

DIN EN ISO 25178-700

ICS 17.040.20; 17.040.40

Einsprüche bis 2020-12-23

Entwurf

**Geometrische Produktspezifikation (GPS) –
Oberflächenbeschaffenheit –
Teil 700: Kalibrierung, Justierung und Verifizierung von flächenhaften
Topographiemessgeräten (ISO/DIS 25178-700:2020);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 25178-700:2020**

Geometrical product specifications (GPS) –

Surface texture: Areal –

Part 700: Calibration, adjustment and verification of areal topography measuring instruments (ISO/DIS 25178-700:2020);

German and English version prEN ISO 25178-700:2020

Spécification géométrique des produits (GPS) –

État de surface: Surfacique –

Partie 700: Étalonnage, réglage et vérification d'instruments de mesure de topographie de surface (ISO/DIS 25178-700:2020);

Version allemande et anglaise prEN ISO 25178-700:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-10-23 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 oder 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.

DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG)

Gesamtumfang 84 Seiten

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 25178-700:2020) 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 deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 152-03-03 AA „Oberflächen“ im DIN-Normenausschuss 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 Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 3274:1996	siehe	DIN EN ISO 3274:1998-04
ISO 4287:1997	siehe	DIN EN ISO 4287:210-07
ISO 5436-1	siehe	DIN EN ISO 5436-1
ISO 5436-2	siehe	DIN EN ISO 5436-2
ISO 8015	siehe	DIN EN ISO 8015
ISO 10360-7	siehe	DIN EN ISO 10360-7
ISO 10360-8	siehe	DIN EN ISO 10360-8
ISO 14253-1	siehe	DIN EN ISO 14253-1
ISO 14253-5	siehe	DIN EN ISO 14253-5
ISO 14406:2010	siehe	DIN EN ISO 14406:2011-04
ISO 14638	siehe	DIN EN ISO 14638
ISO 14978:2006	siehe	DIN EN ISO 14978:2006-11
ISO/IEC 17025	siehe	DIN EN ISO/IEC 17025
ISO 17450-1:2011	siehe	DIN EN ISO 17450-1:2012-04
ISO 25178-2:2012	siehe	DIN EN ISO 25178-2:2012-09
ISO 25178-3:2012	siehe	DIN EN ISO 25178-3:2012-11
ISO 25178-6:2010	siehe	DIN EN ISO 25178-6:2010-06
ISO 25178-70:2014	siehe	DIN EN ISO 25178-70:2014-06
ISO 25178-71	siehe	DIN EN ISO 25178-71
ISO 25178-72	siehe	DIN EN ISO 25178-72
ISO 25178-73:2020	siehe	DIN EN ISO 25178-73:2019-10
ISO 25178-600:2020	siehe	DIN EN ISO 25178-600:2019-12
ISO 25178-601:2010	siehe	DIN EN ISO 25178-601:2011-01
ISO 25178-603	siehe	DIN EN ISO 25178-603
ISO 25178-604:2013	siehe	DIN EN ISO 25178-604:2013-12

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

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 3274:1998-04, *Geometrische Produktspezifikationen (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren — Nenneigenschaften von Tastschnittgeräten (ISO 3274:1996); Deutsche Fassung EN ISO 3274:1997*

DIN EN ISO 4287:210-07, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren — Benennungen, Definitionen und Kenngrößen der Oberflächenbeschaffenheit (ISO 4287:1997 + Cor 1:1998 + Cor 2:2005 + Amd 1:2009); Deutsche Fassung EN ISO 4287:1998 + AC:2008 + A1:2009*

DIN EN ISO 5436-1, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren; Normale — Teil 1: Maßverkörperungen*

DIN EN ISO 5436-2, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren; Normale — Teil 2: Software-Normale*

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

DIN EN ISO 10360-7, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Annahme- und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) — Teil 7: KMG mit Bildverarbeitungssystemen*

DIN EN ISO 10360-8, *Geometrische Produktspezifikation und -prüfung (GPS) — Annahme- und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmesssysteme (KMS) — Teil 8: KMG mit optischen Abstandssensoren*

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 14253-5, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Prüfung von Werkstücken und Messgeräten durch Messen — Teil 5: Unsicherheit bei der Verifikationsprüfung von anzeigenden Messgeräten*

DIN EN ISO 14406:2011-04, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Erfassung (ISO 14406:2010); Deutsche Fassung EN ISO 14406:2010*

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

DIN EN ISO 14978:2006-11, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Allgemeine Grundsätze und Anforderungen für GPS-Messeinrichtungen (ISO 14978:2006); Deutsche Fassung EN ISO 14978:2006*

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 25178-2:2012-09, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Flächenhaft — Teil 2: Begriffe, Definitionen und Oberflächen-Kenngrößen (ISO/DIS 25178-2:2019); Deutsche Fassung EN ISO 25178-2:2012*

DIN EN ISO 25178-3:2012-11, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Flächenhaft — Teil 3: Spezifikationsoperatoren (ISO 25178-3:2012); Deutsche Fassung EN ISO 25178-3:2012*

DIN EN ISO 25178-6:2010-06, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Flächenhaft — Teil 6: Klassifizierung von Methoden zur Messung der Oberflächenbeschaffenheit (ISO 25178-6:2010); Deutsche Fassung EN ISO 25178-6:2010*

DIN EN ISO 25178-70:2014-06, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Flächenhaft — Teil 70: Maßverkörperungen (ISO 25178-70:2014); Deutsche Fassung EN ISO 25178-70:2014*

DIN EN ISO 25178-71, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Flächenhaft — Teil 71: Software-Normale*

DIN EN ISO 25178-72, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Flächenhaft — Teil 72: XML-Dateiformat x3p*

DIN EN ISO 25178-73:2019-10, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Flächenhaft — Teil 73: Begriffe für Oberflächenfehler an Maßverkörperungen (ISO 25178-73:2019); Deutsche Fassung EN ISO 25178-73:2019*

DIN EN ISO 25178-600:2019-12, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Flächenhaft — Teil 600: Messtechnische Merkmale für flächentopographische Messverfahren (ISO 25178-600:2019); Deutsche Fassung EN ISO 25178-600:2019*

DIN EN ISO 25178-601:2011-01, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Flächenhaft — Teil 601: Merkmale von berührend messenden Geräten (mit Taster) (ISO 25178-601:2010); Deutsche Fassung EN ISO 25178-601:2010*

DIN EN ISO 25178-603, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Flächenhaft — Teil 603: Merkmale von berührungslos messenden Geräten (phasenschiebende interferometrische Mikroskopie)*

DIN EN ISO 25178-604:2013-12, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Flächenhaft — Teil 604: Merkmale von berührungslos messenden Geräten (Weißlicht-Interferometrie) (ISO 25178-604:2013); Deutsche Fassung EN ISO 25178-604:2013*

DIN EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien*

<i>Titel de:</i>	Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit — Teil 700: Kalibrierung, Justierung und Verifizierung von flächenhaften Topographiemessgeräten (ISO/DIS 25178-700:2020)
<i>Titel en:</i>	Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 700: Calibration, adjustment and verification of areal topography measuring instruments (ISO/DIS 25178-700:2020)
<i>Titel fr:</i>	Spécification géométrique des produits (GPS) — État de surface: Surfamique — Partie 700: Étalonnage, réglage et vérification d'instruments de mesure de topographie de surface (ISO/DIS 25178-700:2020)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
Vorwort	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
3.1 Allgemeine messtechnische Begriffe.....	10
3.2 Messtechnische Begriffe.....	11
4 Symbole und Abkürzungen.....	11
5 Kalibrierung, Justierung und Verifizierung eines Messgeräts.....	12
5.1 Allgemeines.....	12
5.2 Anwendung der Verfahren zur Kalibrierung, Justierung und Verifizierung.....	13
5.3 Verfahren zur Messgerätekalibrierung.....	13
5.3.1 Kalibrierung mittels Messnormalen.....	13
5.3.2 Messverfahren für die Kalibrierung mittels Messnormalen.....	13
5.3.3 Kalibrierung mittels anderer Verfahren.....	13
5.4 Kalibrierbedingungen.....	14
5.5 Justierung und Verifizierung.....	14
5.5.1 Allgemeines.....	14
5.5.2 Justierung systematischer Abweichungen.....	14
5.5.3 Verifizierung (Kalibrierung nach Justierung).....	14
5.5.4 Validierung.....	15
6 Bestimmung der messtechnischen Merkmale eines Messgeräts.....	15
6.1 Allgemeines.....	15
6.2 Angabe der Messbedingungen.....	15
6.3 Handhabung nicht gemessener Punkte.....	15
6.4 Handhabung von Streupunkten und Ausreißern	16
6.5 Messtechnische Merkmale.....	16
6.5.1 Messrauschen und Messgeräterauschen.....	16
6.5.2 Ebenheitsabweichung.....	20
6.5.3 Verstärkungskoeffizient (α_z) der z-Achse.....	22
6.5.4 Bestimmung der z-Linearitätsabweichung l_z	27
6.5.5 Bestimmung des Verstärkungskoeffizienten α_x und α_y in x- und y-Richtung sowie der Abbildungsabweichung $\Delta_x(x,y)$ und $\Delta_y(x,y)$	29
6.5.6 Rechtwinkligkeit der z-Achse des Messgeräts bezogen auf die x-y-Flächenreferenz.....	33
6.6 Topographiebedingte Einflüsse auf die Messunsicherheit.....	33
6.6.1 Topographische räumliche Auflösung.....	33
6.6.2 Topographietreue.....	34
6.6.3 Graph der Übertragungsfunktion des Messgeräts (ITF, en: instrument transfer function) f_{ITF}	35
6.7 Steigungsabhängige Wirkungen.....	36
Anhang A (informativ) Zusammenhänge mit dem GPS-Matrix-Modell	37
A.1 Allgemeines.....	37
A.2 Information über dieses Dokument und dessen Anwendung.....	37

A.3	Position im GPS-Matrix-Modell	37
A.4	Verwandte Internationale Normen	38
	Literaturhinweise.....	39

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 25178-700:2020) 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.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 25178-700:2020 wurde von CEN als prEN ISO 25178-700:2020 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).

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.

ISO 25178-700 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 213, *Dimensional and geometrical product specifications and verification* erarbeitet.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 25178 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

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 zu finden.

Einleitung

Dieses Dokument ist eine Norm für die Geometrische Produktspezifikation (GPS) und als eine allgemeine GPS-Norm anzusehen (siehe ISO 14638). