

DIN EN ISO 2692

ICS 17.040.30

Ersatz für
DIN ISO 2692:1990-05

**Geometrische Produktspezifikation (GPS) –
Form- und Lagetolerierung –
Maximum-Material-Bedingung (MMR), Minimum-Material-Bedingung
(LMR) und Reziprozitätsbedingung (RPR) (ISO 2692:2006);
Deutsche Fassung EN ISO 2692:2006**

Geometrical product specifications (GPS) –

Geometrical tolerancing –

Maximum material requirement (MMR), least material requirement (LMR) and reciprocity
requirement (RPR) (ISO 2692:2006);

German version EN ISO 2692:2006

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 2692:2006);

Version allemande EN ISO 2692:2006

Gesamtumfang 47 Seiten

Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG) im DIN

Nationales Vorwort

Diese Norm wurde im ISO/TC 213 „Geometrical product specifications and verification“ ausgearbeitet. Auf nationaler Ebene ist der Arbeitsausschuss NA 152-03-02 AA „CEN/ISO Geometrische Produktspezifikation und –prüfung“ zuständig.

Das CEN/TC 290 „Geometrische Produktspezifikation und –prüfung“ hatte bereits 1992 grundsätzlich beschlossen, keine „eigenen“ Europäischen Normen zu entwickeln, sondern seinen Mitgliedsorganisationen dringend empfohlen, sich an der Erarbeitung der GPS-Normen in der ISO engagiert zu beteiligen, um die ISO-Normen dann unverändert in das Europäische Normenwerk übernehmen zu können.

Für die im Inhalt zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Normen hingewiesen:

ISO 286-1	siehe DIN ISO 286-1
ISO 1101	siehe DIN EN ISO 1101
ISO 5459	siehe DIN ISO 5459
ISO 14405	siehe E DIN EN ISO 14405
ISO 14660-1	siehe DIN EN ISO 14660-1
ISO 14460-2	siehe DIN EN ISO 14660-2
ISO/TS 17450-1	siehe E DIN EN 15396-1

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 2692:1990-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Begriffe überarbeitet und an neue Normen angepasst;
- b) Minimum-Material-Zustand und damit verbundene Begriffe und Festlegungen aufgenommen;
- c) Reziprozitätsbedingung aufgenommen;
- d) Beispiele überarbeitet und in einen informativen Anhang überführt.

Frühere Ausgaben

DIN ISO 2692: 1990-05

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 286-1, *ISO-System für Grenzmaße und Passungen — 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 ISO 5459, *Technische Zeichnungen — Form- und Lagetolerierung — Bezüge und Bezugssysteme für geometrische Toleranzen*

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

DIN V 32950, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Übersicht (ISO/TR 14638:1995)*

DIN EN ISO 14405 (z. Z. Entwurf), *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Dimensionelle Tolerierung — Längenmaße*

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

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 15396-1 (z. Z. Entwurf), *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Grundlagen — Teil 1: Modell für die geometrische Spezifikation und Prüfung*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

**Geometrische Produktspezifikation (GPS) —
Form- und Lagetolerierung —
Maximum-Material-Bedingung (MMR), Minimum-Material-
Bedingung (LMR) und Reziprozitätsbedingung (RPR)
(ISO 2692:2006)**

Geometrical product specifications (GPS) —
Geometrical tolerancing —
Maximum material requirement (MMR), least material
requirement (LMR) and reciprocity requirement (RPR)
(ISO 2692:2006)

