

DIN EN ISO 2692

ICS 01.100.20; 17.040.40

Einsprüche bis 2019-08-14
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 2692:2015-12

Entwurf

**Geometrische Produktspezifikation (GPS) –
Geometrische Tolerierung –
Maximum-Material-Bedingung (MMR),
Minimum-Material-Bedingung (LMR) und Reziprozitätsbedingung (RPR)
(ISO/DIS 2692:2019);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 2692:2019**

Geometrical product specifications (GPS) –
Geometrical tolerancing –
Maximum material requirement (MMR), least material requirement (LMR) and reciprocity
requirement (RPR) (ISO/DIS 2692:2019);
German and English version prEN ISO 2692:2019

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/DIS 2692:2019);
Version allemande et anglaise prEN ISO 2692:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-06-14 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-
Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de,
sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an natg@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im
Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-
Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG), 10772 Berlin, Saatwinkler
Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 145 Seiten

DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 2692:2019) 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“ des DIN-Normenausschusses Technische Grundlagen (NATG).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

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 5459:2011	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	siehe	DIN EN ISO 17450-1
ISO 17450-3	siehe	DIN EN ISO 17450-3
ISO 22432:2011	siehe	DIN EN ISO 22432:2012-03

Änderungen

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

- a) direkte Angabe des virtuellen Maximum-Material- oder Minimum-Material-Größenmaß wurde aufgenommen (siehe 4.1.3);
- b) die Anwendung der SZ- oder CZ-Symbole wird erläutert (siehe 4.1.4);
- c) die Anwendung des SIM-Symbols wurde aufgenommen (siehe 4.1.5).

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 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, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Grundlagen — Teil 1: Modell für die geometrische Spezifikation und Prüfung*

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

DIN EN ISO 22432:2012-03, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Zur Spezifikation und Prüfung benutzte Geometrieelemente (ISO 22432:2011); Deutsche Fassung EN ISO 22432:2011*

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

— Leerseite —

Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Geometrische Tolerierung — Maximum-Material-Bedingung (MMR), Minimum-Material-Bedingung (LMR) und Reziprozitätsbedingung (RPR) (ISO/DIS 2692:2019)

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/DIS 2692:2019)

Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Maximum material requirement (MMR), least material requirement (LMR) and reciprocity requirement (RPR) (ISO/DIS 2692:2019)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

STD Version 2.9p

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 das wirksame Maximum-Material-Größenmaß oder das wirksame Minimum-Material-Größenmaß	13
4.1.2 Indirekte Angabe des wirksamen Größenmaßes	14
4.1.3 Direkte Angabe des wirksamen Maximum-Material-Größenmaßes oder des wirksamen Minimum-Material-Größenmaßes	15
4.1.4 Maximum-Material-Bedingung oder Minimum-Material-Bedingung, die auf mehrere tolerierte Geometrieelemente angewendet wird	15
4.1.5 Maximum-Material-Bedingung oder Minimum-Material-Bedingung mit derselben Bezugsangabe, die Maximum-Material-Bedingung oder Minimum-Material-Bedingung enthält	15
4.2 Maximum-Material-Bedingung MMR	16
4.2.1 Maximum-Material-Bedingung für tolerierte Geometrieelemente mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes	16
4.2.2 Maximum-Material-Bedingung für zugehörige Bezugselemente mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes	17
4.2.3 Maximum-Material-Bedingung für tolerierte Geometrieelemente mit direkter Angabe des wirksamen Größenmaßes	19
4.2.4 Maximum-Material-Bedingung für zugehörige Bezugselemente mit direkter Angabe des wirksamen Größenmaßes	19
4.3 Minimum-Material-Bedingung (LMR)	20
4.3.1 Minimum-Material-Bedingung für tolerierte Geometrieelemente mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes	20
4.3.2 Minimum-Material-Bedingung für zugehörige Bezugselemente mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes	21
4.3.3 Minimum-Material-Bedingung für tolerierte Geometrieelemente mit direkter Angabe des wirksamen Größenmaßes	23
4.3.4 Minimum-Material-Bedingung für zugehörige Bezugselemente mit direkter Angabe des wirksamen Größenmaßes	23
5 Reziprozitätsbedingung RPR	24
5.1 Allgemeines	24
5.2 Reziprozitätsbedingung und Maximum-Material-Bedingung	24
5.3 Reziprozitätsbedingung und Minimum-Material-Bedingung	24
Anhang A (informativ) Beispiele für Tolerierung mit $\textcircled{M}$, $\textcircled{L}$ und $\textcircled{R}$	25
Anhang B (informativ) Frühere Praxis	69
B.1 Allgemeines	69
B.2 Verwendung der Symbole CZ und SZ	69

Anhang C (informativ) Begriffsdiagramm.....	70
Anhang D (informativ) Verwendung von Symbolen für geometrische Merkmale mit Ⓜ oder Ⓛ	72
D.1 Allgemeines	72
D.2 Verwendung von Symbolen für geometrische Merkmale	72
Anhang E (informativ) Zusammenhang mit dem GPS-Matrix-Modell.....	74
E.1 Allgemeines	74
E.2 Informationen über dieses Dokument und seine Verwendung	74
E.3 Position im GPS-Matrix-Modell	74
E.4 Verwandte Internationale Normen	74
Literaturhinweise.....	75

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 2692:2019) 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.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 2692:2014 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 2692:2019 wurde von CEN als prEN ISO 2692:2019 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (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 Themen 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).

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).

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.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 213, *Dimensional and geometrical product specifications and verification* 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 Maximum-Material-Größenmaßes oder 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).

Einleitung

0.1 Allgemeines

Dieses Dokument ist eine Norm der Geometrischen Produktspezifikation (GPS) und als allgemeine GPS-Norm zu betrachten (siehe ISO/TR 14638). Es beeinflusst Kettenglieder 1, 2 und 3 der Normenkette zu Größenmaß linearer „Größenmaßelemente“ und Form einer Linie (unabhängig/abhängig von einem Bezug), Form einer Oberfläche (unabhängig/abhängig von einem Bezug), Richtung und Ort abgeleiteter Geometrielemente, basierend auf „Größenmaßelementen“, und Bezüge, ebenfalls basierend auf „Größenmaßelementen“.

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 weitere Informationen im Zusammenhang mit diesem Dokuments und dem GPS-Matrix-Modell, siehe Anhang E.

Dieses Dokument beinhaltet einige häufig vorkommende Funktionsfälle für Werkstücksbeschreibung und Tolerierung. Die „Legierungszusammensetzung“ ist durch die Maximum-Material-Bedingung, MMR, abgedeckt, die z. B. „Mindestwandstärke“ eines Teiles durch die Minimum-Material-Bedingung, LMR. Maximum- und Minimum-Material-Bedingung ermöglichen zwei unabhängige Anforderungen in einer gemeinsamen Anforderung zu kombinieren oder den wirksamen Maximum-Material-Zustand oder den wirksamen Minimum-Material-Zustand (siehe Anhang C), der die beabsichtigte Funktion des Werkstücks genauer nachbildet, direkt festzulegen. In einigen Fällen kann zusätzlich zu MMR und LMR auch die Reziprozitätsbedingung, RPR, angewendet werden.

ANMERKUNG 1 In ISO-GPS-Normen werden Gewindeelemente oftmals als Typ zylindrisches Größenmaßelement 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 Die Berücksichtigung der Bedingungen für die Legierungszusammensetzung unter Verwendung von MMR oder die Berücksichtigung der Bedingung für die Mindestwandstärke unter Verwendung von LMR kann den Konstrukteur veranlassen, einen 0-Toleranzwert auszuwählen, um die Zurückweisung von Bauteilen zu verhindern, die zusammengebaut werden können oder Mindestwandstärke haben.

0.2 Informationen über die Maximum-Material-Bedingung (MMR)

Der Zusammenbau von Teilen hängt von der kombinierten Wirkung folgender Elemente ab:

- a) dem Größenmaß (eines oder mehrerer Größenmaßelemente), und
- b) der geometrischen Abweichung der 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 ihre Toleranzen voll ausnutzen. Das Fügspiel vergrößert sich zu einem Maximum, wenn die Größenmaße der zusammengebauten Größenmaßelemente am weitesten von ihren Maximum-Material-Größenmaßen entfernt sind (z. B. kleinster 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 angegebene geometrische Toleranz des Größenmaßelementes und ihrer abgeleiteten Geometrieelemente entsprechend vergrößert werden darf, ohne den Zusammenbau des Teiles mit dem Gegenstück zu gefährden.

Diese Zusammenbaufunktion wird durch die „Maximum-Material-Bedingung“ kontrolliert. Diese Anforderung wird in Zeichnungen durch das Symbol  angegeben.

0.3 Informationen über die Minimum-Material-Bedingung (LMR)

Die Minimum-Material-Bedingung ist so ausgelegt, um z. B. folgendes zu kontrollieren, die Mindestwandstärke, wodurch Werkstoffausbrüche (wegen des Drucks in einem Rohr) verhindert werden, sowie der größten Breite einer Reihe von Nuten usw. Dies wird in Zeichnungen durch das Symbol  angegeben. Die Minimum-Material-Bedingung kann auch durch eine gemeinsame Anforderung (Sammelanforderung) an das Größenmaß eines Größenmaßelementes, an die geometrischen Abweichungen des Größenmaßelementes (Formabweichungen) oder durch direkte Definition eines wirksamen Minimum-Material-Zustandes und des Ortes seines abgeleiteten Geometrieelementes gekennzeichnet werden.

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  angegeben.

0.5 Allgemeine Informationen über Begriffe und Bilder

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

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Maximum-Material-Bedingung, die Minimum-Material-Bedingung und die Reziprozitätsbedingung fest. Diese Anforderungen können ausschließlich auf lineare Größenmaßelemente vom Typ zylindrisch oder gegenüberliegend eben angewendet werden.

Diese Anforderungen dienen oftmals zur Steuerung bestimmter Funktionen von Werkstücken, bei denen eine Abhängigkeit von Größenmaß und Geometrie vorhanden ist, z. B. zur Erfüllung der Funktionen „Zusammenbau von Teilen“ (für die Maximum-Material-Bedingung) oder „Mindestwandstärke“ (für die Minimum-Material-Bedingung). Die Maximum-Material-Bedingung und die Minimum-Material-Bedingung 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, *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, *Geometrical product specifications (GPS) — Dimensional tolerancing — Part 1: Linear sizes*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 5459, ISO 14405-1, ISO 17450-1, 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**
geometrisches 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: Übernommen aus ISO 17450-1:2011, Definition 3.3.5.

3.2

Größenmaßelement

lineares Größenmaßelement

geometrisches Element, 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: Übernommen aus ISO 17450-1:2011, Definition 3.3.1.5.1. Siehe auch ISO 22432:2011, Definition 3.2.5.1.1.1 und Definition 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 zwei gegenüberliegenden parallelen Ebenen.

3.3

abgeleitetes Geometrieelement

geometrisches 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 einer nominalen integralen Fläche, einer assoziierten integralen Fläche oder einer extrahierten integralen Fläche 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 zylindrischen Oberfläche 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 ist ein abgeleitetes Geometrieelement, das aus den zwei gegenüberliegenden parallelen Ebenen erhalten wird, welche ein integrales Geometrieelement bilden. Die Mittelebene der zwei 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 diesem Dokument benutzt, um auf der Ebene der idealen oder nominalen Geometrieelemente (siehe ISO 17450-1) anzugeben, welcher obere oder untere Grenzwert der Anforderung betroffen ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Das Größenmaß des extrahierten Geometrieelementes am Maximum-Material-Zustand MMC kann nach der Defaultdefinition des Größenmaßes festgelegt sein bei nicht vorhandener Angabe oder durch eine der speziellen Definitionen des Größenmaßes nach ISO 14405-1.

