Geometrieelement, wenn die geometrische Toleranz eine Richtungstoleranz ist (siehe Bild A.3). Der wirksame Maximum-Material-Zustand MMVC enthält eine Ortsbedingung (nach ISO 1101 und ISO 5459) für das assoziierte Geometrieelement, wenn die geometrische Toleranz eine Ortstoleranz ist (siehe Bild A.4).

Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe Bilder A.1 bis A.4., A.6, A.7 und A.10 bis A.13.

3.10

wirksames Minimum-Material-Größenmaß LMVS

l_{LMVS}

Größenmaß, das sich aus der gemeinsamen Wirkung von Minimum-Material-Größenmaß LMS eines Größenmaßelementes und der geometrischen Toleranz (Form, Richtung oder Ort) des abgeleiteten Geometrieelementes desselben Größenmaßelementes ergibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Das wirksame Minimum-Material-Größenmaß LMVS ist eine maßliche Kenngröße, die als numerischer Wert für den wirksamen Minimum-Material-Zustand LMVC benutzt wird.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für äußere Geometrieelemente ist das wirksame Minimum-Material-Größenmaß LMVS die Differenz aus dem Minimum-Material-Größenmaß LMS und der geometrischen Toleranz, für innere Geometrieelemente dagegen die Summe aus dem Minimum-Material-Größenmaß LMS und der geometrischen Toleranz.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die LMVS für äußere Größenmaßelemente $l_{\text{LMVS,e}}$ ist gegeben durch die Gleichung (3):

$$l_{\text{LMVS,e}} = l_{\text{LMS}} - \delta \quad (3)$$

und die LMVS für innere Größenmaßelemente $l_{\text{LMVS,i}}$ ist gegeben durch die Gleichung (4):

$$l_{\text{LMVS,i}} = l_{\text{LMS}} + \delta \quad (4)$$

Dabei ist

l_{LMS} das Minimum-Material-Größenmaß;
 δ die geometrische Toleranz.

3.11

wirksamer Minimum-Material-Zustand

LMVC

Zustand des dem wirksamen Minimum-Material-Größenmaß LMVS assoziierten Geometrieelementes

Anmerkung 1 zum Begriff: Der wirksame Minimum-Material-Zustand LMVC ist ein Zustand perfekter Form des Geometrieelementes.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der wirksame Minimum-Material-Zustand LMVC enthält eine Nebenbedingung für die Richtung (nach ISO 1101 und ISO 5459) für das assoziierte Geometrieelement, wenn die geometrische Toleranz eine Richtungstoleranz ist. Der wirksame Minimum-Material-Zustand LMVC enthält eine Nebenbedingung für den Ort (nach ISO 1101 und ISO 5459) für das assoziierte Geometrieelement, wenn die geometrische Toleranz eine Ortstoleranz ist (siehe Bild A.5).

Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe Bilder A.5, A.8 und A.9.

3.12

Maximum-Material-Bedingung

MMR

Anforderung an ein Größenmaßelement, die ein Geometrieelement desselben Typs und geometrisch perfekter Form festlegt, mit einem Wert des intrinsischen Merkmals (Maß) gleich dem MMVS, das das nicht ideale Geometrieelement von außerhalb des Materials her eingrenzt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Maximum-Material-Bedingung MMR wird benutzt, um die Fügbarkeit eines Werkstückes zu steuern.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe auch 4.2 und Bild B.1.

3.13

Minimum-Material-Bedingung

LMR

Anforderung an ein Größenmaßelement, die ein Geometrieelement desselben Typs und geometrisch perfekter Form festlegt, mit einem Wert des intrinsischen Merkmals (Maß) gleich dem wirksamen Minimum-Material-Größenmaß LMVS, das das nicht ideale Geometrieelement auf der Innenseite des Materials eingrenzt

Anmerkung 1 zum Begriff: Minimum-Material-Bedingungen LMR werden paarweise benutzt, z. B. um die Mindestwandstärke zwischen zwei symmetrischen oder coaxial gelegenen, gleichartigen Größenmaßelementen zu steuern.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe auch 4.3 und Bild B.1.