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 2692:2006)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 25. November 2006 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 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, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	3
Einleitung.....	4
0.1 Allgemeines.....	4
0.2 Information über die Maximum-Material-Bedingung, MMR.....	4
0.3 Information über die Minimum-Material-Bedingung, LMR	4
0.4 Information über die Reziprozitätsbedingung, RPR	5
0.5 Allgemeine Informationen über Begriffe und Bilder	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe.....	6
4 Maximum-Material-Bedingung (MMR) und Minimum-Material-Bedingung (LMR)	9
4.1 Allgemeines.....	9
4.2 Maximum-Material-Bedingung (MMR)	10
4.2.1 Maximum-Material-Bedingung für tolerierte Geometrieelemente	10
4.2.2 Maximum-Material-Bedingung für zugeordnete Bezugselemente	11
4.3 Minimum-Material-Bedingung, LMR	12
4.3.1 Minimum-Material-Bedingung für tolerierte Geometrieelemente	12
4.3.2 Minimum-Material-Bedingung für zugeordnete Bezugselemente	13
5 Reziprozitätsbedingung, RPR	13
5.1 Allgemeines.....	13
5.2 Reziprozitätsbedingung und Maximum-Material-Bedingung.....	14
5.3 Reziprozitätsbedingung und Minimum-Material-Bedingung	14
Anhang A (informativ) Beispiele der Tolerierung mit Ⓜ, Ⓛ und Ⓡ	15
Anhang B (informativ) Begriffsdiagramm.....	41
Anhang C (informativ) Beziehung zum GPS-Matrixmodell	42
C.1 Information über diese Internationale Norm und ihre Anwendung.....	42
C.2 Position in dem GPS-Matrixmodell	42
C.3 Verwandte Internationale Normen	42
Literaturhinweise	43

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 2692:2006) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 213 „Dimensional and geometrical product specifications and verification“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 290 „Dimensional and geometrical product specifications and verification“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2007 zurückgezogen werden.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 2692:2006 wurde vom CEN als EN ISO 2692:2006 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

0.1 Allgemeines

Diese Internationale Norm gehört zum Bereich der Geometrischen Produktspezifikation (GPS) und ist als allgemeine GPS-Norm anzusehen (siehe ISO/TR 14638). Sie beeinflusst Kettenglieder 1, 2 und 3 der Normenkette für Maß von linearen Maßelementen und Form, Richtung und Lage von abgeleiteten Geometrieelementen, die auf Maßelementen beruhen.

Weitere Informationen im Zusammenhang dieser Internationalen Norm mit dem GPS-Matrixmodell siehe Anhang C.

Diese Internationale Norm beinhaltet einige häufig vorkommende Funktionsfälle für Werkstücke in Entwurf 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 Toleranzanforderungen in einer gemeinsamen Anforderung, die die beabsichtigte Funktion des Werkstückes genauer simuliert. In einigen Fällen kann zusätzlich zu MMR und LMR auch die Reziprozitätsbedingung RPR angewendet werden.

0.2 Information über die Maximum-Material-Bedingung, MMR

Die Fügbareit von Teilen hängt ab von

- a) dem erfassten Maß (eines oder mehrerer erfasster Maßelemente) und
- b) der Form- und Lageabweichung der (erfassten) 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 Maßelemente Maximum-Material-Maß hat (z. B. größter Bolzen und kleinste Bohrung), und wenn die Form- und Lageabweichungen (z. B. die Form-, Richtungs- und Lageabweichungen) der Maßelemente und ihrer abgeleiteten Geometrieelemente (Mittellinie oder Mittelfläche) ebenfalls ihren größten Wert haben. Das Fügspiel vergrößert sich zu einem Maximum, wenn die erfassten Maße der gefügten Maßelemente am weitesten von ihren Maximum-Material-Maßen entfernt sind (z. B. kleinster Bolzen und größte Bohrung) und wenn die Form- und Lageabweichungen (z. B. die Form-, Richtungs- und Lageabweichungen) des Maßelementes und ihrer abgeleiteten Geometrieelemente Null sind.

Daraus folgt, dass wenn die erfassten Maße eines zu paarenden Teiles ihr Maximum-Material-Maß nicht erreichen, die eingetragene Form- und Lagetoleranz des Maßelementes und ihrer abgeleiteten Geometrieelemente entsprechend vergrößert werden darf, ohne das Fügen des Teiles mit dem Gegenstück zu gefährden.

Diese Regel wird „Maximum-Material-Bedingung“ genannt. Sie wird in Zeichnungen durch das Symbol $\textcircled{M}$ eingetragen.

0.3 Information über die Minimum-Material-Bedingung, LMR

Die Minimum-Material-Bedingung ist von Bedeutung zum Überwachen der z. B. geringsten Wanddicke zum Vermeiden von Werkstoffausbrüchen (wegen des Drucks in einem Rohr), der größten Breite einer Reihe von Nuten usw. Dies wird in Zeichnungen durch das Symbol $\textcircled{L}$ eingetragen. Die Minimum-Material-Bedingung kann auch charakterisiert werden als gemeinsame Anforderung (Sammelanforderung) an das Maß eines Maßelementes, an die Form- und Lageabweichungen des Maßelementes (Formabweichungen) und an den Ort seines abgeleiteten Geometrieelementes.

