

## DIN EN ISO 2692



ICS 01.100.20; 17.040.40

Ersatz für  
DIN EN ISO 2692:2015-12

**Geometrische Produktspezifikation (GPS) –  
Geometrische Tolerierung –  
Maximum-Material-Bedingung (MMR),  
Minimum-Material-Bedingung (LMR) und Reziprozitätsbedingung (RPR)  
(ISO 2692:2021);  
Deutsche Fassung EN ISO 2692:2021**

Geometrical product specifications (GPS) –  
Geometrical tolerancing –  
Maximum material requirement (MMR), least material requirement (LMR) and reciprocity  
requirement (RPR) (ISO 2692:2021);  
German version EN ISO 2692:2021

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 2692:2021);  
Version allemande EN ISO 2692:2021

Gesamtumfang 75 Seiten

DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG)

## **Nationales Vorwort**

Dieses Dokument (EN ISO 2692:2021) 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 (Frankreich) gehalten wird.

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

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

|                  |       |                            |
|------------------|-------|----------------------------|
| ISO 286-1        | siehe | DIN EN ISO 286-1           |
| ISO 1101:2017    | siehe | DIN EN ISO 1101:2017-09    |
| ISO 5458         | siehe | DIN EN ISO 5458            |
| ISO 5459:2011    | siehe | DIN EN ISO 5459:2013-05    |
| 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 14638        | siehe | DIN EN ISO 14638           |
| ISO 17450-1:2011 | siehe | DIN EN ISO 17450-1:2012-04 |
| ISO 17450-3      | siehe | DIN EN ISO 17450-3         |
| ISO 22432        | siehe | DIN EN ISO 22432           |

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN ([www.din.de](http://www.din.de)) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

## **Änderungen**

Gegenüber DIN EN ISO 2692:2015-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) normative Verweisungen aktualisiert;
- b) direkte Angabe des wirksamen Maximum-Material-Größenmaßes oder des wirksamen Minimum-Material-Größenmaßes hinzugefügt (siehe 4.1.3);
- c) die Verwendung der Symbole SZ und CZ wurde hinzugefügt (siehe 4.1.4);
- d) die Verwendung des Symbols SIM wurde hinzugefügt (siehe 4.1.5);
- e) Literaturhinweise aktualisiert;
- f) Dokument redaktionell überarbeitet.

## **Frühere Ausgaben**

DIN ISO 2692: 1990-05

DIN EN ISO 2692: 2007-04, 2015-12

## 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 1101:2017-09, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Geometrische Tolerierung — Tolerierung von Form, Richtung, Ort und Lauf (ISO 1101:2017); Deutsche Fassung EN ISO 1101:2017*

DIN EN ISO 5458, *Geometrische Produktspezifikationen (GPS) — Geometrische Tolerierung — Elementgruppen und kombinierte geometrische Spezifikation*

DIN EN ISO 5459:2013-05, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Geometrische Tolerierung — Bezüge und Bezugssysteme (ISO 5459:2011); Deutsche Fassung EN ISO 5459:2011*

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

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

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

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*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Geometrische Produktspezifikation (GPS) —  
Geometrische Tolerierung —  
Maximum-Material-Bedingung (MMR), Minimum-Material-  
Bedingung (LMR) und Reziprozitätsbedingung (RPR)  
(ISO 2692:2021)

Geometrical product specifications (GPS) —  
Geometrical tolerancing —  
Maximum material requirement (MMR), least material  
requirement (LMR) and reciprocity requirement (RPR)  
(ISO 2692:2021)

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 2692:2021)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 1. Juni 2021 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 CEN-CENELEC-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, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, 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: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

## Inhalt

|                                                                                                                            | Seite |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Europäisches Vorwort .....                                                                                                 | 4     |
| Vorwort .....                                                                                                              | 5     |
| Einleitung .....                                                                                                           | 6     |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                                                                  | 8     |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                                                             | 8     |
| 3 Begriffe .....                                                                                                           | 8     |
| 4 Maximum-Material-Bedingung (MMR) und Minimum-Material-Bedingung (LMR) .....                                              | 13    |
| 4.1 Allgemeines .....                                                                                                      | 13    |
| 4.1.1 Spezifikation für MMVS oder LMVS .....                                                                               | 13    |
| 4.1.2 Indirekte Angabe des MMVS oder LMVS .....                                                                            | 13    |
| 4.1.3 Direkte Angabe des MMVS oder LMVS .....                                                                              | 14    |
| 4.1.4 Anwendung einer MMR oder LMR auf mehrere tolerierte Geometrieelemente .....                                          | 15    |
| 4.1.5 Simultane Bedingung .....                                                                                            | 15    |
| 4.1.6 MMR oder LMR auf einem Bezug ohne MMR oder LMR auf dem tolerierten Geometrieelement .....                            | 15    |
| 4.2 Maximum-Material-Bedingung (MMR) .....                                                                                 | 15    |
| 4.2.1 MMR für tolerierte Geometrieelemente mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes .....                           | 15    |
| 4.2.2 MMR für zugehörige Bezugselemente mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes .....                              | 17    |
| 4.2.3 MMR für tolerierte Geometrieelemente mit direkter Angabe des wirksamen Größenmaßes .....                             | 18    |
| 4.2.4 MMR für zugehörige Bezugselemente mit direkter Angabe des wirksamen Größenmaßes .....                                | 19    |
| 4.3 Minimum-Material-Bedingung (LMR) .....                                                                                 | 20    |
| 4.3.1 LMR für tolerierte Geometrieelemente mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes .....                           | 20    |
| 4.3.2 LMR für zugehörige Bezugselemente mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes .....                              | 21    |
| 4.3.3 LMR für tolerierte Geometrieelemente mit direkter Angabe des wirksamen Größenmaßes .....                             | 22    |
| 4.3.4 LMR für zugehörige Bezugselemente mit direkter Angabe des wirksamen Größenmaßes .....                                | 23    |
| 5 Reziprozitätsbedingung (RPR) .....                                                                                       | 24    |
| 5.1 Allgemeines .....                                                                                                      | 24    |
| 5.2 Reziprozitätsbedingung (RPR) und Maximum-Material-Bedingung (MMR) .....                                                | 24    |
| 5.3 Reziprozitätsbedingung (RPR) und Minimum-Material-Bedingung (LMR) .....                                                | 24    |
| Anhang A (informativ) Beispiele für Tolerierung mit $\textcircled{M}$ , $\textcircled{L}$ und $\textcircled{R}$ .....      | 25    |
| Anhang B (informativ) Frühere Praxis .....                                                                                 | 65    |
| B.1 Allgemeines .....                                                                                                      | 65    |
| B.2 Verwendung der Symbole CZ und SZ .....                                                                                 | 65    |
| B.3 Anwendung des Bezugsindikators .....                                                                                   | 65    |
| Anhang C (informativ) Begriffsdiagramm .....                                                                               | 66    |
| Anhang D (informativ) Verwendung von Symbolen für geometrische Merkmale mit $\textcircled{M}$ oder $\textcircled{L}$ ..... | 68    |