3.14

Reziprozitätsbedingung

RPR

Anforderung an ein Größenmaßelement, die zusätzlich zur Maximum-Material-Bedingung MMR oder Minimum-Material-Bedingung LMR genutzt wird, um anzugeben, dass die Größenmaßtoleranz um die Differenz zwischen der geometrischen Toleranz und der aktuellen geometrischen Abweichung erweitert wird

4 Maximum-Material-Bedingung, MMR und Minimum-Material-Bedingung, LMR

4.1 Allgemeines

Die Maximum-Material-Bedingung MMR und die Minimum-Material-Bedingung LMR können auf eine Reihe von einem oder mehreren Größenmaßelement(en) als tolerierte(s) Geometrieelement(e) oder Bezug/Bezüge oder beides angewendet werden. Sie führen zu einer kombinierten Anforderung an das Größenmaß eines Größenmaßelementes/von Größenmaßelementen und an die Geometrie (Form, Richtung oder Ort) des/der abgeleiteten Geometrieelemente(s) des Größenmaßelementes.

ANMERKUNG 1 In dieser Ausgabe der vorliegenden Internationalen Norm werden ausschließlich Größenmaßelemente vom Typ Zylinder und zwei gegenüberliegende parallele Flächen betrachtet. Daher sind die einzig möglichen abgeleiteten Geometrieelemente Mittellinien und Mittelflächen.

ANMERKUNG 2 In ISO-GPS-Normen werden Gewindeelemente oftmals als Größenmaßelemente vom Typ Zylinder betrachtet. In dieser Internationalen Norm sind jedoch keine Regeln festgelegt, wie MMR, LMR und RPR auf Gewindeelemente anzuwenden sind. Aus diesem Grund können auch die in dieser Internationalen Norm festgelegten Werkzeuge nicht für Gewindeelemente angewendet werden.

Wenn die Maximum-Material-Bedingung MMR oder Minimum-Material-Bedingung LMR verwendet wird, werden die zwei Spezifikationen (Größenmaßspezifikation und geometrische Spezifikation) in eine gemeinsame Anforderungsspezifikation überführt. Die gemeinsame Spezifikation betrifft nur das integrale Geometrieelement, das in dieser Internationalen Norm auf die Oberfläche(n) des/der Größenmaßelemente(s) bezogen ist.

ANMERKUNG 3 In der Vergangenheit wurde die Maximum-Material-Bedingung MMR Maximum-Material-Prinzip MMP genannt.

Wenn auf das tolerierte Geometrieelement keine Modifikatoren (Ⓛ, Ⓜ, Ⓡ) angewendet werden, gelten die Definitionen des Größenmaßes des extrahierten Geometrieelementes nach ISO 14405-1 und ISO 14660-2.

Wenn am Bezug keine Modifikatoren (Ⓛ, Ⓜ) angewendet werden, gilt ISO 5459. Der Modifikator Ⓡ gilt nicht für Bezüge.

4.2 Maximum-Material-Bedingung, MMR

4.2.1 Maximum-Material-Bedingung für tolerierte Geometrieelemente

Die Maximum-Material-Bedingung für tolerierte Geometrieelemente ergibt vier unabhängige Anforderungen:

- eine Anforderung an die obere Grenze des örtlichen Größenmaßes [siehe die Regeln A 1) und A 2)];
- eine Anforderung an die untere Grenze des örtlichen Größenmaßes [siehe die Regeln B 1) und B 2)];
- eine Anforderung an die Nicht-Verletzung der Oberfläche des wirksamen Maximum-Material-Zustands MMVC (siehe Regel C);
- eine Anforderung, wenn mehr als ein Geometrieelement einbezogen ist (siehe Regel D).

Wenn die Maximum-Material-Bedingung MMR für das tolerierte Geometrieelement gilt, ist sie in Zeichnungen mit dem Symbol Ⓜ im Toleranzindikator hinter der geometrischen Toleranz des abgeleiteten Geometrieelementes des Größenmaßelementes (toleriertes Geometrieelement) einzutragen.