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

3.5

Maximum-Material-Größenmaß

MMS

Maß, das den Maximum-Material-Zustand eines linearen Größenmaßelementes 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 17450-3).

Anmerkung 2 zum Begriff: In diesem Dokument 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 diesem Dokument 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 17450-3).

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

3.7

Minimum-Material-Größenmaß

LMS

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Minimum-Material-Größenmaß LMS 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 17450-3).

Anmerkung 2 zum Begriff: In diesem Dokument 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 erforderlich.

Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe Anhang A.

3.8

wirksames Maximum-Material-Größenmaß

MMVS

direkt angegebenes Größenmaß (siehe 4.1.3) oder 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: Falls es nicht direkt in der Zeichnung angegeben ist, ist für äußere Geometrieelemente 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.

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 Größenmaßelementes.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der wirksame Maximum-Material-Zustand MMVC enthält eine Richtungsbedingung (nach ISO 1101 und ISO 5459), wenn die geometrische Spezifikation eine Richtungspezifikation 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 Spezifikation eine Ortsspezifikation ist (siehe Bild A.4).

Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe Bild A.1 bis Bild A.4, Bild A.6, Bild A.7, Bild A.10 bis Bild A.19.

3.10

wirksames Minimum-Material-Größenmaß

LMVS

direkt angegebenes Größenmaß (siehe 4.1.3) oder Größenmaß, das sich aus der gemeinsamen Wirkung von Minimum-Material-Größenmaß LMS eines linearen 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 ein Parameter für ein Größenmaß, der als numerischer Wert für den wirksamen Minimum-Material-Zustand LMVC benutzt wird.

Anmerkung 2 zum Begriff: Falls es nicht direkt angegeben ist, ist für äußere Geometrieelemente 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.

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 Größenmaßelementes.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der wirksame Minimum-Material-Zustand LMVC enthält eine Richtungsbedingung (nach ISO 1101 und ISO 5459) für das assoziierte Geometrieelement, wenn die geometrische Spezifikation eine Richtungspezifikation ist. Der wirksame Minimum-Material-Zustand LMVC enthält eine Ortsbedingung (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

Anforderung an ein Größenmaßelement, die ein Geometrieelement desselben Typs und geometrisch perfekter Form festlegt, mit einem Wert des intrinsischen Merkmals (Maß) gleich dem wirksamen Maximum-Material-Größenmaß 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 Legierungszusammensetzung eines Werkstückes zu kontrollieren.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe auch 4.2.

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 kontrollieren.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe auch 4.3.

3.14

Reziprozitätsbedingung

RPR

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

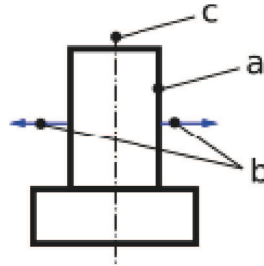
3.15

äußeres Größenmaßelement

lineares Größenmaßelement, wobei Flächennormalen-Vektoren vom Material ausgehend in eine Richtung entgegengesetzt zum mittleren Geometrieelement gerichtet sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Die zylindrische Oberfläche eines Bolzens wird als ein äußeres zylindrisches Geometrieelement betrachtet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1.



Legende

- a äußeres zylindrisches Geometrieelement
- b Normalenvektoren, vom Material nach außen gerichtet
- c mittleres Geometrieelement (Zylinderachse)

Bild 1 — Beispiel für ein äußeres zylindrisches Geometrieelement

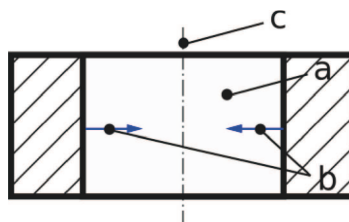
3.16

inneres Größenmaßelement

lineares Größenmaßelement, wobei Flächennormalen-Vektoren vom Material ausgehend in eine Richtung zum mittleren Geometrieelement gerichtet sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Die zylindrische Oberfläche einer Bohrung wird als inneres zylindrisches Geometrieelement betrachtet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 2.



Legende

- a inneres zylindrisches Geometrieelement
- b Normalenvektoren, vom Material nach außen gerichtet
- c mittleres Geometrieelement (Zylinderachse)

Bild 2 — Beispiel für ein inneres zylindrisches Geometrieelement

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

4.1 Allgemeines

4.1.1 Spezifikation für das wirksame Maximum-Material-Größenmaß oder das wirksame Minimum-Material-Größenmaß

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. Das wirksame Maximum-Material-Größenmaß MMVS oder das Minimum-Material-Größenmaß LMVS muss durch eine der zwei folgenden Optionen festgelegt werden:

- a) eine Maximum-Material-Bedingung ohne direkte Angabe des wirksamen Maximum-Material-Größenmaßes (MMVS) oder eine Minimum-Material-Bedingung ohne direkte Angabe des wirksamen Minimum-Material-Größenmaßes (LMVS), jedoch mit einer Größenmaßspezifikation für das betrachtete Geometrieelement. Diese Option wird in diesem Dokument als indirekte Angabe des wirksamen Größenmaßes bezeichnet.

- b) eine Maximum-Material-Bedingung mit direkter Angabe des wirksamen Maximum-Material-Größenmaßes MMVS in Klammern im Toleranzindikator oder eine Minimum-Material-Bedingung mit direkter Angabe des wirksamen Minimum-Material-Größenmaßes LMVS in Klammern im Toleranzindikator, wie in diesem Dokument erläutert. Diese Option wird als direkte Angabe des wirksamen Größenmaßes bezeichnet.

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

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

4.1.2 Indirekte Angabe des wirksamen Größenmaßes

Wenn indirekte Angabe des wirksamen Größenmaßes, Option a), ausgewählt wird, dann bilden die Maximum-Material-Bedingung oder Minimum-Material-Bedingung zusammen mit der zugehörigen Größenmaßspezifikation eine kombinierte Anforderung zwischen dem/den Geometrieelement(en) und den geometrischen Anforderungen (Form, Richtung oder Ort), die für sein (ihre) abgeleitetes/abgeleiteten Geometrieelement(e) gelten.

ANMERKUNG Wegen der Anwendungsbereichsdefinition sind die einzigen in diesem Dokument betrachteten abgeleiteten Geometrieelemente Mittellinien und Mittelflächen.

Wenn die Maximum-Material-Bedingung MMR oder Minimum-Material-Bedingung LMR zusammen mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes benutzt wird, werden die zwei Spezifikationen (Größenmaßspezifikation und geometrische Spezifikation) in eine gemeinsame Anforderungsspezifikation überführt. Die gemeinsame Spezifikation betrifft nur das integrale Geometrieelement, das in diesem Dokument auf die Oberfläche(n) des/der Größenmaßelemente(s) bezogen ist.

Wenn indirekte Angabe des wirksamen Größenmaßes benutzt wird, dann muss das wirksame Maximum-Material-Größenmaß oder das wirksame Minimum-Material-Größenmaß das Ergebnis der folgenden Berechnungen sein.

Für äußere Größenmaßelemente ist das wirksame Maximum-Material-Größenmaß (MMVS) gegeben durch Gleichung (1):

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

Für innere Größenmaßelemente ist das wirksame Maximum-Material-Größenmaß (MMVS) gegeben durch Gleichung (2):

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

Für äußere Größenmaßelemente ist das wirksame Minimum-Material-Größenmaß (LMVS) gegeben durch Gleichung (3):

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

Für innere Größenmaßelemente ist das wirksame Minimum-Material-Größenmaß (LMVS) gegeben durch Gleichung (4):

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

Dabei ist

MMS das Maximum-Material-Größenmaß;

LMS das Minimum-Material-Größenmaß;

δ die geometrische Toleranz.

4.1.3 Direkte Angabe des wirksamen Maximum-Material-Größenmaßes oder des wirksamen Minimum-Material-Größenmaßes

Wenn direkte Angabe des wirksamen Größenmaßes, Option b), ausgewählt wird, dann muss das wirksame Maximum-Größenmaß oder das wirksame Minimum-Material-Größenmaß in Klammern im Toleranzindikator angegeben werden und das wirksame Größenmaß ist gleich diesem Wert, wie in den Regeln dieses Dokuments festgelegt. Falls ein Größenmaß auch für das betrachtete Geometrieelement festgelegt ist, muss es als eine unabhängige Spezifikation nach ISO 14405-1 betrachtet werden. Keine gemeinsame Anforderung wird zwischen den zwei Spezifikationen (Größenmaßspezifikation und geometrische Spezifikation) bei direkter Angabe des wirksamen Maximum-Material-Größenmaßes oder des wirksamen Minimum-Material-Größenmaßes gebildet.

ANMERKUNG Der Konstrukteur hat passende Werte für das Größenmaß des Geometrieelementes und das wirksame Maximum-Material-Größenmaß oder wirksame Minimum-Material-Größenmaß auszuwählen, wenn sie sich widersprechen können.

4.1.4 Maximum-Material-Bedingung oder Minimum-Material-Bedingung, die auf mehrere tolerierte Geometrieelemente angewendet wird

Wenn eine Maximum-Material-Bedingung oder Minimum-Material-Bedingung für mehrere tolerierte Geometrieelemente gilt, müssen die Symbole CZ oder SZ im Feld für Zone des Toleranzindikators hinter der in ISO 1101 festgelegten Reihenfolge angegeben werden.

ANMERKUNG Frühere Praxis, siehe Anhang B.

4.1.5 Maximum-Material-Bedingung oder Minimum-Material-Bedingung mit derselben Bezugsangabe, die Maximum-Material-Bedingung oder Minimum-Material-Bedingung enthält

Wenn eine simultane Anforderung nötig ist, muss das SIM-Symbol gegebenenfalls ergänzt durch eine Indexzahl (SIMi) ohne Leerzeichen in dem angrenzenden Anzeigebereich jeder verwandten geometrischen Spezifikation angegeben werden (siehe ISO 5458).

Die Verwendung des SIM-Modifikators überführt eine Reihe von mehr als einer geometrischen Spezifikation mit Maximum-Material-Bedingung oder Minimum-Material-Bedingung in eine kombinierte Spezifikation. Der zugehörige MMVC oder LMVC ist mit Orts- und Richtungseinschränkungen nach den Regeln dieses Dokuments verbunden. Eine Einschränkung für das Bezugssystem ist auch, für jede Spezifikation in derselben SIM-Gruppe gleich zu sein.

4.2 Maximum-Material-Bedingung MMR

4.2.1 Maximum-Material-Bedingung für tolerierte Geometrieelemente mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes

Wenn die Maximum-Material-Bedingung MMR für das tolerierte Geometrieelement gilt und die indirekte Angabe des wirksamen Größenmaßes ausgewählt wird, muss sie in Zeichnungen mit dem Symbol $\textcircled{M}$ im Toleranzindikator der geometrischen Toleranz des abgeleiteten Geometrieelementes des Größenmaßes (toleriertes Geometrieelement) nachgestellt werden.