|                                                                   |                                                              |    |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----|
| D.1                                                               | Allgemeines .....                                            | 68 |
| D.2                                                               | Verwendung von Symbolen für geometrische Merkmale .....      | 68 |
| Anhang E (informativ) Zusammenhang mit dem GPS-Matrix-Modell..... |                                                              | 70 |
| E.1                                                               | Allgemeines .....                                            | 70 |
| E.2                                                               | Informationen über dieses Dokument und seine Verwendung..... | 70 |
| E.3                                                               | Position im GPS-Matrix-Modell .....                          | 70 |
| E.4                                                               | Verwandte Internationale Normen .....                        | 70 |
| Literaturhinweise.....                                            |                                                              | 71 |

## **Europäisches Vorwort**

Dieses Dokument (EN ISO 2692:2021) 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 Dezember 2021, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2021 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 2692:2014.

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

### **Anerkennungsnotiz**

Der Text von ISO 2692:2021 wurde von CEN als EN ISO 2692:2021 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

## Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

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

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

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe [www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 213, *Dimensional and geometrical product specifications and verification*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 290, *Geometrische Produktspezifikationen und -prüfung*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese vierte Ausgabe ersetzt die dritte Ausgabe (ISO 2692:2014), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- direkte Angabe des wirksamen Maximum-Material-Größenmaßes oder des wirksamen Minimum-Material-Größenmaßes wurde hinzugefügt (siehe 4.1.3);
- die Verwendung der Symbole SZ und CZ wurde hinzugefügt (siehe 4.1.4);
- die Verwendung des Symbols SIM wurde hinzugefügt (siehe 4.1.5).

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter [www.iso.org/members.html](http://www.iso.org/members.html) zu finden.

## Einleitung

### 0.1 Allgemeines

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

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

Für weiterführende Angaben zum Zusammenhang dieses Dokuments mit dem GPS-Matrix-Modell siehe Anhang E.

Dieses Dokument behandelt einige häufig auftretende Fälle der Funktionsbeschreibung an Werkstücken in der Konstruktion und Tolerierung. Die Maximum-Material-Bedingung (MMR, en: maximum material requirement) kann beispielsweise die Funktion „Fügbarkeit“ abbilden und die Minimum-Material-Bedingung (LMR, en: least material requirement) kann beispielsweise die Funktion „Mindestwandstärke“ eines Bauteils beschreiben. MMR und LMR erlauben die Kombination zweier unabhängiger Bedingungen zu einer gemeinsamen Bedingung oder die direkte Definition des wirksamen Maximum-Material-Zustands (MMVC, en: maximum material virtual condition) oder des wirksamen Minimum-Material-Zustands (LMVC, en: least material virtual condition) (siehe Anhang C), was die beabsichtigte Funktion des Werkstücks mit hinreichender Genauigkeit nachbildet. In einigen Fällen kann zusätzlich zu MMR und LMR auch die Reziprozitätsbedingung (RPR, en: reciprocity requirement) angewendet werden.

**ANMERKUNG 1** In GPS-Normen werden Gewindeelemente oftmals als ein Typ von zylindrischen Größenmaßelementen betrachtet. In diesem Dokument sind jedoch keine Regeln festgelegt, wie die MMR, die LMR und die RPR auf Gewindeelemente anzuwenden sind. Aus diesem Grund birgt die Anwendung der in diesem Dokument festgelegten Werkzeuge für Gewindeelemente Risiken.

**ANMERKUNG 2** Eine geometrische Toleranz mit dem Toleranzwert 0 ( $0\text{Ⓜ}$ ) oder 0 ( $0\text{Ⓛ}$ ) kann zur Vermeidung der Nichtkonformität von Teilen eingesetzt werden, und zwar im Fall von MMR für Teile, die gefügt werden können, bzw. im Fall von LMR für Teile mit einer Mindestwandstärke.

### 0.2 Informationen zur MMR

Das Fügen von Teilen hängt von der kombinierten Wirkung von:

- a) dem Größenmaß (eines oder mehrerer Größenmaßelemente) und
- b) der geometrischen Abweichung der Geometrieelemente und ihrer abgeleiteten Geometrieelemente ab, wie z. B. die Anordnung von Bohrungen in zwei Flanschen und der sie sichernden Bolzen.

Das kleinste Fügenspiel ergibt sich, wenn jedes der die Passung bildenden Größenmaßelemente sein Maximum-Material-Größenmaß (MMS, en: maximum material size) hat (z. B. größter Bolzen und kleinste Bohrung) und die geometrischen Abweichungen (z. B. die Form-, Richtungs- und Ortsabweichungen) der Größenmaßelemente und ihrer abgeleiteten Geometrieelemente (Mittellinie oder Mittelfläche) ihre Toleranzen voll ausnutzen. Das größte Fügenspiel ergibt sich, wenn die Istmaße der die Passung bildenden Größenmaßelemente die größte Differenz zu ihren MMS aufweisen (z. B. kleinste Welle und größte Bohrung) und die geometrischen Abweichungen (z. B. die Form-, Richtungs- und Ortsabweichungen) der Größenmaßelemente und ihrer abgeleiteten Geometrieelemente Null sind. Daraus folgt, dass zur Kontrolle der Fügbarkeit die Auswirkung von Abweichungen von Größenmaßen und ihren Orten durch eine Spezifikation unter Anwendung des Maximum-Material-Konzepts behandelt werden kann. Diese Anforderung wird in der Zeichnung durch das Symbol  $\text{Ⓜ}$  angegeben.

Darüber hinaus kann es nützlich sein, das Symbol  $\textcircled{M}$  zum Bezugsindikator im Bezugsfeld hinzuzufügen, wenn das Bezugselement ein lineares Größenmaßelement ist und das Spiel zwischen Bezugselement und Gegenstück die Fügbarkeit des Teils begünstigt.