In diesem Fall gelten für die Oberfläche(n) (des Größenmaßelementes) die folgenden Regeln:

- c) **Regel A:** Die extrahierten örtlichen Größenmaße des tolerierten Geometrieelementes müssen:
- 1) bei äußeren Geometrieelementen kleiner oder gleich dem Maximum-Material-Größenmaß MMS sein;
 - 2) bei inneren Geometrieelementen größer oder gleich dem Maximum-Material-Größenmaß MMS sein.

ANMERKUNG 1 Diese Regel darf durch die Angabe der Reziprozitätsbedingung RPR mit dem Symbol $\textcircled{R}$ hinter dem Symbol $\textcircled{M}$ geändert werden (siehe Abschnitt 5 und Bild A.1).

- d) **Regel B:** Die extrahierten örtlichen Größenmaße des tolerierten Geometrieelementes müssen:
- 1) bei äußeren Geometrieelementen größer oder gleich dem Minimum-Material-Größenmaß LMS sein [siehe die Bilder A.2 a), A.3 a), A.4 a), A.6 a), A.7 a), A.10 und A.11];
 - 2) bei inneren Geometrieelementen kleiner oder gleich dem Minimum-Material-Größenmaß LMS sein [siehe die Bilder A.2 b), A.3 b), A.4 b), A.6 b), A.7 b), A.10 und A.11].
- e) **Regel C:** Der wirksame Maximum-Material-Zustand MMVC für das tolerierte Geometrieelement darf durch das extrahierte (integrale) Geometrieelement nicht verletzt werden (siehe die Bilder A.2, A.3, A.4, A.6, A.7, A.10 und A.11).

ANMERKUNG 2 Die Anwendung der Hüllbedingung $\textcircled{E}$ (früher auch Taylorscher Grundsatz genannt) führt gewöhnlich zu überflüssigen Anforderungen in Bezug auf die Funktion des/der Geometrieelemente(s) (Fügbarkeit). Die Anwendung derartiger Bedingungen und Definitionen für das Größenmaß verringert die technischen und wirtschaftlichen Vorteile der Maximum-Material-Bedingung MMR.

ANMERKUNG 3 Die Angabe 0 $\textcircled{M}$, die auf eine Formspezifikation angewendet wird, hat dieselbe Bedeutung wie die Hüllbedingung $\textcircled{E}$ bei Anwendung auf ein Größenmaß.

- f) **Regel D:** Wenn die geometrische Spezifikation eine Richtung oder ein Ort relativ zu einem (primären) Bezug oder einem Bezugssystem ist, muss der wirksame Maximum-Material-Zustand MMVC des tolerierten Geometrieelements in Übereinstimmung mit ISO 1101 und ISO 5459 in der theoretisch genauen Richtung oder dem theoretisch genauen Ort relativ zum Bezug oder zum Bezugssystem (siehe 3.9, Anmerkung 2, und die Bilder A.3, A.4, A.6 und A.7) liegen. Außerdem müssen im Fall von mehreren tolerierten Geometrieelementen mit derselben Toleranzangabe die wirksamen Maximum-Material-Zustände MMVC ebenfalls in der theoretisch genauen Richtung und dem theoretisch genauen Ort relativ zueinander liegen (zusätzlich zu den möglichen Einschränkungen relativ zu dem/den Bezug/Bezügen) (siehe die Bilder A.1, A.10, A.11 und A.13).

ANMERKUNG 4 Im Fall von mehreren tolerierten Geometrieelementen mit derselben Toleranzangabe hat die Maximum-Material-Bedingung MMR ohne weiteren Modifikator als $\textcircled{M}$ genau dieselbe Bedeutung wie dieselbe Anforderung sowohl mit $\textcircled{M}$ als auch dem Modifikator CZ.

Um Anforderungen anzugeben, die einzeln gelten, muss der Modifikator SZ¹⁾ nach dem Modifikator $\textcircled{M}$ eingetragen werden.

4.2.2 Maximum-Material-Bedingung für zugeordnete Bezugselemente

Die Maximum-Material-Bedingung für Bezugselemente ergibt drei unabhängige Anforderungen:

¹⁾ SZ wird in die Revision der ISO 1101:2012 aufgenommen.