0.4 Information über die Reziprozitätsbedingung, RPR

Die Reziprozitätsbedingung, RPR, ist eine zusätzliche Anforderung, die mit der Maximum-Material-Bedingung, MMR, oder der Minimum-Material-Bedingung, LMR, genutzt werden kann in Fällen, in denen es zulässig ist — unter Berücksichtigung der Funktion der tolerierten Geometrieelemente — die Maßtoleranz zu vergrößern wenn die Form- und Lageabweichung des Werkstückes nicht den wirksamen Maximum-Material-Zustand oder wirksamen Minimum-Material-Zustand vollständig ausnutzt.

Die Reziprozitätsbedingung wird in Zeichnungen durch das Symbol ® eingetragen.

0.5 Allgemeine Informationen über Begriffe und Bilder

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

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm definiert die Maximum-Material-Bedingung, die Minimum-Material-Bedingung und die Reziprozitätsbedingung und legt ihre Anwendungen fest.

Diese Anforderungen dienen zur Steuerung bestimmter Funktionen von Werkstücken, bei denen eine Abhängigkeit von Maß und Geometrie vorhanden ist, z. B. zur Erfüllung der Funktionen zusammengebaute Teile (für die Maximum-Material-Bedingung) und zur Erfüllung der Funktion Mindest-Wandstärke (für Minimum-Material-Bedingung). Die Maximum-Material-Bedingung und die Minimum-Material-Bedingung werden jedoch auch zur Erfüllung anderer funktionaler Anforderungen genutzt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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 286-1:1988, *ISO system of limits and fits — Part 1: Bases of tolerances, deviations and fits*

ISO 1101:2004, *Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Tolerances of form, orientation, location and run-out*

ISO 5459:1981 ¹⁾, *Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Datums and datum-systems*

ISO 14405:— ²⁾, *Geometrical product specifications (GPS) — Dimensional tolerancing — Linear sizes*

ISO 14660-1:1999, *Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical features — Part 1: General terms and definitions*

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/TS 17450-1:2005, *Geometrical product specifications (GPS) — General concepts — Part 1: Model for geometrical specification and verification*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in ISO 286-1, ISO 14405, ISO 14660-1, ISO 14660-2, ISO/TS 17450-1 angegebenen und die folgenden Begriffe.

3.1

Maßelement

geometrische Form, die durch ein Längen- oder Winkelmaß definiert ist

[ISO 14660-1:1999]

3.2

abgeleitetes Geometrieelement

Mittelpunkt, mittlere Linie oder mittlere Fläche, der/die von einem oder mehreren vollständigen Geometrieelementen abgeleitet ist

[ISO 14660-1:1999]

1) Veröffentlichung in Kürze (Überarbeitung der ISO 5459:1981)

2) Veröffentlichung in Kürze

3.3**vollständiges Geometrieelement**

Fläche oder Linie auf einer Oberfläche

ANMERKUNG Ein vollständiges Geometrieelement ist intrinsisch definiert

[ISO 14660-1:1999]

3.4**Maximum-Material-Zustand**

MMC

Zustand des erfassten Geometrieelementes, in dem das Maßelement überall an dem Grenzmaß liegt, bei dem das Material des Geometrieelementes sein Maximum hat, z. B. Minstdurchmesser einer Bohrung und Höchstdurchmesser eines Bolzens

ANMERKUNG 1 Die Benennung Maximum-Material-Zustand, MMC, wird in dieser Internationalen Norm genutzt, um auf der Ebene der idealen oder Nenn-Geometrieelemente (siehe ISO/TS 17450-1 bzw. ISO 14660-1) die Grenze der Anforderung in Bezug auf das Material anzugeben.

ANMERKUNG 2 Das Maß des erfassten Geometrieelementes am Maximum-Material-Zustand, MMC, kann festgelegt sein durch den Regelfall bei nicht vorhandener Angabe oder verschiedene spezielle Definitionen des Maßes des erfassten Geometrieelementes (siehe ISO 14405 und ISO 14660-2).

ANMERKUNG 3 Der Maximum-Material-Zustand, MMC, wie in dieser Internationalen Norm definiert, kann ohne Mehrdeutigkeit für jede Definition des Maßes eines erfassten Geometrieelementes benutzt werden.

3.5**Maximum-Material-Maß**

MMS

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

Siehe Anhang A.

ANMERKUNG 1 Das Maximum-Material-Maß, MMS, kann festgelegt sein durch den Regelfall bei nicht vorhandener Angabe oder eine von verschiedenen speziellen Definitionen des Maßes des erfassten Geometrieelementes (siehe ISO 14405 und ISO 14660-2).

ANMERKUNG 2 In dieser Internationalen Norm wird Maximum-Material-Maß, MMS, als Wert benutzt, daher ist keine spezielle Definition des erfassten Maßes für den eindeutigen Gebrauch des Maximum-Material-Maßes nötig.

3.6**Minimum-Material-Zustand**

LMC

Zustand des erfassten Geometrieelementes, wobei das Maßelement überall an dem Grenzmaß liegt, bei dem das Material des Formelementes sein Minimum hat, z. B. Höchstdurchmesser einer Bohrung und Minstdurchmesser einer Welle

ANMERKUNG 1 Die Benennung Minimum-Material-Zustand, LMC, wird in dieser Internationalen Norm genutzt, um auf der Ebene der idealen oder Nenn-Geometrieelemente (siehe ISO/TS 17450-1 bzw. ISO 14660-1) die Grenze der Anforderung in Bezug auf das Material anzugeben.

ANMERKUNG 2 Das Maß des erfassten Geometrieelementes am Minimum-Material-Zustand, LMC, kann festgelegt sein durch den Regelfall bei nicht vorhandener Angabe oder verschiedene spezielle Definitionen des Maßes des erfassten Geometrieelementes (siehe ISO 14405 und ISO 14660-2).

ANMERKUNG 3 Der Minimum-Material-Zustand, LMC, wie in dieser Internationalen Norm definiert, kann ohne Mehrdeutigkeit für jede Definition des Maßes eines erfassten Geometrieelementes benutzt werden.

3.7**Minimum-Material-Maß**

LMS

Maß, das den Minimum-Material-Zustand eines Formelementes definiert

Siehe Anhang A.

ANMERKUNG 1 Das Minimum-Material-Maß, LMS, kann festgelegt sein durch den Regelfall bei nicht vorhandener Angabe oder eine von verschiedenen speziellen Definitionen des Maßes des erfassten Geometrieelementes (siehe ISO 14405 und ISO 14660-2).

ANMERKUNG 2 In dieser Internationalen Norm wird Minimum-Material-Maß, LMS, als Wert benutzt, daher ist keine spezielle Definition des erfassten Maßes für den eindeutigen Gebrauch des Minimum-Material-Maßes nötig.

3.8

wirksames Maximum-Material-Maß

MMVS

Maß, das sich aus der gemeinsamen Wirkung von Maximum-Material-Maß, MMS, und Form- und Lagetoleranz (Form, Richtung oder Ort) des abgeleiteten Geometrieelementes des selben Maßelementes, ergibt

ANMERKUNG 1 Das wirksame Maximum-Material-Maß, MMVS, ist eine maßliche Kenngröße, die als Wert für den wirksamen Maximum-Material-Zustand benutzt wird.

ANMERKUNG 2 Für äußere Geometrieelemente ist das wirksame Maximum-Material-Maß die Summe Maximum-Material-Maß plus Form- und Lagetoleranz, für innere Geometrieelemente dagegen die Differenz Maximum-Material-Maß minus Form- und Lagetoleranz.

ANMERKUNG 3 Formelmäßig ausgedrückt ist MMVS
für äußere Maßelemente: $MMVS = MMS + \text{Form- und Lagetoleranz}$,
für innere Maßelemente: $MMVS = MMS - \text{Form- und Lagetoleranz}$.

3.9

wirksamer Maximum-Material-Zustand

MMVC

Zustand des dem wirksamen Maximum-Material-Maß, MMVS, zugeordneten Geometrieelementes

Siehe Anhang A.