Die Maximum-Material-Bedingung für tolerierte Geometrieelemente mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes ergibt vier unabhängige Anforderungen:

- eine Anforderung an die obere Grenze des örtlichen Größenmaßes [siehe Regel A 1) und Regel A2)];
- eine Anforderung an die untere Grenze des örtlichen Größenmaßes [siehe Regel B 1) und Regel B2)];
- eine Anforderung an die Nicht-Verletzung der Oberfläche des wirksamen Maximum-Material-Zustands MMVC (siehe Regel C);
- eine Anforderung an die Anwendung der Einschränkungen auf Maximum-Material-Zustände MMVC (siehe Regel D);

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

a) **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 kann 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).

a) **Regel B:** Die extrahierten örtlichen Größenmaße des tolerierten Geometrieelementes müssen:

- 1) bei äußeren Geometrieelementen größer oder gleich dem Minimum-Material-Größenmaß 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 Minimum-Material-Größenmaß 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, Bild A.16 bis Bild A.19].

b) **Regel C:** Der wirksame Maximum-Material-Zustand 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, Bild A.10 bis Bild A.19).

ANMERKUNG 2 Die Anwendung der Hüllbedingung $\textcircled{E}$ (früher auch Taylorscher Grundsatz genannt) führt gewöhnlich zu überflüssigen Einschränkungen in Bezug auf die Funktion des/der Geometrieelemente(s) (Legierungszusammensetzung). Die Anwendung derartiger Einschränkungen 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.

- c) **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 Bild A.3, Bild A.4, Bild A.6 und Bild A.7) liegen. Außerdem müssen, wenn mehrere tolerierte Geometrieelemente durch dieselbe Toleranzangabe mit dem Symbol CZ kontrolliert werden, die wirksamen Maximum-Material-Zustände 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 dieselbe Toleranzangabe mit dem Symbol CZ kontrolliert werden, dann sind die wirksamen Maximum-Material-Zustände nicht eingeschränkt, in der theoretisch genauen Richtung und dem theoretisch genauen Ort relativ zueinander zu liegen. In beiden Fällen (CZ- oder SZ-Angabe) bestehen weiterhin mögliche Einschränkungen bezüglich der Bezüge. Zusätzlich, wenn das Symbol SIM möglicherweise ergänzt durch eine Indexzahl (siehe ISO 5458) angegeben ist, dann müssen die MMVC in der Richtung und dem Ort mit den MMVC der SIM-Gruppe eingeschränkt sein.

Das Reziprozitätssymbol legt gleiche Anforderungen für Spezifikationen mit maßlichen und geometrischen Anforderungen mit $0 \textcircled{M}$ fest.

4.2.2 Maximum-Material-Bedingung für zugehörige Bezugselemente mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes

Wenn die Maximum-Material-Bedingung MMR für das Bezugselement gilt und die indirekte Angabe des wirksamen Größenmaßes ausgewählt wird, muss sie in Zeichnungen durch das Symbol $\textcircled{M}$ dem/den Bezugsbuchstaben im Toleranzindikator nachgestellt werden.

Der Bezugsbuchstabe ergänzt durch $\textcircled{M}$ ergibt ein assoziiertes Geometrieelement mit einem festen Größenmaß, das durch den MMVC festgelegt ist.

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

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

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

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

ANMERKUNG 3 Wenn die Maximum-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.13 und ISO 5459:2011, Regel 9) und die wirksamen Maximum-Material-Zustände MMVC sind defaultmäßig in Ort und Richtung relativ zueinander eingeschränkt (siehe ISO 5459:2011, Regel 7). Wenn die Maximum-Material-Bedingung nur für eine Fläche der Zusammenstellung 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 Bild A.6 und Bild A.7); Falls ein SIM-Symbol, möglicherweise ergänzt durch eine Indexzahl (siehe ISO 5458), in der angrenzenden Zone des zugehörigen Indikators angegeben ist, dann ist der MMVC eingeschränkt, in der gleichen Richtung und dem gleichen Ort wie die MMVC zu liegen, die für die Bezüge der gleichen SIM-Gruppe betrachtet wurden.
- 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. Wenn für das zugehörige Bezugselement eine geometrische Spezifikation ohne $\textcircled{M}$ gilt, sollte in Betracht gezogen werden, das globale Größenmaß des Bezugselementes mit z. B. $\textcircled{E}$ oder einem der Modifikatoren für das globale Größenmaß nach ISO 14405-1 festzulegen. Siehe Bild A.6 c).

ANMERKUNG 4 In diesen Fällen ist der MMVS für äußere und innere Größenmaßelemente durch die Gleichung (5) gegeben:

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

Dabei ist 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 kontrolliert 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).

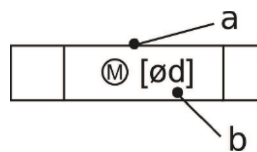
ANMERKUNG 5 In diesem Fall ist die MMVS für äußere Größenmaßelemente durch Gleichung (1) gegeben, und die MMVS für innere Größenmaßelemente durch Gleichung (2). Siehe 4.1.2.

ANMERKUNG 6 Wenn die oben genannten Eigenschaften nicht beobachtet werden, gilt Regel F.

Bei Regel G sollte der Indikator für das Bezugselement direkt mit dem Indikator für die geometrische Toleranz verbunden sein, durch den der wirksame Maximum-Material-Zustand MMVC des Bezugselements kontrolliert wird (siehe ISO 5459:2011, Regel 1, zweiter Anstrich).

4.2.3 Maximum-Material-Bedingung für tolerierte Geometrieelemente mit direkter Angabe des wirksamen Größenmaßes

Wenn die Maximum-Material-Bedingung MMR für das tolerierte Geometrieelement gilt und die direkte Angabe des Größenmaßes ausgewählt wird, dann muss der Wert des wirksamen Maximum-Material-Größenmaßes (MMVS) hinter dem Symbol $\textcircled{M}$ in Klammern angegeben werden. Dem Wert des wirksamen Maximum-Material-Größenmaßes muss das Symbol $\emptyset$ für einen Kreis oder Zylinder und ein $S\emptyset$ für eine Kugel vorangestellt werden, wie in Bild 3 für ein zylindrisches Geometrieelement dargestellt. Das Symbol $\emptyset$ muss weggelassen werden, wenn das Größenmaßelement nicht ein Durchmesser ist. Wenn direkte Angabe des wirksamen Maximum-Material-Größenmaßes (MMS) ausgewählt wird, darf vor dem Symbol $\textcircled{M}$ kein Wert für die geometrische Toleranz im Feld für Zone, Geometrieelement und Merkmal angegeben werden.



Legende

- a Feld für Zone, Geometrieelement und Merkmal
- b numerischer Wert des wirksamen Maximum-Material-Größenmaßes (MMVS)

Bild 3 — Direkte Angabe des wirksamen Maximum-Material-Größenmaßes für ein toleriertes Geometrieelement

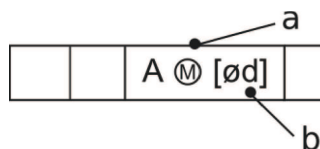
Wenn die Maximum-Material-Bedingung MMR für das tolerierte Geometrieelement mit der direkten Angabe des wirksamen Größenmaßes gilt, gelten Regel A und Regel B nicht und Regel C und Regel D gelten mit einem wirksamen Maximum-Material-Größenmaß (MMVS) gleich dem direkt angegebenen Wert.

Eine eventuelle Größenmaßspezifikation am gleichen Größenmaßelement muss als unabhängige Spezifikation nach einschlägiger ISO-GPS-Norm (ISO 14405-1) berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Siehe 4.1.3.

4.2.4 Maximum-Material-Bedingung für zugehörige Bezugselemente mit direkter Angabe des wirksamen Größenmaßes

Wenn die Maximum-Material-Bedingung für den Bezug gilt und die direkte Angabe des Größenmaßes ausgewählt wird, dann muss das wirksame Maximum-Material-Größenmaß (MMVS) für den Bezug mit einem numerischen Wert im Bezugs-Indikator hinter dem Symbol $\textcircled{M}$ in Klammern angegeben werden, wie in Bild 4 für ein zylindrisches Geometrieelement dargestellt. Das Symbol $\emptyset$ muss weggelassen werden, wenn das Größenmaßelement nicht ein Durchmesser ist.



Legende

- a Bezugsfeld
- b numerischer Wert des wirksamen Maximum-Material-Größenmaßes (MMVS)

Bild 4 — Direkte Angabe des wirksamen Maximum-Material-Größenmaßes (MMVS) für einen Bezug

Wenn die Maximum-Material-Bedingung MMR für einen Bezug mit direkter Angabe des wirksamen Maximum-Material-Größenmaßes gilt, dann gilt Regel E, Regel F und Regel G gelten nicht und Regel O gilt für die Fläche des Größenmaßelements.

- a) **Regel O:** Das wirksame Maximum-Material-Größenmaß (MMVS) für das zugehörige Bezugselement muss gleich dem in Klammern im zugehörigen Bezugsfeld angegebenen Wert sein.

4.3 Minimum-Material-Bedingung (LMR)

4.3.1 Minimum-Material-Bedingung für tolerierte Geometrieelemente mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes

Wenn die Minimum-Material-Bedingung LMR für das tolerierte Geometrieelement gilt und die indirekte Angabe des wirksamen Größenmaßes ausgewählt wird, dann muss sie in der Zeichnung durch das Symbol $\textcircled{L}$ im Toleranzindikator der geometrischen Toleranz des abgeleiteten Geometrieelementes des Größenmaßelementes (toleriertes Geometrieelement) nachgestellt werden.

BEISPIEL Um die Mindestwandstärke vollständig kontrollieren 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 zwei Arten umgesetzt werden:

- Die Ortsanforderungen an die zwei 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 zwei 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 mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes gilt, dann gelten die folgenden Regeln für die Fläche(n) (des Größenmaßelementes) und das wirksame Minimum-Material-Größenmaß (LMVS) muss aus der Größenmaßspezifikation und der geometrischen Spezifikation nach den Regeln dieses Dokuments berechnet werden.

- 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 Bild A.5 a), Bild A.8 und Bild A.9];
 - 2) bei inneren Geometrieelementen größer oder gleich dem Maximum-Material-Größenmaß MMS sein [siehe Bild A.5 b) und Bild A.8].
- c) **Regel J:** Der wirksame Minimum-Material-Zustand LMVC für das tolerierte Geometrieelement darf durch das extrahierte (integrale) Geometrieelement nicht verletzt werden (siehe Bild A.5, Bild A.8 und Bild A.9);

ANMERKUNG 3 Die Anwendung der Hüllbedingung $\textcircled{E}$ (früher auch Taylorscher Grundsatz genannt) führt gewöhnlich zu überflüssigen Einschränkungen in Bezug auf die Funktion des/der Geometrieelemente(s) (Mindestwandstärke). Die Anwendung derartiger Einschränkungen und Definitionen für das Größenmaß verringert die technischen und wirtschaftlichen Vorteile der Minimum-Material-Bedingung LMR.