- eine Anforderungen an die Nicht-Verletzung der Oberfläche des wirksamen Maximum-Material-Zustands MMVC (siehe Regel E);
- eine Anforderung an das MMS, wenn keine geometrische Spezifikation eingetragen ist oder wenn lediglich geometrische Spezifikationen eingetragen sind, deren Toleranzwert nicht durch das Symbol $\textcircled{M}$ ergänzt ist (siehe Regel F);
- eine Anforderung an das MMS, wenn eine geometrische Spezifikation eingetragen ist, deren Toleranzwert durch das Symbol $\textcircled{M}$ ergänzt ist und deren „Bezugs“-Felder (dritte und nachfolgende Felder) des Toleranzindikators einer in Regel G festgelegten Eigenschaft entspricht.

Wenn die Maximum-Material-Bedingung MMR für das Bezugselement gilt, ist sie in Zeichnungen durch das Symbol $\textcircled{M}$ hinter dem/den Bezugsbuchstaben im Toleranzindikator anzugeben.

ANMERKUNG 1 Die Eintragung von $\textcircled{M}$ hinter dem Bezugsbuchstaben ist nur möglich, wenn der Bezug von einem Größenmaßelement gebildet wird.

ANMERKUNG 2 Wenn die Maximum-Material-Bedingung oder Minimum-Material-Bedingung für alle Elemente der Kollektion von Flächen eines gemeinsamen Bezugs gilt, wird die zugehörige Buchstabenfolge für den gemeinsamen Bezug in Klammern gesetzt (siehe Bild A.13 und ISO 5459:2011, Regel 9) und die wirksamen MaximumMaterial-Zustände MMVC sind defaultmäßig in Ort und Richtung relativ zueinander eingeschränkt (siehe ISO 5459:2011, Regel 7). Wenn Maximum-Material-Bedingung oder Minimum-Material-Bedingung nur für eine Fläche der Kollektion von Geometrieelementen eines gemeinsamen Bezugs gilt, wird die zugehörige Buchstabenfolge für den gemeinsamen Bezug nicht in Klammern gesetzt und die Anforderung gilt nur für das Geometrieelement, das durch den unmittelbar vor dem Modifikator stehenden Buchstaben identifiziert wird.

In diesem Fall gelten für die Oberfläche(n) (des Größenmaßelementes) die folgenden Regeln:

- a) **Regel E:** Der wirksame Maximum-Material-Zustand MMVC für das zugeordnete Bezugselement darf durch das extrahierte (integrale) Bezugselement, von dem der Bezug abgeleitet wird, nicht verletzt werden (siehe die Bilder A.6 und A.7);
- b) **Regel F:** Das Größenmaß des wirksamen Maximum-Material-Zustands MMVC des zugehörigen Bezugselementes muss das Maximum-Material-Größenmaß MMS sein, wenn für das zugehörige Bezugselement keine geometrische Spezifikation gilt (siehe Bild A.6), oder wenn es lediglich geometrische Spezifikationen aufweist, deren Toleranzwert nicht durch das Symbol $\textcircled{M}$ ergänzt ist, oder wenn es keine geometrische Spezifikation aufweist, die Regel G entspricht;

ANMERKUNG 3 In diesen Fällen ist der MMVS für äußere und innere Größenmaßelemente l_{MMVS} durch die Gleichung (5) gegeben:

$$l_{\text{MMVS}} = l_{\text{MMS}} \pm 0 = l_{\text{MMS}} \quad (5)$$

Dabei ist

l_{MMS} das Maximum-Material-Größenmaß.