ANMERKUNG 1 Der wirksame Maximum-Material-Zustand, MMVC, ist ein Zustand idealer Form des Geometrieelementes.

ANMERKUNG 2 Der wirksame Maximum-Material-Zustand enthält eine Richtungsbedingung (nach ISO 1101 und ISO 5459) für das zugeordnete Geometrieelement, wenn die Form- und Lagetoleranz eine Richtungstoleranz ist (siehe Bild A.3). Der wirksame Maximum-Material-Zustand enthält eine Ortsbedingung (nach ISO 1101 und ISO 5459) für das zugeordnete Geometrieelement, wenn die Form- und Lagetoleranz eine Ortstoleranz ist (siehe Bild A.4).

3.10

wirksames Minimum-Material-Maß

LMVS

Maß, das sich aus der gemeinsamen Wirkung von Minimum-Material-Maß, LMS, und Form- und Lagetoleranz (Form, Richtung oder Ort) des abgeleiteten Geometrieelementes des selben Maßelementes, ergibt

ANMERKUNG 1 Das wirksame Minimum-Material-Maß, LMVS, ist eine maßliche Kenngröße, die als Wert für den wirksamen Minimum-Material-Zustand benutzt wird.

ANMERKUNG 2 Für äußere Geometrieelemente ist das wirksame Minimum-Material-Maß die Differenz Minimum-Material-Maß minus Form- und Lagetoleranz, für innere Geometrieelemente dagegen die Summe Minimum-Material-Maß plus Form- und Lagetoleranz.

ANMERKUNG 3 Formelmäßig ausgedrückt ist LMVS
für äußere Maßelemente: $LMVS = LMS - \text{Form- und Lagetoleranz}$,
für innere Maßelemente: $LMVS = LMS + \text{Form- und Lagetoleranz}$.

3.11

wirksamer Minimum-Material-Zustand

LMVC

Zustand des dem wirksamen Minimum-Material-Maß, LMVS, zugeordneten Geometrieelementes

Siehe Bilder A.5, A.8 und A.9.

ANMERKUNG 1 Der wirksame Minimum-Material-Zustand, LMVC, ist ein Zustand idealer Form des Geometrieelementes.

ANMERKUNG 2 Der wirksame Minimum-Material-Zustand enthält eine Ortsbedingung (nach ISO 1101 und ISO 5459) für das zugeordnete Geometrieelement, wenn die Form- und Lagetoleranz eine Ortstoleranz ist (siehe Bild A.5).

3.12

Maximum-Material-Bedingung

MMR

Anforderung an ein Maßelement, die ein Geometrieelement desselben Typs und geometrisch idealer Form definiert, mit einem Wert des innewohnenden Merkmals (Maß) gleich dem wirksamen Maximum-Material-Maß, das das nicht ideale Geometrieelement von außerhalb des Materials her eingrenzt.

ANMERKUNG 1 Die Maximum-Material-Bedingung, MMR, wird benutzt, um die Zusammenbaubarkeit eines Werkstückes sicherzustellen.

ANMERKUNG 2 Siehe auch 4.2.

3.13

Minimum-Material-Bedingung

LMR

Anforderung an ein Maßelement, die ein Geometrieelement desselben Typs und geometrisch idealer Form definiert, mit einem Wert des innewohnenden Merkmals (Maß) gleich dem wirksamen Minimum-Material-Maß, das das nicht ideale Geometrieelement von innerhalb des Materials her eingrenzt.

ANMERKUNG 1 Minimum-Material-Bedingungen werden paarweise benutzt, z. B. um die Mindest-Wandstärke zwischen zwei symmetrischen oder coaxial gelegenen, gleichartigen Maßelementen sicherzustellen.

ANMERKUNG 2 Siehe auch 4.3.