### 0.3 Informationen zur LMR

Die LMR ist zur Sicherstellung z. B. einer Mindestwandstärke zur Verhinderung eines Durchbruchs (aufgrund von Druck in einem Rohr) oder der größten Breite einer Reihe von Nuten konzipiert. Zur Kontrolle der Funktion der Tragfähigkeit kann die Auswirkung der Abweichung von Größenmaßen und ihren Orten durch eine Spezifikation unter Anwendung des Minimum-Material-Konzepts behandelt werden. Diese Anforderung wird in Zeichnungen durch das Symbol  $\textcircled{L}$  angegeben.

### 0.4 Informationen zur RPR

Die RPR ist ein zusätzlicher Modifikator, der in Verbindung mit der MMR oder der LMR in den zulässigen Fällen verwendet werden darf – unter Berücksichtigung der Funktion des/der tolerierten Geometrieelemente(s) –, um die Größenmaßtoleranz zu vergrößern, wenn die geometrische Abweichung des tatsächlichen Werkstückes den MMVC bzw. den LMVC nicht vollständig ausnutzt.

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

### 0.5 Allgemeine Informationen zu Begriffen und Bildern

Die Begriffe und Konzepte der Tolerierung in diesem Dokument wurden aktualisiert, um mit den GPS-Begriffen insbesondere nach ISO 286-1, ISO 14405-1, ISO 17450-1 und ISO 17450-3 übereinzustimmen.

## **1 Anwendungsbereich**

Dieses Dokument legt die Maximum-Material-Bedingung (MMR), die Minimum-Material-Bedingung (LMR) und die Reziprozitätsbedingung (RPR) fest. Diese Anforderungen können ausschließlich auf lineare Größenmaßelemente der Typen zylindrisch oder zwei parallele gegenüberliegende Ebenen angewendet werden.

Diese Anforderungen dienen oftmals zur Steuerung bestimmter Funktionen von Werkstücken, bei denen Größenmaß und Geometrie voneinander abhängen, beispielsweise zur Erfüllung der Funktionen „Fügbarkeit von Teilen“ (für die MMR) oder „Mindestwandstärke“ (für die LMR). MMR und LMR können jedoch auch zur Erfüllung sonstiger funktionaler Konstruktionsanforderungen genutzt werden.

## **2 Normative Verweisungen**

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 1101:2017, *Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Tolerances of form, orientation, location and run-out*

ISO 5458, *Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Pattern and combined geometrical specification*

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

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

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

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

## **3 Begriffe**

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 5459, ISO 14405-1, ISO 17450-1 und ISO 17450-3 und die folgenden Begriffe.

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

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

### 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, beispielsweise die Haut des Werkstücks.

[QUELLE: ISO 17450-1:2011, 3.3.5, modifiziert – Anmerkungen 2 und 3 zum Begriff gestrichen.] <sup>N1)</sup>

### 3.2

#### **lineares Größenmaßelement**

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

BEISPIEL 1 Eine einzelne zylindrische Bohrung oder Welle ist ein lineares Größenmaßelement. Ihr lineares Größenmaß ist ihr Durchmesser.

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

[QUELLE: ISO 17450-1:2011, 3.3.1.5.1, modifiziert – Anmerkungen zum Begriff gestrichen; Beispiel 2 ersetzt.] <sup>N2)</sup>

### 3.3

#### **abgeleitetes Geometrieelement**

Geometrieelement, das physisch nicht auf der realen Oberfläche des Werkstücks existiert und das von Natur aus kein nominales *integrales Geometrieelement* (3.1) ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein abgeleitetes Geometrieelement kann aus einer nominalen integralen Oberfläche, einer assoziierten integralen Oberfläche oder einer extrahierten integralen Oberfläche 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* (3.1) festgelegt werden, sind Typen abgeleiteter Geometrieelemente.

BEISPIEL 1 Die Mittellinie eines Zylinders ist ein abgeleitetes Geometrieelement, das man von der zylindrischen Oberfläche erhält, die ein *integrales Geometrieelement* (3.1) ist. Die Achse des nominalen Zylinders ist ein nominales abgeleitetes Geometrieelement.

BEISPIEL 2 Die Mittelfläche von zwei parallelen gegenüberliegenden Ebenen ist ein abgeleitetes Geometrieelement, das man aus den zwei parallelen gegenüberliegenden Ebenen erhält, die ein *integrales Geometrieelement* (3.1) bilden. Die Mittelebene der zwei nominalen parallelen gegenüberliegenden Ebenen ist ein nominales abgeleitetes Geometrieelement.

[QUELLE: ISO 17450-1:2011, 3.3.6, modifiziert.] <sup>N3)</sup>

---

N1) Nationale Fußnote: Im Vergleich zu DIN EN ISO 17450-1:2012-04, 3.3.5, wurde außerdem die Übersetzung modifiziert.

N2) Nationale Fußnote: Im Vergleich zu DIN EN ISO 17450-1:2012-04, 3.3.1.5.1, wurde außerdem die Übersetzung modifiziert.

N3) Nationale Fußnote: Im Vergleich zu DIN EN ISO 17450-1:2012-04, 3.3.6, wurde außerdem die Übersetzung modifiziert.

### 3.4

#### Maximum-Material-Größenmaß

**MMS**, en: maximum material size

<äußeres lineares Größenmaßelement> Wert gleich der oberen Grenze eines Größenmaßes (ULS, en: upper limit of size) oder gleich dem Höchstwert der ULS im Fall mehrerer Größenmaßspezifikationen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein MMS kann für jedes der Größenmaßmerkmale nach ISO 14405-1 festgelegt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff "obere Grenze eines Größenmaßes" (ULS) ist in ISO 14405-1 festgelegt.

### 3.5

#### Maximum-Material-Größenmaß

**MMS**, en: maximum material size

<inneres lineares Größenmaßelement> Wert gleich der unteren Grenze eines Größenmaßes (LLS, en: lower limit of size) oder gleich dem kleinsten Wert der LLS im Fall mehrerer Größenmaßspezifikationen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein MMS kann für jedes der Größenmaßmerkmale nach ISO 14405-1 festgelegt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff "untere Grenze eines Größenmaßes" (LLS) ist in ISO 14405-1 festgelegt.

### 3.6

#### Minimum-Material-Größenmaß

**LMS**, en: least material size

<äußeres lineares Größenmaßelement> Wert gleich der unteren Grenze eines Größenmaßes (LLS, en: lower limit of size) oder gleich dem kleinsten Wert der LLS im Fall mehrerer Größenmaßspezifikationen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein LMS kann für jedes der Größenmaßmerkmale nach ISO 14405-1 festgelegt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff "untere Grenze eines Größenmaßes" (LLS) ist in ISO 14405-1 festgelegt.

### 3.7

#### Minimum-Material-Größenmaß

**LMS**, en: least material size

<inneres lineares Größenmaßelement> Wert gleich der oberen Grenze eines Größenmaßes (ULS, en: upper limit of size) oder gleich dem Höchstwert der ULS im Fall mehrerer Größenmaßspezifikationen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein LMS kann für jedes der Größenmaßmerkmale nach ISO 14405-1 festgelegt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff "obere Grenze eines Größenmaßes" (ULS) ist in ISO 14405-1 festgelegt.

### 3.8

#### wirksames Maximum-Material-Größenmaß

**MMVS**, en: maximum material virtual size

Wert gleich dem Größenmaß des *wirksamen Maximum-Material-Zustands* (3.9)

Anmerkung 1 zum Begriff: Das MMVS kann direkt angegeben werden (siehe 4.1.3) oder anhand des *Maximum-Material-Größenmaßes* (3.4, 3.5) und der geometrischen Toleranz (siehe 4.1.2) berechnet werden.

### 3.9

#### wirksamer Maximum-Material-Zustand

**MMVC**, en: maximum material virtual condition

Zustand des assoziierten Geometrieelementes mit einem Größenmaß gleich dem *wirksamen Maximum-Material-Größenmaß* (3.8)

Anmerkung 1 zum Begriff: Der MMVC ist ein Zustand perfekter Form des *linearen Größenmaßelementes* (3.2).

Anmerkung 2 zum Begriff: Der MMVC enthält die Nebenbedingung einer Richtung (nach ISO 1101 und ISO 5459) für das assoziierte Geometrieelement, wenn die geometrische Spezifikation eine Richtungsspezifikation ist (siehe Bild A.3). Der MMVC enthält die Nebenbedingung der Lage (nach ISO 1101 und ISO 5459) für das assoziierte Geometrieelement, wenn die geometrische Spezifikation eine Ortsspezifikation ist (siehe Bild A.4).

Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe Beispiele in Anhang A.

### 3.10

#### **wirksames Minimum-Material-Größenmaß**

**LMVS**, en: least material virtual size

Wert gleich dem Größenmaß des *wirksamen Minimum-Material-Zustands* (3.11)

Anmerkung 1 zum Begriff: Das LMVS kann direkt angegeben werden (siehe 4.1.3) oder anhand des *Minimum-Material-Größenmaßes* (3.6, 3.7) und der geometrischen Toleranz (siehe 4.1.2) berechnet werden.

### 3.11

#### **wirksamer Minimum-Material-Zustand**

**LMVC**, en: least material virtual condition

Zustand des assoziierten Geometrieelementes am *wirksamen Minimum-Material-Größenmaß* (3.10)

Anmerkung 1 zum Begriff: Der LMVC ist ein Zustand perfekter Form des *linearen Größenmaßelementes* (3.2).

Anmerkung 2 zum Begriff: Der LMVC enthält eine Nebenbedingung einer Richtung (nach ISO 1101 und ISO 5459) für das assoziierte Geometrieelement, wenn die geometrische Spezifikation eine Richtungsspezifikation ist. Der LMVC enthält eine Nebenbedingung der Lage (nach ISO 1101 und ISO 5459) für das assoziierte Geometrieelement, wenn die geometrische Spezifikation eine Ortsspezifikation ist (siehe Bild A.5).

Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe Bild A.5, Bild A.8, Bild A.9, Bild A.14 und Bild A.15.

### 3.12

#### **Maximum-Material-Bedingung**

**MMR**, en: maximum material requirement

Anforderung an ein *lineares Größenmaßelement* (3.2), die ein Geometrieelement desselben Typs und geometrisch perfekter Form festlegt, mit einem Wert des intrinsischen Merkmals (Maß) gleich dem *wirksamen Maximum-Material-Größenmaß* (3.8), das das nicht ideale Geometrieelement von außerhalb des Materials her eingrenzt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die MMR wird benutzt, um die Fügbarkeit eines Werkstücks sicherzustellen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe auch 4.2.

### 3.13

#### **Minimum-Material-Bedingung**

**LMR**, en: least material requirement

Anforderung an ein *lineares Größenmaßelement* (3.2), die ein Geometrieelement desselben Typs und geometrisch perfekter Form festlegt, mit einem Wert des intrinsischen Merkmals (Maß) gleich dem *wirksamen Minimum-Material-Größenmaß* (3.10), das das nicht ideale Geometrieelement auf der Innenseite des Materials eingrenzt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die LMR wird benutzt, um beispielsweise die Mindestwandstärke zwischen zwei symmetrisch oder koaxial angeordneten, ähnlichen Größenmaßelementen sicherzustellen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe auch 4.3.

### 3.14

#### Reziprozitätsbedingung

RPR, en: reciprocity requirement

zusätzliche Anforderung an ein *lineares Größenmaßelement* (3.2), die zusätzlich zur *Maximum-Material-Bedingung* (3.12) oder *Minimum-Material-Bedingung* (3.13) angegeben wird, um anzugeben, dass die Größenmaßtoleranz um die Differenz zwischen der geometrischen Toleranz und der tatsächlichen geometrischen Abweichung erweitert wird

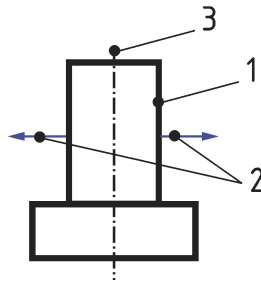
### 3.15

#### äußeres lineares Größenmaßelement

*lineares Größenmaßelement* (3.2), bei dem die Normalenvektoren der Oberfläche so gerichtet sind, dass sie aus dem Material hinaus- und vom mittleren Geometrieelement (in Gegenrichtung) wegzeigen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die zylindrische Oberfläche einer Welle wird als ein äußeres lineares Größenmaßelement betrachtet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1.



#### Legende

- 1 äußeres lineares Größenmaßelement
- 2 Normalenvektoren, die aus dem Material hinauszeigen
- 3 mittleres Geometrieelement (Zylinderachse)

**Bild 1 — Beispiel für ein äußeres lineares Größenmaßelement**

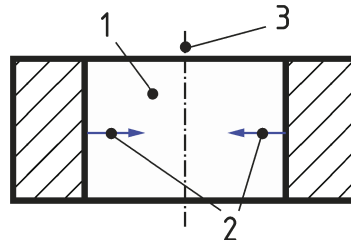
### 3.16

#### inneres lineares Größenmaßelement

*lineares Größenmaßelement* (3.2), bei dem die Normalenvektoren der Oberfläche so gerichtet sind, dass sie aus dem Material hinaus- und zum mittleren Geometrieelement hinzeigen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die zylindrische Oberfläche einer Bohrung wird als inneres lineares Größenmaßelement betrachtet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 2.



#### Legende

- 1 inneres lineares Größenmaßelement
- 2 Normalenvektoren, vom Material nach außen gerichtet
- 3 mittleres Geometrieelement (Zylinderachse)

**Bild 2 — Beispiel für ein inneres lineares Größenmaßelement**

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

### 4.1 Allgemeines

#### 4.1.1 Spezifikation für MMVS oder LMVS

Die MMR und die LMR können auf eine Reihe von einem oder mehreren Größenmaßelement(en) als tolerierte(s) Geometrieelement(e), Bezugselement(e) oder beides angewendet werden. Das MMVS oder das LMVS muss durch eine der zwei folgenden Optionen festgelegt werden:

- a) Eine MMR ohne direkte Angabe des MMVS oder eine LMR ohne direkte Angabe des LMVS, jedoch mit einer Größenmaßspezifikation für das betrachtete Geometrieelement. Diese Option wird in diesem Dokument als indirekte Angabe des wirksamen Größenmaßes bezeichnet.
- b) Eine MMR mit direkter Angabe des MMVS in eckigen Klammern im Toleranzindikator oder eine LMR mit direkter Angabe des LMVS in eckigen Klammern im Toleranzindikator, wie in diesem Dokument erläutert. Diese Option wird als direkte Angabe des wirksamen Größenmaßes bezeichnet.

Eine geometrische Spezifikation mit MMR oder LMR muss als für ein abgeleitetes Geometrieelement geltend angegeben werden. Das in den Regeln dieses Dokuments behandelte tolerierte Geometrieelement ist jedoch das entsprechende integrale Geometrieelement.

Die Regeln in diesem Dokument dürfen nicht für Gewindeelemente angewendet werden, selbst wenn Gewindeelemente in GPS-Normen häufig als zylindrische Geometrieelemente betrachtet werden.

Die möglichen Kombinationen der Symbole für Geometriemerkmale und MMR oder LMR sind in Anhang D dargestellt.

#### 4.1.2 Indirekte Angabe des MMVS oder LMVS

Wenn die indirekte Angabe des wirksamen Größenmaßes ausgewählt wird [4.1.1 a)], muss/müssen das/die unter Verwendung des Maximum- bzw. Minimum-Material-Modifikators in der geometrischen Spezifikation eingeführte(n) wirksame(n) Größenmaß(e) unter Berücksichtigung der Kombination(en) der geometrischen Toleranz(en) (angewendet auf das abgeleitete Geometrieelement des Größenmaßelementes) sowie der oberen bzw. unteren Toleranzgrenze der Maßspezifikation(en) [des/der Größenmaßelemente(s)] berechnet werden.

**ANMERKUNG** Entsprechend der Einschränkung durch den Anwendungsbereich sind die einzigen in diesem Dokument betrachteten abgeleiteten Geometrieelemente Mittellinien und Mittelflächen.

Wenn die indirekte Angabe des wirksamen Größenmaßes benutzt wird, dann muss das MMVS oder das LMVS das Ergebnis der folgenden Berechnungen sein.

Für äußere lineare Größenmaßelemente, ausgenommen für ein Bezugselement mit MMR bei Einhaltung von Regel F [siehe 4.2.2 b)], ist das MMVS gegeben durch Gleichung (1):

$$\sigma_{\text{MMVS}} = \sigma_{\text{MMS}} + \delta \quad (1)$$

Für innere lineare Größenmaßelemente, ausgenommen für ein Bezugselement mit MMR bei Einhaltung von Regel F [siehe 4.2.2 b)], ist das MMVS gegeben durch Gleichung (2):

$$\sigma_{\text{MMVS}} = \sigma_{\text{MMS}} - \delta \quad (2)$$

Für äußere lineare Größenmaßelemente, ausgenommen für ein Bezugselement mit LMR bei Einhaltung von Regel M [siehe 4.3.2 b)], ist das LMVS gegeben durch Gleichung (3):

$$\sigma_{\text{LMVS}} = \sigma_{\text{LMS}} - \delta \quad (3)$$

Für innere lineare Größenmaßelemente, ausgenommen für ein Bezugselement mit LMR bei Einhaltung von Regel M [siehe 4.3.2 b)], ist das LMVS gegeben durch Gleichung (4):

$$\sigma_{\text{LMVS}} = \sigma_{\text{LMS}} + \delta \quad (4)$$

Für ein Bezugselement mit MMR bei Einhaltung von Regel F [siehe 4.2.2 b)] ist das MMVS für äußere und innere Größenmaßelemente gegeben durch Gleichung (5):

$$\sigma_{\text{MMVS}} = \sigma_{\text{MMS}} \quad (5)$$

Für ein Bezugselement mit LMR bei Einhaltung von Regel M [siehe 4.3.2 b)], ist das LMVS für äußere und innere Größenmaßelemente gegeben durch Gleichung (6):

$$\sigma_{\text{LMVS}} = \sigma_{\text{LMS}} \quad (6)$$

Dabei ist

$\sigma_{\text{MMVS}}$  das MMVS;

$\sigma_{\text{MMS}}$  das MMS;

$\sigma_{\text{LMVS}}$  das LMVS;

$\sigma_{\text{LMS}}$  das LMS;

$\delta$  die geometrische Toleranz.

#### **4.1.3 Direkte Angabe des MMVS oder LMVS**

Wenn die direkte Angabe des wirksamen Größenmaßes ausgewählt wird [4.1.1 b)], dann muss das MMVS oder das LMVS in eckigen Klammern im Toleranzindikator angegeben werden und das wirksame Größenmaß ist gleich diesem Wert, entsprechend den Regeln dieses Dokuments. Falls ein Größenmaß auch für das betrachtete Geometrieelement festgelegt ist, muss es als eine unabhängige Spezifikation nach ISO 14405-1 betrachtet werden. Im Fall der direkten Angabe des MMVS oder des LMVS wird keine gemeinsame Bedingung zwischen den zwei Spezifikationen (Größenmaßspezifikation und geometrische Spezifikation) gebildet.

**ANMERKUNG** Es liegt in der Verantwortung des Konstrukteurs, passende Werte für das Größenmaß des Geometrieelementes und das MMVS oder LMVS auszuwählen, da diese zueinander in Widerspruch stehen können.

#### 4.1.4 Anwendung einer MMR oder LMR auf mehrere tolerierte Geometrieelemente

Wenn eine MMR oder LMR für mehrere tolerierte Geometrieelemente gilt, müssen die Symbole CZ oder SZ stets im Feld für Zone des Toleranzindikators entsprechend der in ISO 1101 festgelegten Reihenfolge angegeben werden.

ANMERKUNG Siehe Anhang B für die frühere Praxis.

#### 4.1.5 Simultane Bedingung

Eine simultane Bedingung kann beispielsweise nützlich sein für eine MMR oder LMR mit derselben Bezugsangabe mit MMR oder LMR.

Wenn eine simultane Bedingung benötigt wird, muss das SIM-Symbol nach ISO 5458 in dem angrenzenden Anzeigebereich jeder betroffenen geometrischen Spezifikation angegeben werden, gegebenenfalls ergänzt durch eine nachgestellte Indexzahl (SIM*i*) ohne ein Leerzeichen.

Die Verwendung des SIM-Modifikators überführt eine Gruppe von mehreren geometrischen Spezifikationen mit MMR oder LMR in eine kombinierte Spezifikation. Der zugehörige MMVC oder LMVC ist mit Orts- und Richtungseinschränkungen nach den Regeln dieses Dokuments verbunden. Das Bezugssystem erfährt ebenso eine Einschränkung, da jede Spezifikation derselben SIM-Gruppe das gleiche Bezugssystem aufweisen muss.

In Bild A.17 ist ein Beispiel für simultane Bedingung dargestellt.

#### 4.1.6 MMR oder LMR auf einem Bezug ohne MMR oder LMR auf dem tolerierten Geometrieelement

Wird eine MMR oder LMR nur auf den Bezug angewendet (siehe Bild A.19), dann gelten vollständig die Regeln für das Bezugselement (siehe 4.2.2 und 4.2.4 bzw. 4.3.2 und 4.3.4). Darüber hinaus werden die Einschränkungen des/der MMVC des/der Bezugselement(e) und des/der MMVC des/der tolerierten Geometrieelemente(s) nach Regel D [siehe 4.2.1 d)] oder Regel K (siehe 4.3.1 d)] durch die entsprechenden Einschränkungen ersetzt, die auf den/die MMVC des/der Bezugselement(e) und die Toleranzzone nach ISO 1101 und ISO 5459 angewendet werden.

### 4.2 Maximum-Material-Bedingung (MMR)

#### 4.2.1 MMR für tolerierte Geometrieelemente mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes

Wenn die MMR für das tolerierte Geometrieelement gilt und die indirekte Angabe des wirksamen Größenmaßes ausgewählt wird, muss die MMR in Zeichnungen mit dem Symbol  $\textcircled{M}$  angegeben werden, das im Toleranzindikator nach der geometrischen Toleranz des abgeleiteten Geometrieelements des linearen Größenmaßelementes (toleriertes Geometrieelement) ohne Angabe des Größenmaßes in eckigen Klammern platziert wird.

Die MMR für tolerierte Geometrieelemente mit indirekter Ermittlung des wirksamen Größenmaßes ergibt vier unabhängige Anforderungen:

- eine Anforderung an die obere Grenze des Größenmaßes [siehe Regel A 1) und Regel A 2)];
- eine Anforderung an die untere Grenze des Größenmaßes [siehe Regel B 1) und Regel B 2)];
- eine Anforderung an die Nicht-Verletzung der Oberfläche des MMVC (siehe Regel C);
- eine Anforderung an die Anwendung der Nebenbedingungen auf die MMVCs (siehe Regel D).

Wenn die MMR für das tolerierte Geometrieelement mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes festgelegt wird, dann gelten die folgenden Regeln für die Oberfläche(n) (des linearen Größenmaßelements) und das MMVS muss aus der Größenmaßspezifikation und der geometrischen Spezifikation nach den Regeln dieses Dokuments berechnet werden.

a) **Regel A:** Die Größenmaße des tolerierten Geometrieelementes müssen:

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

ANMERKUNG 1 Diese Regel kann durch die Angabe der RPR mit dem Symbol  $\textcircled{R}$  nach dem Symbol  $\textcircled{M}$  geändert werden [siehe 5.2 und Bild A.1 b)].

b) **Regel B:** Die Größenmaße des tolerierten Geometrieelementes müssen:

- 1) bei äußeren Geometrieelementen größer oder gleich dem LMS sein [siehe Bild A.2 a), Bild A.3 a), Bild A.4 a), Bild A.6 a), Bild A.7 a), Bild A.10, Bild A.11 und Bild A.12];
- 2) bei inneren Geometrieelementen kleiner oder gleich dem LMS sein [siehe Bild A.2 b), Bild A.3 b), Bild A.4 b), Bild A.6 b), Bild A.7 b), Bild A.10 bis Bild A.13 und Bild A.16 bis Bild A.19].

c) **Regel C:** Der MMVC für das tolerierte Geometrieelement darf durch das extrahierte (integrale) Geometrieelement nicht verletzt werden (siehe Bild A.2, Bild A.3, Bild A.4, Bild A.6, Bild A.7 und Bild A.10 bis Bild A.19).

ANMERKUNG 2 Die Anwendung der Hüllbedingung  $\textcircled{E}$  kann zu überflüssigen Einschränkungen führen, welche die technischen und wirtschaftlichen Vorteile der MMR verringern, falls die Funktionsanforderung nur die Fügbarkeit ist.

ANMERKUNG 3 Die Angabe  $0\textcircled{M}$  hat angewendet auf eine Formspezifikation für ein lineares Größenmaßelement dieselbe Bedeutung wie die Hüllbedingung  $\textcircled{E}$  angewendet auf ein Größenmaß.

d) **Regel D:** Die Regel gilt wie folgt:

- Wenn die geometrische Spezifikation eine Richtung oder ein Ort relativ zu einem (primären) Bezug oder einem Bezugssystem definiert, muss der MMVC des tolerierten Geometrieelementes in Übereinstimmung mit ISO 1101 und ISO 5459 in der theoretisch genauen Richtung oder dem theoretisch genauen Ort relativ zum Bezug oder zum Bezugssystem liegen (siehe 3.9, Anmerkung 2 zum Begriff, sowie Bild A.3, Bild A.4, Bild A.6 und Bild A.7).
- Außerdem müssen, wenn mehrere tolerierte Geometrieelemente durch dieselbe Toleranzangabe mit dem Symbol CZ eingeschränkt werden, die MMVC ebenfalls in der theoretisch genauen Richtung und dem theoretisch genauen Ort relativ zueinander liegen (siehe Bild A.1, Bild A.10, Bild A.11 und Bild A.13).
- Falls mehrere tolerierte Geometrieelemente durch denselben Toleranzindikator mit dem Symbol SZ eingeschränkt werden, dann sind die MMVC nicht darauf beschränkt, in der theoretisch genauen Richtung oder dem theoretisch genauen Ort relativ zueinander zu liegen (siehe Bild A.18). In beiden Fällen (CZ- oder SZ-Angabe) bestehen weiterhin Einschränkungen zu den Bezügen.
- Weiterhin müssen die MMVCs in der Richtung und dem Ort mit den MMVCs der SIM-Gruppe eingeschränkt sein, wenn das SIM-Symbol nach ISO 5458, ggf. ergänzt durch eine Indexzahl, angegeben ist.

#### 4.2.2 MMR für zugehörige Bezugselemente mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes

Wenn die MMR für das Bezugselement gilt und die indirekte Angabe des wirksamen Größenmaßes ausgewählt wird, ist sie in Zeichnungen durch das Symbol  $\textcircled{M}$  anzugeben, welches im Toleranzindikator nach dem/den Bezugsbuchstaben platziert wird.

Der/die Bezugsbuchstabe(n), ergänzt durch das nachgestellte Symbol  $\textcircled{M}$ , ergibt/ergeben ein assoziiertes Geometrieelement mit einem festen Größenmaß, das durch den MMVC festgelegt ist.

ANMERKUNG 1 Wirksame Zustände des tolerierten Geometrieelements und des Bezugselements sind in der Richtung und im Ort zueinander eingeschränkt und ergeben einen kombinierten wirksamen Zustand.

Die MMR für Bezugselemente ergibt drei unabhängige Anforderungen:

- eine Anforderung an die Nicht-Verletzung der Oberfläche des MMVC (siehe Regel E);
- eine Anforderung an das MMVS, wenn keine geometrische Spezifikation eingetragen ist oder wenn lediglich geometrische Spezifikationen eingetragen sind, deren Toleranzwert nicht durch das nachgestellte Symbol  $\textcircled{M}$  ergänzt ist (siehe Regel F);
- eine Anforderung an das MMVS, wenn eine geometrische Spezifikation eingetragen ist, deren Toleranzwert durch das nachgestellte Symbol  $\textcircled{M}$  ergänzt ist und deren Bezugsfeld (drittes Feld und nachfolgende Felder) des Toleranzindikators einer in Regel G festgelegten Eigenschaft entspricht.

ANMERKUNG 2 Die Angabe des Symbols  $\textcircled{M}$  nach dem Bezugsbuchstaben ist nur möglich, wenn der Bezug von einem linearen Größenmaßelement gebildet wird.

Wenn die MMR für alle Elemente der Kollektion von (Ober-)Flächen eines gemeinsamen Bezugs gilt, muss die zugehörige Buchstabenfolge zur Identifizierung des gemeinsamen Bezugs in Klammern gesetzt werden (siehe Bild A.13 und ISO 5459:2011, Regel 9), und die MMVC sind defaultmäßig in Ort und Richtung relativ zueinander eingeschränkt (siehe ISO 5459:2011, Regel 7). Wenn die MMR nur für eine (Ober-)Fläche der Kollektion der Geometrieelemente gilt, die an einem gemeinsamen Bezug beteiligt sind, darf die Buchstabenfolge zur Identifizierung des gemeinsamen Bezugs nicht in Klammern gesetzt werden und die Bedingung 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 linearen Größenmaßelementes) die folgenden Regeln:

- a) **Regel E:** Der MMVC für das betreffende Bezugselement darf durch das extrahierte (integrale) Bezugselement, von dem der Bezug abgeleitet wird, nicht verletzt werden (siehe Bild A.6 und Bild A.7). Falls ein SIM-Symbol nach ISO 5458, ggf. ergänzt durch eine nachgestellte Indexzahl, im angrenzenden Angabebereich des zugehörigen Toleranzindikators angegeben ist, dann muss der MMVC auf die Richtung und den Ort der MMVCs beschränkt sein, die für die Bezüge der gleichen SIM-Gruppe berücksichtigt wurden (siehe Bild A.17).
- b) **Regel F:** Das MMVS des zugehörigen Bezugselementes muss gleich dem MMS sein [siehe Gleichung (5)], wenn das zugehörige Bezugselement:
  - keine geometrische Spezifikation aufweist (siehe Bild A.6); oder
  - lediglich geometrische Spezifikationen aufweist, deren Toleranzwert nicht durch das nachgestellte Symbol  $\textcircled{M}$  ergänzt ist; oder
  - keine geometrische Spezifikation aufweist, die Regel G entspricht.

ANMERKUNG 3 Es wird betont, dass Regel F nicht ausreicht, um die Fügbarkeit des Bezugselementes sicherzustellen, wenn für das zugehörige Bezugselement eine geometrische Spezifikation ohne das Symbol  $\textcircled{M}$  gilt. Siehe hierzu die Berechnung des MMVS nach 4.1.2 und Bild A.6 c). Falls die geometrische Spezifikation des Bezugselementes in einer späteren Überarbeitung der Zeichnung geändert wird, könnte sich darüber hinaus das MMVS ändern, wenn Regel G in diesem Fall verpflichtend wird.

c) **Regel G:** Das MMVS des betreffenden Bezugselements muss gleich dem MMS sein, zuzüglich (bei äußeren linearen Größenmaßelementen) oder abzüglich (bei inneren linearen Größenmaßelementen) der geometrischen Toleranz, wenn der Bezug durch eine geometrische Spezifikation eingeschränkt wird, deren Toleranzwert durch das nachgestellte Symbol  $\textcircled{M}$  ergänzt ist; und:

- 1) es sich um eine Formspezifikation handelt und der zugehörige Bezug dem primären Bezug des Toleranzindikators entspricht, in dem das Symbol  $\textcircled{M}$  neben dem Bezugsbuchstaben angegeben wird (siehe Bild A.7); oder
- 2) es sich um eine Richtungs- oder Ortsspezifikation handelt, deren Bezug oder Bezugssystem genau denselben Bezug/dieselben Bezüge in der gleichen Reihenfolge enthält, wie diejenigen, die 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 das MMVS für äußere lineare Größenmaßelemente durch Gleichung (1) gegeben und das MMVS für innere lineare Größenmaßelemente durch Gleichung (2). Siehe 4.1.2.

Wenn diese Eigenschaften nicht zutreffen, gilt Regel F.

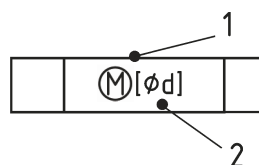
Bei Regel G sollte der Bezugsindikator direkt mit dem Toleranzindikator der geometrischen Toleranz verbunden sein, durch den der MMVC des Bezugselementes vorgegeben wird (siehe ISO 5459:2011, Regel 1, 2. Anstrich).

ANMERKUNG 5 Diese Empfehlung war in ISO 2692:2014 eine Anforderung (siehe B.3).

Wenn mehrere geometrische Spezifikationen zu einem zugehörigen Bezugselement Regel G erfüllen, wird die direkte Angabe des MMVS empfohlen (siehe 4.1.3).

#### 4.2.3 MMR für tolerierte Geometrieelemente mit direkter Angabe des wirksamen Größenmaßes

Wenn die MMR für das tolerierte Geometrieelement gilt und die direkte Angabe des wirksamen Größenmaßes ausgewählt wird, dann muss der Wert des MMVS nach dem Symbol  $\textcircled{M}$  in eckigen Klammern im Feld für Zone, Geometrieelement und Merkmal angegeben werden. Dem Wert des MMVS muss bei einem Zylinder das Symbol  $\varnothing$  vorangestellt werden (siehe Bild 3 zu einem zylindrischen Geometrieelement). Das Symbol  $\varnothing$  muss weggelassen werden, wenn das (Größen-)Maß des Geometrieelements kein Durchmesser ist. Wenn eine direkte Angabe des MMVS ausgewählt wird, darf keine geometrische Toleranz im Feld für Zone, Geometrieelement und Merkmal vor dem Symbol  $\textcircled{M}$  angegeben werden (siehe Bild A.14 und Bild A.15).



#### Legende

- 1 Feld für Zone, Geometrieelement und Merkmal
- 2 numerischer Wert für das MMVS

**Bild 3 — Direkte Angabe des MMVS für ein toleriertes Geometrieelement**

Wird die MMR für das tolerierte Geometrieelement mit der direkten Angabe des wirksamen Größenmaßes festgelegt, gelten Regeln A und B nicht und Regeln C, D und Q gelten.

**Regel Q:** Das MMVS für das tolerierte Geometrieelement muss gleich dem in eckigen Klammern im zugehörigen Feld für Zone, Geometrieelement und Merkmal angegebenen Wert sein.

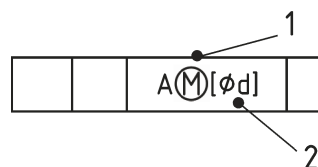
Falls ein Größenmaß auch für das betrachtete Geometrieelement festgelegt ist, muss es als eine unabhängige Spezifikation nach ISO 14405-1 betrachtet werden (siehe Bild A.14 und Bild A.15).

ANMERKUNG Siehe 4.1.3.

#### 4.2.4 MMR für zugehörige Bezugselemente mit direkter Angabe des wirksamen Größenmaßes

Wenn die MMR für das Bezugselement gilt und die direkte Angabe des wirksamen Größenmaßes ausgewählt wird, dann muss der Wert für MMVS nach dem Symbol  $\textcircled{M}$  in eckigen Klammern im Bezugsindikator angegeben werden (siehe Bild A.16). Dem Wert des MMVS muss bei einem Zylinder das Symbol  $\varnothing$  vorangestellt werden (siehe Bild 4 zu einem zylindrischen Geometrieelement). Das Symbol  $\varnothing$  muss weggelassen werden, wenn das (Größen-)Maß des Geometrieelements kein Durchmesser ist.

ANMERKUNG Der in eckigen Klammern angegebene Wert unterliegt der Verantwortung des Konstrukteurs. Dieser Wert kann vom berechneten Wert abweichen, wenn die indirekte Angabe des MMVS angewendet wird.



#### Legende

- 1 Bezugsfeld
- 2 numerischer Wert für das MMVS des Bezugselements

**Bild 4 — Direkte Angabe des MMVS für einen Bezug**

Im Fall eines gemeinsamen Bezugs mit demselben MMVS für jedes Bezugselement muss die Angabe des gemeinsamen Bezugs im Feld des Bezugsindikators in Klammern eingeschlossen werden, gefolgt vom Symbol  $\textcircled{M}$  und der Angabe des MMVS in eckigen Klammern, z. B. (A-B) $\textcircled{M}$  [d].

Im Fall eines gemeinsamen Bezugs mit unterschiedlichen MMVS für jedes Bezugselement muss die Angabe des gemeinsamen Bezugs im Feld des Bezugsindikators in Klammern eingeschlossen werden, gefolgt vom Symbol  $\textcircled{M}$  und der Angabe der MMVS in eckigen Klammern, getrennt durch Bindestrich und in Klammern eingeschlossen, z. B. (A-B) $\textcircled{M}$  [[d1]-[d2]]. Jeder MMVS-Wert gilt für jedes Bezugselement in derselben Reihenfolge.

Diese beiden Anforderungen gelten ebenso für mehr als zwei Bezugselemente.

Wenn die MMR für ein Bezugselement mit direkter Angabe des MMVS gilt, dann gilt Regel E, die Regeln F und G gelten nicht und Regel O gilt für die (Ober-)Fläche des linearen Größenmaßelementes.

**Regel O:** Das MMVS für das zugehörige Bezugselement muss gleich dem in eckigen Klammern im zugehörigen Bezugsfeld angegebenen Wert sein.

Falls ein Größenmaß auch für das betrachtete Geometrieelement festgelegt ist, muss es als eine unabhängige Spezifikation nach ISO 14405-1 betrachtet werden.