- c) **Regel G:** Das Größenmaß des wirksamen Maximum-Material-Zustands MMVC des zugehörigen Bezugselementes muss das Maximum-Material-Größenmaß MMS, zuzüglich (bei äußeren Größenmaßelementen) oder abzüglich (bei inneren Größenmaßelementen) der geometrischen Toleranz sein, wenn das Bezugselement durch eine geometrische Spezifikation mit den folgenden Eigenschaften geregelt wird:

- 1) sein Toleranzwert wird durch das Symbol $\textcircled{M}$ ergänzt, und

- i) es handelt sich um eine Formspezifikation und der zugehörige Bezug entspricht dem primären Bezug des Toleranzindikators, in dem das Symbol $\textcircled{M}$ neben dem Bezugsbuchstaben angegeben wird (siehe Bild A.7), oder
- ii) es ist eine Richtungs-/Ortsspezifikation, deren Bezug oder Bezugssystem genau denselben/dieselben Bezug/Bezüge in der gleichen Reihenfolge enthält, wie sie vor dem zugeordneten Bezug im Toleranzindikator benannt sind, in dem das Symbol $\textcircled{M}$ neben dem Bezugsbuchstaben angegeben wird (siehe Bild A.12 und Bild A.13).

ANMERKUNG 4 In diesem Fall ist die MMVS für äußere Größenmaßelemente durch Gleichung (1) gegeben, und die MMVS für innere Größenmaßelemente durch Gleichung (2). Siehe 3.8, Anmerkung 3.

ANMERKUNG 5 Wenn die oben genannten Eigenschaften nicht beobachtet werden, gilt Regel F.

Bei Regel G muss das Kennzeichen für das Bezugselement direkt mit dem geometrischen Toleranzindikator verbunden sein, durch den der wirksame Maximum-Material-Zustand MMVC des Bezugselements geregelt wird (siehe ISO 5459:2011, Regel 1, zweiter Anstrich).

4.3 Minimum-Material-Bedingung, LMR

4.3.1 Minimum-Material-Bedingung für tolerierte Geometrieelemente

Wenn die Minimum-Material-Bedingung LMR für das tolerierte Geometrieelement gilt, ist sie in der Zeichnung durch das Symbol $\textcircled{L}$ im Toleranzindikator hinter der geometrischen Toleranz des abgeleiteten Geometrieelementes des Größenmaßelementes (toleriertes Geometrieelement) anzugeben.

BEISPIEL Um die Mindestwandstärke vollständig steuern zu können, wird das Symbol $\textcircled{L}$ auf die Tolerierung der Geometrieelemente auf beiden Seiten der Wand angewendet. Die Minimum-Material-Bedingung LMR kann auf die folgenden beiden Arten umgesetzt werden:

- die Ortsanforderungen an die beiden verschiedenen Wandseiten können sich auf die gleiche Bezugsachse oder das gleiche Bezugssystem beziehen (siehe Bild A.8). In diesem Fall gilt $\textcircled{L}$ für beide tolerierten Geometrieelemente;
- die Ortsanforderung des abgeleiteten Geometrieelementes für eine der beiden Wandseiten kann sich auf das abgeleitete Geometrieelement der anderen Wandseite als Bezug beziehen. In diesem Fall müssen die Toleranz des tolerierten Geometrieelementes und der Bezugsbuchstabe durch das Symbol $\textcircled{L}$ ergänzt werden (siehe Bild A.9).

ANMERKUNG 1 Diese Möglichkeit besteht nur, wenn die Geometrieelemente beider Seiten Größenmaßelemente sind.

Wenn die Minimum-Material-Bedingung LMR für das tolerierte Geometrieelement gilt, gelten für die Oberfläche(n) (des Größenmaßelementes) die folgenden Regeln:

- a) **Regel H:** Die extrahierten örtlichen Größenmaße des tolerierten Geometrieelementes müssen:
 - 1) bei äußeren Geometrieelementen größer oder gleich dem Minimum-Material-Größenmaß LMS sein;
 - 2) bei inneren Geometrieelementen kleiner oder gleich dem Minimum-Material-Größenmaß LMS sein.

ANMERKUNG 2 Diese Regel kann durch die Angabe der Reziprozitätsbedingung RPR mit dem Symbol $\textcircled{R}$ hinter dem Symbol $\textcircled{L}$ abgeändert werden [siehe 5.3, Bild A.5 e) und Bild A.5 f)].

- b) **Regel I:** Die extrahierten örtlichen Größenmaße des tolerierten Geometrieelementes müssen:
 - 1) bei äußeren Geometrieelementen kleiner oder gleich dem Maximum-Material-Größenmaß MMS sein [siehe die Bilder A.5 a), A.8 und A.9];