3.14

Reziprozitätsbedingung

RPR

Anforderung an ein Maßelement, die zusätzlich zur Maximum-Material-Bedingung oder Minimum-Material-Bedingung genutzt wird, um anzugeben, dass die Maßtoleranz um die Differenz zwischen der Form- und Lagetoleranz und der wirklichen Form- und Lageabweichung erweitert wird

4 Maximum-Material-Bedingung (MMR) und Minimum-Material-Bedingung (LMR)

4.1 Allgemeines

Die Maximum-Material-Bedingung und die Minimum-Material-Bedingung berücksichtigen die wechselseitige Beziehung zwischen dem Maß und betreffender Form- und Lagetoleranz von in Beziehung stehenden Geometrieelementen. Diese Anforderungen können ausschließlich zur Verbindung von Anforderungen an das Maß eines Maßelementes und der Form- und Lagetoleranz des abgeleiteten Geometrieelementes des Maßelementes angewendet werden.

ANMERKUNG 1 In dieser Ausgabe von ISO 2692 werden nur Maßelemente der Art Zylinder und zwei gegenüberliegende parallele Flächen betrachtet. Daher sind die einzig möglichen abgeleiteten Geometrieelemente Mittellinien und Mittelflächen.

Wenn die Maximum-Material-Bedingung oder Minimum-Material-Bedingung angegeben sind, werden die zwei unabhängigen Anforderungen (Maß-, sowie Form- und Lagetoleranz) in eine gemeinsame überführt. Die gemeinsame Anforderung betrifft nur vollständige Geometrieelemente, die in dieser Norm auf Oberflächen der Maßelemente bezogen sind.

ANMERKUNG 2 In der Vergangenheit wurde die Maximum-Material-Bedingung, MMR, Maximum-Material-Prinzip, MMP genannt.

Wenn am tolerierten Geometrieelement nicht $\textcircled{L}$, $\textcircled{M}$, $\textcircled{R}$ angewendet werden, gelten die Definitionen des erfassten Maßes in ISO 14405 und ISO 14660-2.

Wenn am Bezug nicht $\textcircled{L}$, $\textcircled{M}$, $\textcircled{R}$ angewendet werden, gilt ISO 5459.

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:

- a) eine für den Höchstwert des örtlichen Maßes [siehe Regeln A 1) und A 2)],
- b) eine für den Mindestwert des örtlichen Maßes [siehe Regeln B 1) und B 2)],
- c) eine für die Nicht-Verletzung des wirksamen Maximum-Material-Zustands, MMVC (siehe Regel C),
- d) eine, wenn mehr als ein Geometrieelement einbezogen ist (siehe Regel D).

Wenn die Maximum-Material-Bedingung, MMR, für das tolerierte Geometrieelement gilt, ist sie in einer Zeichnung durch das Symbol $\textcircled{M}$ im Toleranzrahmen hinter der Form- und Lagetoleranz des abgeleiteten Geometrieelementes des Maßelementes (toleriertes Geometrieelement) eingetragen.

In diesem Fall gelten für die Oberflächen (des Maßelementes) die folgenden Regeln:

— Regel A Die erfassten örtlichen Maße des tolerierten Geometrieelementes müssen:

- 1) bei äußeren Geometrieelementen kleiner oder gleich dem Maximum-Material-Maß, MMS, sein;
- 2) bei inneren Geometrieelementen größer oder gleich dem Maximum-Material-Maß, MMS, sein.

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

— Regel B Die erfassten örtlichen Maße des tolerierten Geometrieelementes müssen:

- 1) bei äußeren Geometrieelementen größer oder gleich dem Minimum-Material-Maß, LMS, sein [siehe 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-Maß, LMS, sein [siehe Bilder A.2 b), A.3 b), A.4 b), A.6 b), A.7 b), A.10 und A.11].

— Regel C Der wirksame Maximum-Material-Zustand, MMVC, für das tolerierte Geometrieelement darf durch das erfasste vollständige Geometrieelement nicht verletzt werden (siehe Bilder A.2, A.3, A.4, A.6, A.7, A.10 und A.11).

ANMERKUNG 2 Die Anwendung anderer Bedingungen für das Maß im Maximum-Material-Zustand, MMC, z. B. die Hüllbedingung $\textcircled{E}$ (auch Taylor-Prinzip genannt), können überflüssige Anforderungen ergeben, die für die Funktion des Geometrieelementes (Zusammenbau) nicht nötig sind. Die Anwendung dieser anderen Bedingungen und Definitionen für das Maß verringert die technischen und wirtschaftlichen Vorteile der Maximum-Material-Bedingung, MMR.

ANMERKUNG 3 Die Angabe 0 $\textcircled{M}$ hat die gleiche Bedeutung wie die Hüllbedingung $\textcircled{E}$, wenn die eingetragene Toleranz eine Formtoleranz ist.

- Regel D Wenn zu mehreren tolerierten Maßelementen die selbe Toleranzangabe gehört, oder wenn es sich um Richtungs- oder Ortstoleranzen handelt, liegen die wirksamen Maximum-Material-Zustände, MMVC, der tolerierten Geometrieelemente in theoretisch genauer Lage und Richtung relativ zueinander und zu den Bezügen (siehe Bilder A.6, A.7, A.10 und A.11).

4.2.2 Maximum-Material-Bedingung für zugeordnete Bezugselemente

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

- a) eine für die Nicht-Verletzung des wirksamen Maximum-Material-Zustands, MMVC (siehe Regel E),
- b) eine für das Maximum-Material-Maß, MMS, wenn keine Form- und Lagetoleranz eingetragen ist oder wenn die Form- und Lagetoleranz nicht durch das Symbol $\textcircled{M}$ ergänzt ist (siehe Regel F),
- c) eine für das Maximum-Material-Maß, MMS, wenn eine Form- und Lagetoleranz eingetragen und durch das Symbol $\textcircled{M}$ ergänzt ist (siehe Regel G),

Wenn die Maximum-Material-Bedingung, MMR, für das Bezugselement gilt, ist sie in einer Zeichnung durch das Symbol $\textcircled{M}$ hinter dem Bezugsbuchstaben im Toleranzrahmen eingetragen.

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

ANMERKUNG 2 Wenn Maximum-Material-Bedingung oder Minimum-Material-Bedingung für alle Elemente der Zusammenstellung von Flächen eines gemeinsamen Bezugs gilt, wird die zugehörige Buchstabenfolge für den gemeinsamen Bezug in Klammern gesetzt (siehe Bild A.12). Wenn Maximum-Material-Bedingung oder Minimum-Material-Bedingung nur für ein Element der Zusammenstellung von Flächen eines gemeinsamen Bezugs gilt, wird die zugehörige Buchstabenfolge für den gemeinsamen Bezug nicht in Klammern gesetzt und die Anforderung gilt nur für den unmittelbar vor dem Symbol $\textcircled{M}$ stehenden Buchstaben.

In diesem Fall In diesem Fall gelten für die Oberflächen (des Maßelementes) die folgenden Regeln:

- Regel E Der wirksame Maximum-Material-Zustand, MMVC, für das zugeordnete Bezugselement darf durch das erfasste vollständige Geometrieelement, von dem der Bezug gebildet wird, nicht verletzt werden (siehe Bilder A.6 und A.7).
- Regel F Das Maß des wirksamen Maximum-Material-Zustands, MMVC, des Bezugselementes ist das Maximum-Material-Maß, MMS, wenn für das Bezugselement keine Form- und Lagetoleranz gilt, oder eine Form- und Lagetoleranz gilt, die nicht durch das Symbol $\textcircled{M}$ ergänzt ist (siehe Bild A.6).

ANMERKUNG 3 Formelmäßig ausgedrückt ist MMVS in diesem Fall
für äußere und innere Maßelemente: $\text{MMVS} = \text{MMS} \pm 0 = \text{MMS}$

- Regel G Das Maß des wirksamen Maximum-Material-Zustands, MMVC, des Bezugselementes ist das Maximum-Material-Maß, MMS, plus (bei äußeren Geometrieelementen) oder minus (bei inneren Geometrieelementen) der Form- und Lagetoleranz, wenn für das Bezugselement eine Form- und Lagetoleranz gilt, und diese Form- und Lagetoleranz durch das Symbol $\textcircled{M}$ ergänzt ist (siehe Bild A.7).

ANMERKUNG 4 Formelmäßig ausgedrückt ist MMVS in diesem Fall
für äußere Maßelemente: $\text{MMVS} = \text{MMS} + \text{Form- und Lagetoleranz}$,
für innere Maßelemente: $\text{MMVS} = \text{MMS} - \text{Form- und Lagetoleranz}$.