- d) **Regel K:** Wenn es sich bei der geometrischen Spezifikation um eine Richtung oder einen Ort relativ zu einem (primären) Bezug oder einem Bezugssystem handelt, muss der wirksame Minimum-Material-Zustand LMVC für das tolerierte Geometrieelement nach ISO 1101 und ISO 5459 in der theoretisch genauen Richtung und dem theoretisch genauen Ort relativ zum Bezug oder zum Bezugssystem liegen (siehe 3.11, Anmerkung 2, und Bild A.5, Bild A.8 und Bild A.9). Außerdem müssen im Fall von mehreren tolerierten Geometrieelementen mit derselben Toleranzangabe mit dem Symbol CZ die wirksamen Minimum-Material-Zustände LMVC ebenfalls in der theoretisch genauen Richtung und dem theoretisch genauen Ort relativ zueinander liegen. Falls mehrere tolerierten Geometrieelemente durch dieselbe Toleranzangabe mit dem Symbol SZ kontrolliert werden, dann sind die wirksamen Minimum-Material-Zustände LMVC nicht eingeschränkt, in der theoretisch genauen Richtung und dem theoretisch genauen Ort relativ zueinander zu liegen. In beiden Fällen (CZ- oder SZ-Angabe) bleiben mögliche Einschränkungen relativ zum Bezug. Zusätzlich, falls das Symbol SIM ergänzt durch eine Indexzahl (siehe ISO 5458) angegeben ist, müssen die LMVC in der Richtung und dem Ort mit den LMVC der SIM-Gruppe eingeschränkt sein.

Das Reziprozitätssymbol legt gleichwertige Anforderungen an Spezifikationen mit maßlichen und geometrischen Anforderungen mit 0 $\textcircled{L}$ fest.

4.3.2 Minimum-Material-Bedingung für zugehörige Bezugselemente mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes

Wenn die Minimum-Material-Bedingung LMR für das Bezugselement gilt und die indirekte Angabe des wirksamen Größenmaßes ausgewählt wird, muss sie in der Zeichnung durch das Symbol $\textcircled{L}$ dem Bezugsbuchstaben im Toleranzindikator nachgestellt werden.

Der Bezugsbuchstabe ergänzt durch $\textcircled{L}$ ergibt ein assoziiertes Geometrieelement mit einem festen Größenmaß, das durch den MMVC festgelegt ist.

ANMERKUNG 1 Wirksame Zustände für das tolerierte Geometrieelement und das Bezugselement werden zwischen ihnen in der Richtung und dem Ort eingeschränkt und ergeben einen kombinierten wirksamen Zustand.

ANMERKUNG 2 Die Angabe von $\textcircled{L}$ hinter dem Bezugsbuchstaben ist nur möglich, wenn der Bezug von einem Größenmaßelement gebildet wird.

ANMERKUNG 3 Wenn die 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.13 und ISO 5459:2011, Regel 9) und die wirksamen Minimum-Material-Zustände LMVC sind defaultmäßig in Ort und Richtung relativ zueinander eingeschränkt (siehe ISO 5459:2011, Regel 7). Wenn die Minimum-Material-Bedingung nur für eine Fläche der Zusammenstellung 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 L:** Der wirksame Minimum-Material-Zustand LMVC für das zugeordnete Bezugselement darf durch das extrahierte (integrale) Bezugselement, von dem der Bezug abgeleitet wird, nicht verletzt werden (siehe Bild A.9); Falls ein SIM-Symbol ergänzt durch eine Indexzahl (siehe ISO 5458) in der angrenzenden Zone des zugehörigen Indikators angegeben ist, dann muss der LMVC eingeschränkt sein, in der gleichen Position und am gleichen Ort wie die LMCV zu liegen, die für die Bezüge der gleichen SIM-Gruppe betrachtet wurden.
- b) **Regel M:** Das Größenmaß des wirksamen Minimum-Material-Zustands LMVC für das zugehörige Bezugselement muss das Minimum-Material-Größenmaß LMS sein, wenn für das zugehörige Bezugselement keine geometrische Spezifikation gilt (siehe Bild A.9), oder wenn es lediglich geometrische Spezifikationen aufweist, deren Toleranzwert nicht durch das Symbol $\textcircled{L}$ ergänzt ist, oder wenn es keine geometrische Spezifikation aufweist, die Regel N entspricht. Wenn für das zugehörige Bezugselement eine geometrische Spezifikation ohne $\textcircled{L}$ gilt, sollte in Betracht gezogen werden, das globale Größenmaß für das Bezugselement mit z. B. $\textcircled{E}$ oder einem der Modifikatoren für das globale Größenmaß nach ISO 14405-1 festzulegen.

ANMERKUNG 4 In diesen Fällen ist die LMVS für äußere und innere Größenmaßelemente durch die Gleichung (6) gegeben:

$$\text{LMVS} = \text{LMS} \pm 0 = \text{LMS} \quad (6)$$

Dabei ist LMS das Minimum-Material-Größenmaß.

- c) **Regel N:** Das Größenmaß des wirksamen Minimum-Material-Zustands LMVC für das zugehörige Bezugselement muss das Minimum-Material-Größenmaß LMS abzüglich (bei äußeren Größenmaßelementen) oder zuzüglich (bei inneren Größenmaßelementen) der geometrischen Toleranz sein, wenn das Bezugselement durch eine geometrische Spezifikation mit den folgenden Eigenschaften kontrolliert wird:
- 1) sein Toleranzwert wird durch das Symbol $\textcircled{L}$ ergänzt, und
 - i) es handelt sich um eine Formspezifikation und der zugehörige Bezug entspricht dem primären Bezug des Toleranzindikators, in dem das Symbol $\textcircled{L}$ neben dem Bezugsbuchstaben angegeben wird, 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 $\textcircled{L}$ neben dem Bezugsbuchstaben angegeben wird.

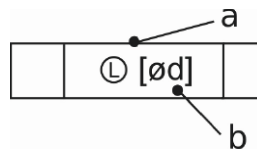
ANMERKUNG 5 In diesem Fall ist die LMVS für äußere Größenmaßelemente durch Gleichung (3) gegeben, und die LMVS für innere Größenmaßelemente durch Gleichung (4). Siehe 3.10, Anmerkung 3.

ANMERKUNG 6 Wenn die oben genannten Eigenschaften nicht beobachtet werden, gilt Regel M.

Bei Regel N sollte das Kennzeichen für das Bezugselement direkt mit dem geometrischen Toleranzindikator verbunden sein, durch den der wirksame Minimum-Material-Zustand LMVC des Bezugselements kontrolliert wird (siehe ISO 5459:2011, Regel 1, zweiter Anstrich).

4.3.3 Minimum-Material-Bedingung für tolerierte Geometrieelemente mit direkter Angabe des wirksamen Größenmaßes

Wenn die Minimum-Material-Bedingung LMR für das tolerierte Geometrieelement gilt und die direkte Angabe des wirksamen Größenmaßes ausgewählt wird, dann muss der Wert des wirksamen Minimum-Material-Größenmaßes (LMVS) hinter dem Symbol $\textcircled{L}$ in Klammern gesetzt werden. Dem Wert des wirksamen Minimum-Material-Größenmaßes (LMVS) muss das Symbol $\emptyset$ für einen Kreis oder einen Zylinder und das Symbol $S\emptyset$ für eine Kugel vorangestellt werden, wie in Bild 5 für ein zylindrisches Größenmaß dargestellt. Das Symbol $\emptyset$ muss weggelassen werden, wenn das Größenmaßelement nicht ein Durchmesser ist. Wenn direkte Angabe des wirksamen Minimum-Material-Größenmaßes (LMVS) ausgewählt wird, darf kein Wert für die geometrische Toleranz vor dem Symbol $\textcircled{L}$ im Feld für Zone, Geometrieelement und Merkmal angegeben werden.



Legende

- a Feld für Zone, Geometrieelement und Merkmal
- b numerischer Wert für das wirksame Minimum-Material-Größenmaß des Bezuges

Bild 5 — Direkte Angabe des wirksamen Minimum-Material-Größenmaßes für ein toleriertes Geometrieelement

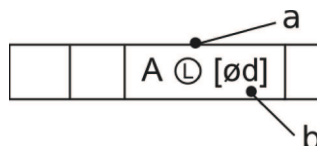
Wenn die Minimum-Material-Bedingung LMR für das tolerierte Geometrieelement gilt und die direkte Angabe des wirksamen Größenmaßes ausgewählt wird, gelten Regel H und Regel I nicht und Regel J und Regel K gelten mit einem wirksamen Minimum-Material-Größenmaß (LMVS) gleich dem direkt angegebenen Wert.

Eine eventuelle Größenmaßspezifikation am gleichen Größenmaßelement muss als unabhängige Spezifikation nach einschlägiger ISO-GPS-Norm (ISO 14405-1) berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Siehe 4.1.3.

4.3.4 Minimum-Material-Bedingung für zugehörige Bezugselemente mit direkter Angabe des wirksamen Größenmaßes

Wenn die Minimum-Material-Bedingung LMR für den Bezug gilt und die direkte Angabe des wirksamen Größenmaßes ausgewählt wird, dann muss das wirksame Minimum-Material-Größenmaß (LMVS) für den Bezug mit einem numerischen Wert in Klammern im Toleranzindikator hinter dem Modifikator $\textcircled{L}$ angegeben werden, wie in Bild 6 für ein zylindrisches Größenmaß dargestellt. Das Symbol $\emptyset$ muss weggelassen werden, wenn das Größenmaßelement nicht ein Durchmesser ist.



Legende

- a Bezugsfeld
- b numerischer Wert für das wirksame Minimum-Material-Größenmaß des Bezuges

Bild 6 — Direkte Angabe des wirksamen Minimum-Material-Größenmaßes eines Bezuges

Wenn die Minimum-Material-Bedingung LMR angegeben ist für einen Bezug mit direkter Angabe des wirksamen Minimum-Material-Größenmaßes, dann gilt Regel L, Regel M und Regel N gelten nicht und Regel P gilt für die Fläche des Größenmaßelementes.

- a) **Regel P:** Das wirksame Minimum-Material-Größenmaß (LMVS) für das zugehörige Bezugselement muss gleich dem in Klammern im zugehörigen Bezugsfeld angegebenen Wert sein.

5 Reziprozitätsbedingung RPR

5.1 Allgemeines

Die Reziprozitätsbedingung RPR muss in Zeichnungen als eine zusätzliche Anforderung zur Maximum-Material-Bedingung MMR oder zur Minimum-Material-Bedingung LMR angegeben werden, indem das Symbol $\textcircled{R}$ dem Symbol $\textcircled{M}$ bzw. das Symbol $\textcircled{R}$ dem Symbol $\textcircled{L}$ nachgestellt wird. Die Reziprozitätsbedingung darf nur im Toleranzfeld des Toleranzindikators angegeben werden. Der Modifikator $\textcircled{R}$ darf nicht im Bezugsfeld des Toleranzindikators angegeben werden.

ANMERKUNG 1 Es wird empfohlen, 0 $\textcircled{M}$ oder 0 $\textcircled{L}$ statt die Angabe der Reziprozität zu benutzen.

Die Reziprozitätsbedingung RPR darf nur mit indirekter Angabe des wirksamen Größenmaßes angewendet werden (siehe 4.1.1).

Die zusätzliche Anforderung RPR ändert die Größenmaßtoleranz des Größenmaßelementes in den gemeinsamen Anforderungen MMR und LMR. Durch RPR kann das Größenmaß die vollen Vorteile von MMVC und LMVC ausschöpfen. RPR ermöglicht die Wahl der Verteilung der Streuung zwischen maßlichen und geometrischen Toleranzen auf der Grundlage des Fertigungsprozesses.

ANMERKUNG 2 Die Reziprozitätsbedingung kann dieselbe Werkstückfunktion angeben wie die Angabe „0 $\textcircled{M}$ “.

5.2 Reziprozitätsbedingung und Maximum-Material-Bedingung

Wenn das Reziprozitätssymbol $\textcircled{R}$ hinter dem Symbol $\textcircled{M}$ steht, das eine Reziprozitätsbedingung RPR angibt, ändert sich dadurch die Maximum-Material-Bedingung für die Oberfläche(n) (des Größenmaßelementes) folgendermaßen [siehe Bild A.1 b)]:

- Regel A ist nicht gültig;
- Regel B bis Regel D bleiben gültig.

ANMERKUNG Die Reziprozitätsbedingung RPR ermöglicht eine Vergrößerung der Maßtoleranz, wenn die geometrische Abweichung den wirksamen Maximum-Material-Zustand MMVC nicht voll ausnutzt.

5.3 Reziprozitätsbedingung und Minimum-Material-Bedingung

Wenn das Reziprozitätssymbol $\textcircled{R}$ hinter dem Symbol $\textcircled{L}$ steht, das eine Reziprozitätsbedingung RPR angibt, ändert sich dadurch die Minimum-Material-Bedingung für die Oberfläche(n) (des Größenmaßelementes) folgendermaßen [siehe Bild A.5 e) und Bild A.5 f)]:

- Regel H ist nicht gültig;
- Regel I bis Regel K bleiben gültig.

ANMERKUNG Die Reziprozitätsbedingung RPR ermöglicht eine Vergrößerung der Maßtoleranz, wenn die geometrische Abweichung den wirksamen Minimum-Material-Zustand LMVC nicht voll ausnutzt.

Anhang A (informativ)

Beispiele für Tolerierung mit Ⓜ, Ⓛ und Ⓡ

Die Bilder in diesem Dokument sollen nur dazu beitragen, dem Anwender die Maximum-Material-Bedingung, die Minimum-Material-Bedingung und die Reziprozitätsbedingung zu veranschaulichen. In einigen Beispielen werden in den Bildern zusätzliche Einzelheiten hervorgehoben, andere Bilder wurden absichtlich unvollständig belassen. Numerische Werte für Maße und Toleranzen dienen nur zur Veranschaulichung.

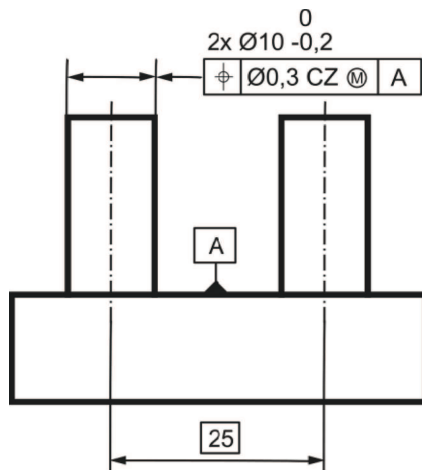
In den Darstellungen sind die Maßlinien (mit den Pfeilen) zur Interpretation der MMS und LMS nur symbolisch dargestellt. Die Richtung der örtlichen Maße (Zweipunktmaße) am realen Werkstück ist nicht notwendig senkrecht zur Achse des MMVC oder LMVC.

Aus Gründen der Einheitlichkeit in diesem Dokument sind alle Maße in Millimetern und alle Bilder in der Projektionsmethode 1 angegeben worden.

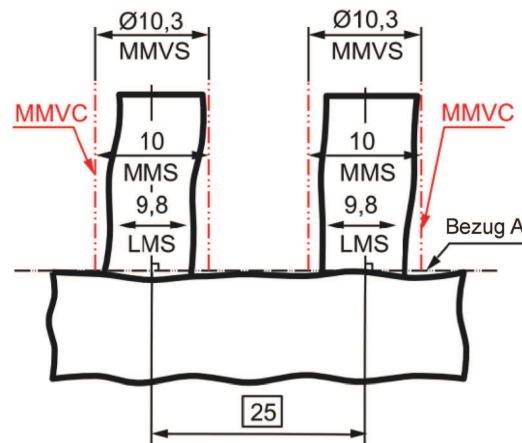
Es hätte jedoch ebenso die Projektionsmethode 3 angewendet werden können, ohne dadurch die Bedeutung der festgelegten Grundlagen zu verändern. Für die eindeutige Darstellung (Größenverhältnisse und Maße) der Symbole der geometrischen Tolerierung, siehe ISO 7083.

In jeder Erklärung unter den Bildern schließen die Bedingungen für die örtlichen Durchmesser und die örtlichen Größenmaße die Grenzwerte systematisch mit ein („gleich“ ist also jedes Mal eingeschlossen, wenn die Angabe „größer als“/„kleiner als“ verwendet wird).

Zeichnungseintragung



Auswertung



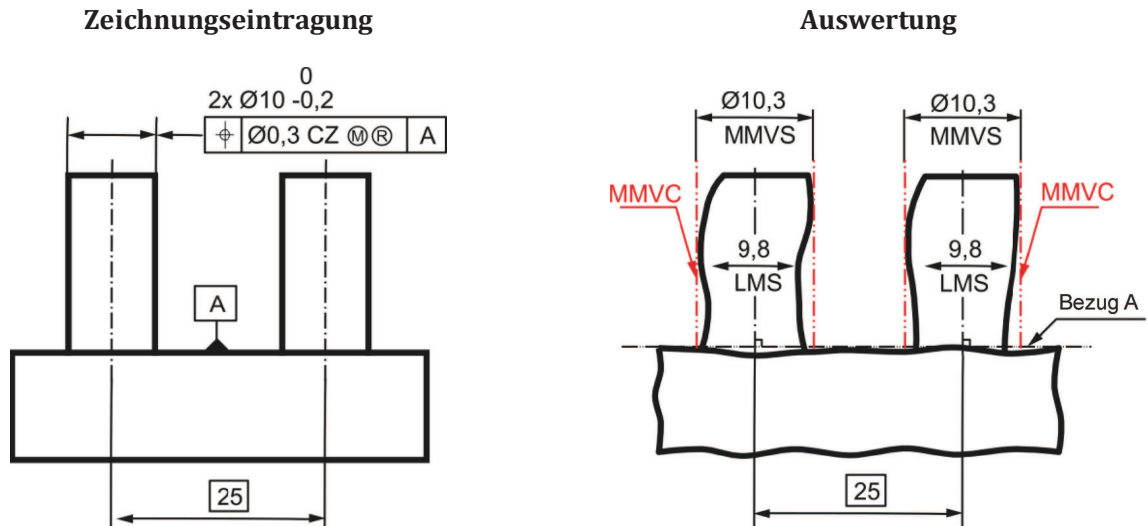
Die beabsichtigte Funktion des in Bild A.1 a) dargestellten Teiles ist der Zusammenbau mit einer Platte, die zwei Bohrungen im Abstand von 25 mm hat. Die Bohrungen müssen senkrecht zur Kontaktfläche der Platte sein.

Die Auswertung beruht auf folgenden in diesem Dokument angegebenen Regeln und Definitionen.

- Das extrahierte Geometrieelement der tolerierten Stifte darf den wirksamen Maximum-Material-Zustand MMVC nicht verletzen, der den Durchmesser MMVS = 10,3 mm hat [siehe Regel C, 3.8 und 3.9].
- Das extrahierte Geometrieelement der tolerierten Stifte muss überall einen örtlichen Durchmesser größer als LMS = 9,8 mm [siehe Regel B 1) und 3.7] und kleiner als MMS = 10,0 mm haben [siehe Regel A 1) und 3.5].
- Der Ort der zwei MMVC ist theoretisch genau — in einem Abstand von 25 mm relativ zueinander und senkrecht zum Bezug A (siehe Regel D und 3.9, Anmerkung 2).

a) Beispiel für die Maximum-Material-Bedingung MMR ohne RPR für zwei äußere zylindrische Geometrieelemente auf Größenmaß- und Positionsanforderungen (Ort) beruhend

Bild A.1 (wird fortgesetzt)



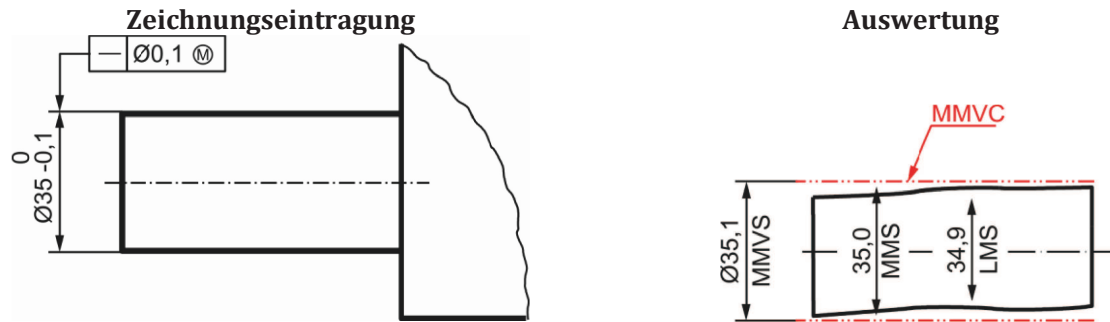
Die beabsichtigte Funktion des in Bild A.1 b) dargestellten Teiles ist der Zusammenbau mit einer Platte, die zwei Bohrungen im Abstand von 25 mm hat. Die Bohrungen müssen senkrecht zur Kontaktfläche der Platte sein.

Die Auswertung beruht auf folgenden in diesem Dokument angegebenen Regeln und Definitionen.

- Das extrahierte Geometrieelement der tolerierten Stifte darf den wirksamen Maximum-Material-Zustand MMVC nicht verletzen, der den Durchmesser $MMVS = 10,3$ mm hat (siehe Regel C, 3.8 und 3.9).
- Das extrahierte Geometrieelement der tolerierten Stifte muss überall einen örtlichen Durchmesser größer als $LMS = 9,8$ mm [siehe Regel B 1) und 3.7] haben. Hinsichtlich der Obergrenze für die örtlichen Durchmesser gibt es keine Anforderung (siehe 5.2). Die RPR-Anforderung ermöglicht die Vergrößerung der Größenmaßtoleranz.
- Der Ort der zwei MMVC ist theoretisch genau — in einem Abstand von 25 mm relativ zueinander und senkrecht zum Bezug A (siehe Regel D und 3.9, Anmerkung 2).

b) Beispiel für die Maximum-Material-Bedingung MMR mit RPR für zwei äußere zylindrische Geometrieelemente auf Größenmaß- und Positionsanforderungen (Ort) beruhend

Bild A.1 — Beispiele für die Maximum-Material-Bedingung MMR für zwei äußere zylindrische Geometrieelemente auf Größenmaß- und Positionsanforderungen (Ort) beruhend



Die beabsichtigte Funktion des in Bild A.2 a) dargestellten Teiles könnte eine Spielpassung mit einer Bohrung der gleichen Länge wie die des tolerierten zylindrischen Geometrieelementes sein.

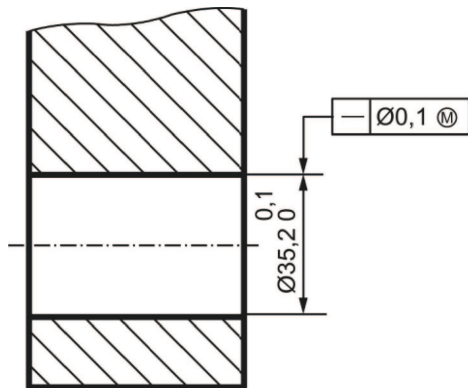
Die Auswertung beruht auf folgenden in diesem Dokument angegebenen Regeln und Definitionen.

- Das extrahierte Geometrieelement darf den wirksamen Maximum-Material-Zustand MMVC nicht verletzen, der den Durchmesser MMVS = 35,1 mm hat (siehe Regel C, 3.8 und 3.9).
- Das extrahierte Geometrieelement muss überall einen örtlichen Durchmesser größer als LMS = 34,9 mm [siehe Regel B 1) und 3.7] und kleiner als MMS = 35,0 mm haben [siehe Regel A 1) und 3.5].
- Die Richtung und der Ort des MMVC sind nicht durch äußere Bedingungen eingeschränkt (siehe 3.9, Anmerkung 2).

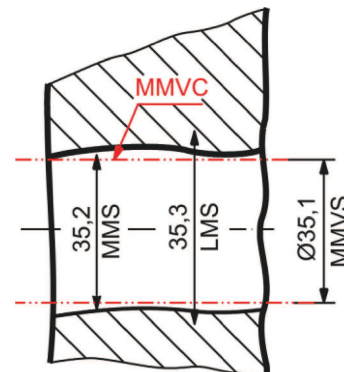
a) Beispiel für die Maximum-Material-Bedingung MMR für ein äußeres zylindrisches Geometrieelement auf Größenmaß- und Formanforderungen (Geradheit) beruhend

Bild A.2 (wird fortgesetzt)

Zeichnungseintragung



Auswertung

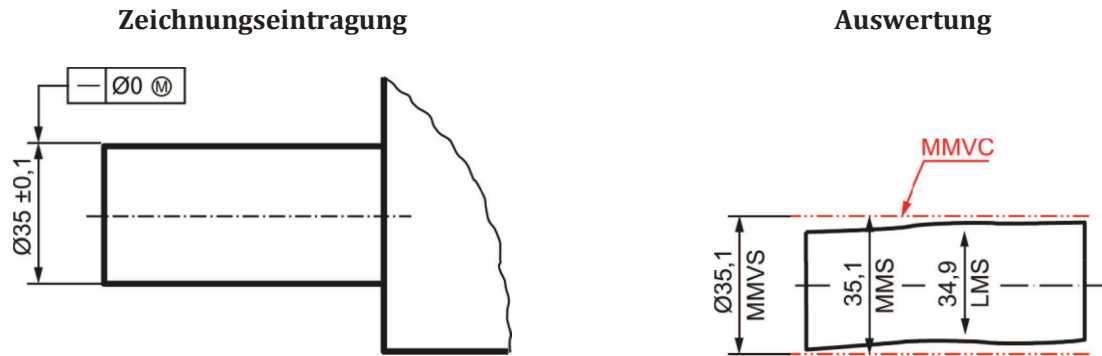


Die beabsichtigte Funktion des im Bild A.2 b) tolerierten Teiles könnte eine Spielpassung mit einem Bolzen derselben Länge wie die des tolerierten zylindrischen Geometrieelementes sein.

Die Auswertung beruht auf folgenden in diesem Dokument angegebenen Regeln und Definitionen.

- Das extrahierte Geometrieelement darf den wirksamen Maximum-Material-Zustand MMVC nicht verletzen, der den Durchmesser MMVS = 35,1 mm hat (siehe Regel C, 3.8 und 3.9).
- Das extrahierte Geometrieelement muss überall einen örtlichen Durchmesser kleiner als LMS = 35,3 mm [siehe Regel B 2) und 3.7] und größer als MMS = 35,2 mm haben [siehe Regel A 2) und 3.5].
- Die Richtung und der Ort des MMVC sind nicht durch äußere Bedingungen eingeschränkt (siehe 3.9, Anmerkung 2).

b) Beispiel für die Maximum-Material-Bedingung MMR für ein inneres zylindrisches Geometrieelement auf Größenmaß- und Formanforderungen (Geradheit) beruhend



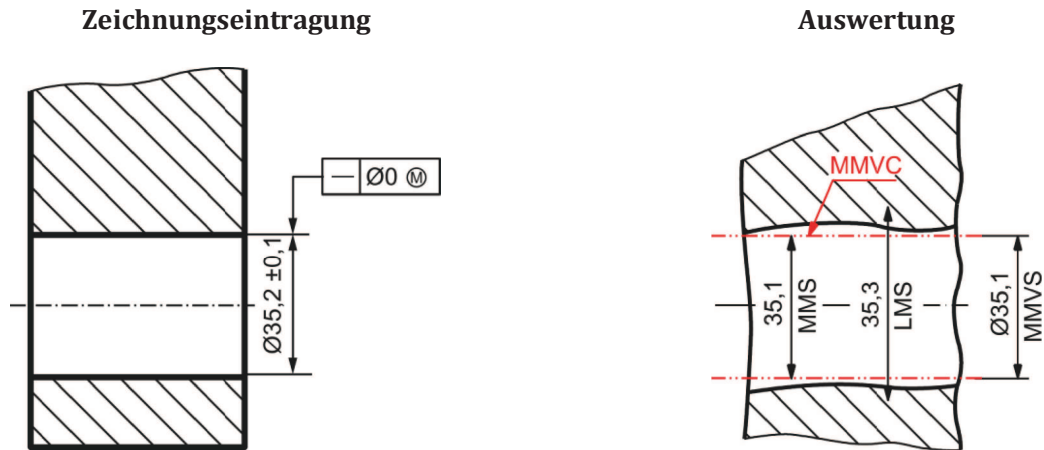
Die beabsichtigte Funktion des in Bild A.2 c) tolerierten Teiles könnte eine Spielpassung mit einer Bohrung der gleichen Länge wie die des tolerierten zylindrischen Geometrieelementes sein.

Die Auswertung beruht auf folgenden in diesem Dokument angegebenen Regeln und Definitionen.

- i. Das extrahierte Geometrieelement darf den wirksamen Maximum-Material-Zustand MMVC nicht verletzen, der den Durchmesser $\text{MMVS} = 35,1$ mm hat (siehe Regel C, 3.8 und 3.9).
- ii. Das extrahierte Geometrieelement muss überall einen örtlichen Durchmesser größer als $\text{LMS} = 34,9$ mm [siehe Regel B 1) und 3.7] und kleiner als $\text{MMS} = 35,1$ mm haben [siehe Regel A 1) und 3.5]. Der Unterschied zwischen Bild A.2 c) und Bild A.2 a) ergibt sich aus der Spezifikation des örtlichen Durchmessers, in diesem Falle MMS.
- iii. Die Richtung und der Ort des MMVC sind nicht durch äußere Bedingungen eingeschränkt (siehe 3.9, Anmerkung 2).

c) Beispiel für die Maximum-Material-Bedingung MMR (mit $\textcircled{M}$) für ein äußeres zylindrisches Geometrieelement auf Größenmaß- und Formanforderungen (Geradheit) beruhend

Bild A.2 (wird fortgesetzt)



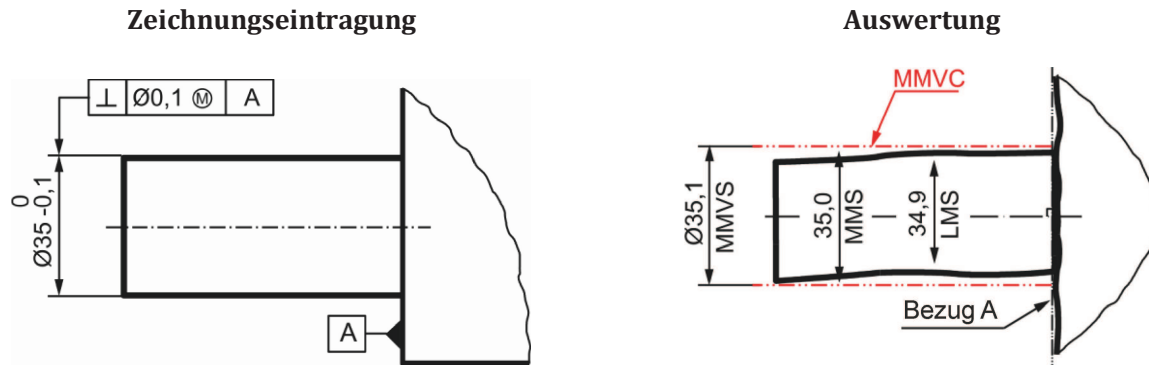
Die beabsichtigte Funktion des in Bild A.2 d) tolerierten Teiles könnte eine Spielpassung mit einem Bolzen der gleichen Länge wie die des tolerierten zylindrischen Geometrieelementes sein.

Die Auswertung beruht auf folgenden in diesem Dokument angegebenen Regeln und Definitionen.

- i. Das extrahierte Geometrieelement darf den wirksamen Maximum-Material-Zustand MMVC nicht verletzen, der den Durchmesser MMVS = 35,1 mm hat (siehe Regel C, 3.8 und 3.9).
- ii. Das extrahierte Geometrieelement muss überall einen örtlichen Durchmesser kleiner als LMS = 35,3 mm [siehe Regel B 2) und 3.7] und größer als MMS = 35,1 mm haben [siehe Regel A 2) und 3.5]. Der Unterschied zwischen Bild A.2 d) und Bild A.2 b) ergibt sich aus der Spezifikation des örtlichen Durchmessers, in diesem Falle MMS.
- iii. Die Richtung und der Ort des MMVC sind nicht durch äußere Bedingungen eingeschränkt (siehe 3.9, Anmerkung 2).

d) Beispiel für die Maximum-Material-Bedingung MMR (mit $\textcircled{\text{M}}$) für ein inneres zylindrisches Geometrieelement auf Größenmaß- und Formanforderungen (Geradheit) beruhend

Bild A.2 — Beispiele für die Maximum-Material-Bedingung MMR für ein zylindrisches Geometrieelement auf Größenmaß- und Formanforderungen (Geradheit) beruhend



Die beabsichtigte Funktion des in Bild A.3 a) tolerierten Teiles könnte der Zusammenbau mit einem Teil wie in Bild A.3 b) dargestellt sein, wobei die Funktionsanforderung ist, dass sich die zwei ebenen Flächen berühren müssen und der Stift gleichzeitig in die Bohrung passt.

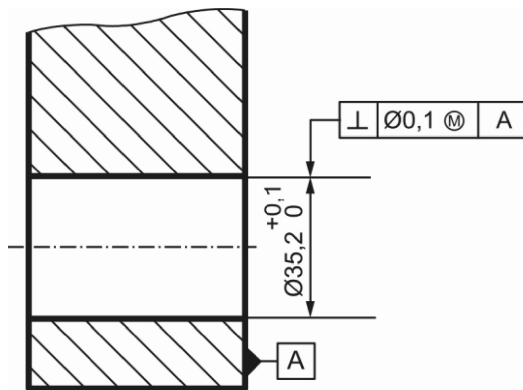
Die Auswertung beruht auf folgenden in diesem Dokument angegebenen Regeln und Definitionen.

- i Das extrahierte Geometrieelement darf den wirksamen Maximum-Material-Zustand MMVC nicht verletzen, der den Durchmesser MMVS = 35,1 mm hat (siehe Regel C, 3.8 und 3.9).
- ii. Das extrahierte Geometrieelement muss überall einen örtlichen Durchmesser größer als LMS = 34,9 mm [siehe Regel B 1) und 3.7] und kleiner als MMS = 35,0 mm haben [siehe Regel A 1) und 3.5].
- iii. Die Richtung des MMVC ist senkrecht zum Bezug, und der Ort des MMVC ist nicht durch äußere Bedingungen eingeschränkt (siehe Regel D und 3.9, Anmerkung 2).

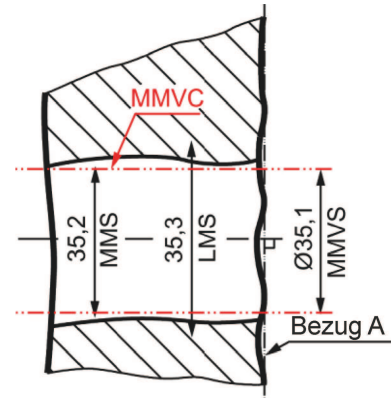
a) Beispiel für die Maximum-Material-Bedingung MMR für ein äußeres zylindrisches Geometrieelement auf Größenmaß- und Richtungsanforderungen (Rechtwinkligkeit) beruhend

Bild A.3 (wird fortgesetzt)

Zeichnungseintragung



Auswertung



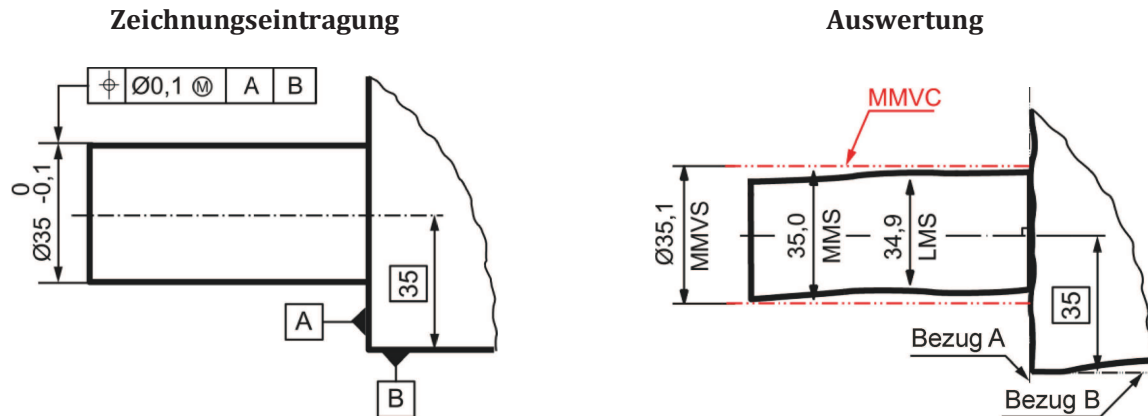
Die beabsichtigte Funktion des in Bild A.3 b) tolerierten Teiles könnte der Zusammenbau mit einem Teil wie in Bild A.3 a) dargestellt sein, wobei die Funktionsanforderung ist, dass sich die zwei ebenen Flächen berühren müssen und der Stift gleichzeitig in die Bohrung passt.

Die Auswertung beruht auf folgenden in diesem Dokument angegebenen Regeln und Definitionen.

- Das extrahierte Geometrieelement darf den wirksamen Maximum-Material-Zustand MMVC nicht verletzen, der den Durchmesser MMVS = 35,1 mm hat (siehe Regel C, 3.8 und 3.9).
- Das extrahierte Geometrieelement muss überall einen örtlichen Durchmesser kleiner als LMS = 35,3 mm [siehe Regel B 2) und 3.7] und größer als MMS = 35,2 mm haben [siehe Regel A 2) und 3.5].
- Die Richtung des MMVC ist senkrecht zum Bezug, und der Ort des MMVC ist nicht durch äußere Bedingungen eingeschränkt (siehe Regel D und 3.9, Anmerkung 2).

b) Beispiel für die Maximum-Material-Bedingung MMR für ein inneres zylindrisches Geometrieelement auf Größenmaß- und Richtungsanforderungen (Rechtwinkligkeit) beruhend

Bild A.3 — Beispiele für die Maximum-Material-Bedingung MMR für ein zylindrisches Geometrieelement auf Größenmaß- und Richtungsanforderungen (Rechtwinkligkeit) beruhend



Die beabsichtigte Funktion des in Bild A.4 a) tolerierten Teiles könnte der Zusammenbau mit einem Teil wie in Bild A.4 b) dargestellt sein, wobei die Funktionsanforderung ist, dass sich die zwei ebenen Flächen A berühren müssen, und die zwei ebenen Flächen B gleichzeitig in Berührung mit einer Ebene (eines nicht gezeigten Teils) sind.

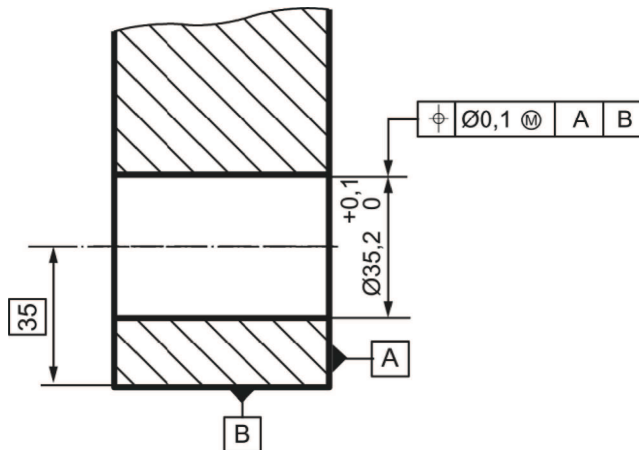
Die Auswertung beruht auf folgenden in diesem Dokument angegebenen Regeln und Definitionen.

- Das extrahierte Geometrieelement darf den wirksamen Maximum-Material-Zustand MMVC nicht verletzen, der den Durchmesser MMVS = 35,1 mm hat (siehe Regel C, 3.8 und 3.9).
- Das extrahierte Geometrieelement muss überall einen örtlichen Durchmesser größer als LMS = 34,9 mm [siehe Regel B 1) und 3.7] und kleiner als MMS = 35,0 mm haben [siehe Regel A 1) und 3.5].
- Die Richtung des MMVC ist senkrecht zum Bezug A, und der Ort des MMVC liegt an einer Position, die theoretisch genau 35 mm vom Bezug B entfernt ist (siehe Regel D und 3.9, Anmerkung 2).

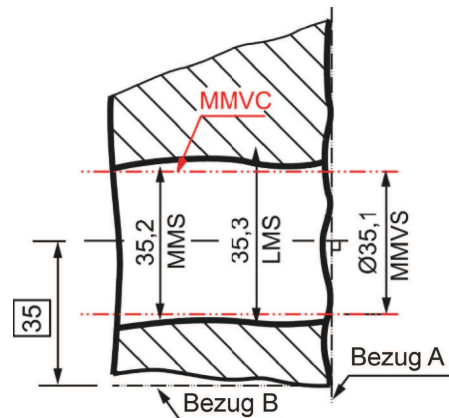
a) Beispiel für die Maximum-Material-Bedingung MMR für ein äußeres zylindrisches Geometrieelement auf Größenmaß- und Ortsanforderungen (Position) beruhend

Bild A.4 (wird fortgesetzt)

Zeichnungseintragung



Auswertung



Die beabsichtigte Funktion des in Bild A.4 b) tolerierten Teiles könnte der Zusammenbau mit einem Teil wie in Bild A.4 a) dargestellt sein, wobei die Funktionsanforderung ist, dass sich die zwei ebenen Flächen A berühren müssen, und die zwei ebenen Flächen B beide gleichzeitig in Berührung mit einer Ebene (eines nicht gezeigten Teils) sind.

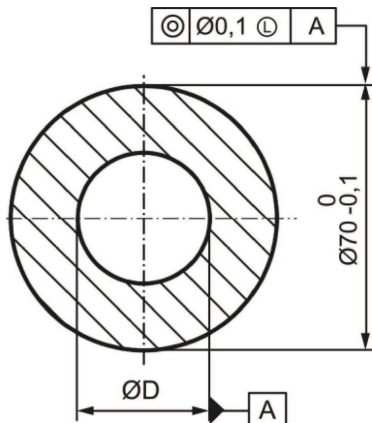
Die Auswertung beruht auf folgenden in diesem Dokument angegebenen Regeln und Definitionen.

- i. Das extrahierte Geometrieelement darf den wirksamen Maximum-Material-Zustand MMVC nicht verletzen, der den Durchmesser MMVS = 35,1 mm hat (siehe Regel C, 3.8 und 3.9).
- ii. Das extrahierte Geometrieelement muss überall einen örtlichen Durchmesser kleiner als LMS = 35,3 mm [siehe Regel B 2) und 3.7] und größer als MMS = 35,2 mm haben [siehe Regel A 2) und 3.5].
- iii. Die Richtung des MMVC ist senkrecht zum Bezug A, und der Ort des MMVC liegt an einer Position, die theoretisch genau 35 mm vom Bezug B entfernt ist (siehe Regel D und 3.9, Anmerkung 2).

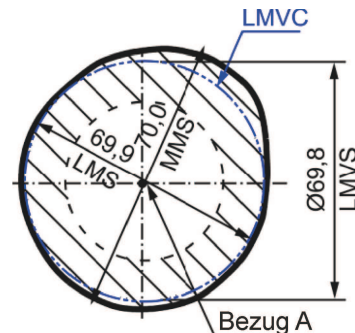
b) Beispiel für die Maximum-Material-Bedingung MMR für ein inneres zylindrisches Geometrieelement auf Größenmaß- und Ortsanforderungen (Position) beruhend

Bild A.4 — Beispiele für die Maximum-Material-Bedingung MMR für ein zylindrisches Geometrieelement auf Größenmaß- und Ortsanforderungen (Position) beruhend

Zeichnungseintragung



Auswertung



Position und Koaxialität/Konzentrität können in diesem Fall mit der gleichen Bedeutung angewendet werden.

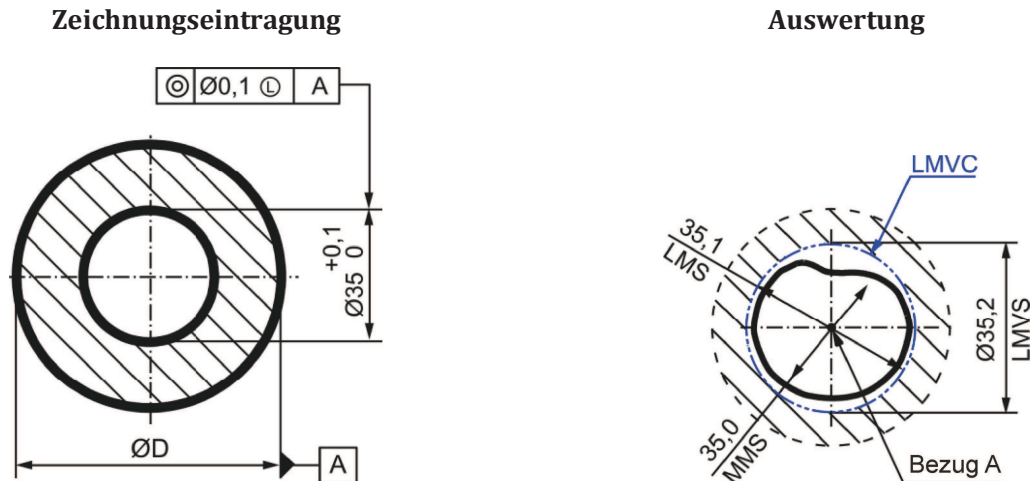
Dieses Bild veranschaulicht nur einige Regeln für die Minimum-Material-Bedingung. Die Zeichnungseintragung ist nicht vollständig und kontrolliert nicht die Mindestwandstärke. Die Minimum-Material-Bedingung für das andere Geometrieelement fehlt. Daher kann keine Funktion angegeben werden.

Die Auswertung beruht auf folgenden in diesem Dokument angegebenen Regeln und Definitionen.

- Der wirksame Minimum-Material-Zustand LMVC, der den Durchmesser LMVS = 69,8 mm hat, muss vollständig im Material enthalten sein (siehe Regel J, 3.10 und 3.11).
- Das extrahierte Geometrieelement muss überall einen örtlichen Durchmesser kleiner als MMS = 70,0 mm [siehe Regel I 1) und 3.5] und größer als LMS = 69,9 mm haben [siehe Regel H 1) und 3.7].
- Die Richtung des LMVC ist parallel zum Bezug, und der Ort des LMVC liegt an der theoretisch genauen Position 0 mm zum Bezug A (siehe Regel K und 3.11, Anmerkung 2).

a) Beispiel 1 für die Minimum-Material-Bedingung LMR für ein äußeres Größenmaßelement mit einem anderen konzentrischen inneren Größenmaßelement als Bezug

Bild A.5 (wird fortgesetzt)



Dieses Bild veranschaulicht nur einige Regeln für die Minimum-Material-Bedingung. Die Zeichnungseintragung ist nicht vollständig und kontrolliert nicht die Mindestwandstärke. Die Minimum-Material-Bedingung für das andere Geometrieelement fehlt. Daher kann keine Funktion angegeben werden.

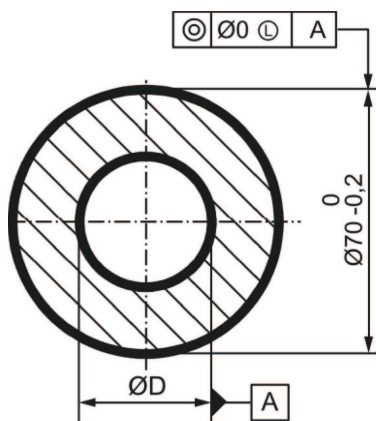
Die Auswertung beruht auf folgenden in diesem Dokument angegebenen Regeln und Definitionen.

- Der wirksame Minimum-Material-Zustand LMVC, der den Durchmesser LMVS = 35,2 mm hat, muss vollständig im Material enthalten sein (siehe Regel J, 3.10 und 3.11).
- Das extrahierte Geometrieelement muss überall einen örtlichen Durchmesser größer als MMS = 35,0 mm [siehe Regel I 2) und 3.5] und kleiner als LMS = 35,1 mm haben [siehe Regel H 2) und 3.7].
- Die Richtung des LMVC ist parallel zum Bezug, und der Ort des LMVC liegt an der theoretisch genauen Position 0 mm zum Bezug A (siehe Regel K und 3.11, Anmerkung 2).

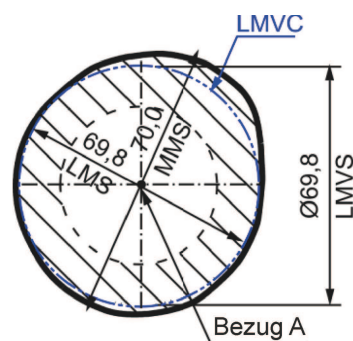
b) Beispiel 1 für die Minimum-Material-Bedingung LMR für ein inneres Größenmaßelement mit einem anderen konzentrischen äußeren Größenmaßelement als Bezug

Bild A.5 (wird fortgesetzt)

Zeichnungseintragung



Auswertung



Position und Koaxialität/Konzentrität können in diesem Fall mit der gleichen Bedeutung angewendet werden.

Dieses Bild veranschaulicht nur einige Regeln für die Minimum-Material-Bedingung. Die Zeichnungseintragung ist nicht vollständig und kontrolliert nicht die Mindestwandstärke. Die Minimum-Material-Bedingung für das andere Geometrieelement fehlt. Daher kann keine Funktion angegeben werden.

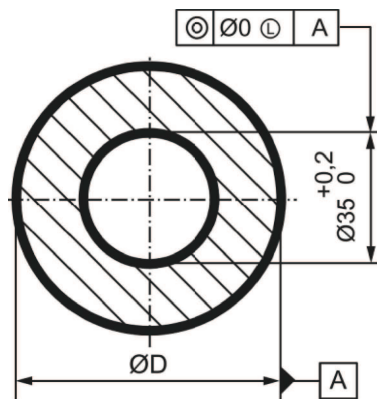
Die Auswertung beruht auf folgenden in diesem Dokument angegebenen Regeln und Definitionen.

- i. Der wirksame Minimum-Material-Zustand LMVC, der den Durchmesser LMVS = 69,8 mm hat, muss vollständig im Material enthalten sein (siehe Regel J, 3.10 und 3.11).
- ii. Das extrahierte Geometrieelement muss überall einen örtlichen Durchmesser kleiner als MMS = 70,0 mm [siehe Regel I 1) und 3.5] und größer als LMS = 69,8 mm haben [siehe Regel H 1) und 3.7]. Der Unterschied zwischen Bild A.5 c) und Bild A.5 a) ergibt sich aus der Spezifikation des örtlichen Durchmessers, in diesem Falle zu LMS.
- iii. Die Richtung des LMVC ist parallel zum Bezug, und der Ort des LMVC liegt an der theoretisch genauen Position 0 mm zum Bezug A (siehe Regel K und 3.11, Anmerkung 2).

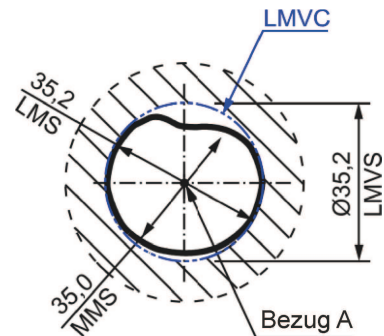
c) Beispiel 2 für die Minimum-Material-Bedingung LMR für ein äußeres Größenmaßelement mit einem anderen konzentrischen inneren Größenmaßelement als Bezug

Bild A.5 (wird fortgesetzt)

Zeichnungseintragung



Auswertung



Position und Koaxialität/Konzentrität können in diesem Fall mit der gleichen Bedeutung angewendet werden.

Dieses Bild veranschaulicht nur einige Regeln für die Minimum-Material-Bedingung. Die Zeichnungseintragung ist nicht vollständig und kontrolliert nicht die Mindestwandstärke. Die Minimum-Material-Bedingung für das andere Geometrieelement fehlt. Daher kann keine Funktion angegeben werden.

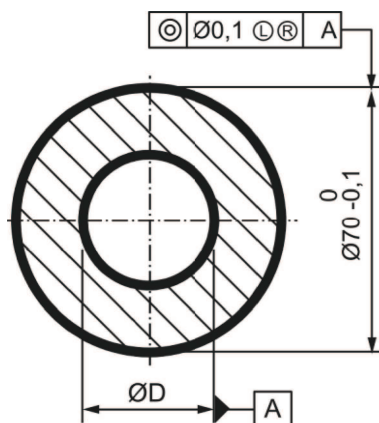
Die Auswertung beruht auf folgenden in diesem Dokument angegebenen Regeln und Definitionen.

- Der wirksame Minimum-Material-Zustand LMVC, der den Durchmesser $LMVS = 35,2 \text{ mm}$ hat, muss vollständig im Material enthalten sein (siehe Regel J, 3.10 und 3.11).
- Das extrahierte Geometrieelement muss überall einen örtlichen Durchmesser größer als $MMS = 35,0 \text{ mm}$ [siehe Regel I 2) und 3.5] und kleiner als $LMS = 35,2 \text{ mm}$ haben [siehe Regel H 2) und 3.7]. Der Unterschied zwischen Bild A.5 d) und Bild A.5 b) ergibt sich aus der Spezifikation des örtlichen Durchmessers, in diesem Falle zu LMS.
- Die Richtung des LMVC ist parallel zum Bezug, und der Ort des LMVC liegt an der theoretisch genauen Position 0 mm zum Bezug A (siehe Regel K und 3.11, Anmerkung 2).

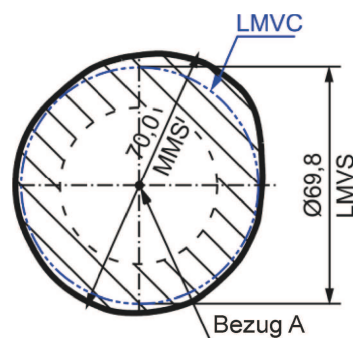
d) Beispiel 2 für die Minimum-Material-Bedingung LMR für ein inneres Größenmaßelement mit einem anderen konzentrischen äußeren Größenmaßelement als Bezug

Bild A.5 (wird fortgesetzt)

Zeichnungseintragung



Auswertung



Position und Koaxialität/Konzentrität können in diesem Fall mit der gleichen Bedeutung angewendet werden.

Dieses Bild veranschaulicht nur einige Regeln für die Minimum-Material-Bedingung. Die Zeichnungseintragung ist nicht vollständig und kontrolliert nicht die Mindestwandstärke. Die Minimum-Material-Bedingung für das andere Geometrieelement fehlt. Daher kann keine Funktion angegeben werden.

Die Auswertung beruht auf folgenden in diesem Dokument angegebenen Regeln und Definitionen.

- i. Der wirksame Minimum-Material-Zustand LMVC, der den Durchmesser LMVS = 69,8 mm hat, muss vollständig im Material enthalten sein (siehe Regel J, 3.10 und 3.11).
- ii. Das extrahiert Geometrieelement muss überall einen örtlichen Durchmesser kleiner als MMS = 70 mm [siehe Regel I 1) und 3.5] haben. Die Reziprozitätsbedingung RPR erlaubt, dass die untere Grenze für das Größenmaß LMS unterschreitet (der örtliche Durchmesser darf kleiner als 69,9 mm sein, bis zum wirksamen Minimum-Material-Größenmaß LMVS) siehe 5.3.
- iii. Die Richtung des LMVC ist parallel zum Bezug, und der Ort des LMVC liegt an der theoretisch genauen Position 0 mm zum Bezug A (siehe Regel K und 3.11, Anmerkung 2).

e) Beispiel für die Minimum-Material-Bedingung LMR und die Reziprozitätsbedingung RPR für ein äußeres Größenmaßelement mit einem anderen konzentrischen inneren Größenmaßelement als Bezug

Bild A.5 (wird fortgesetzt)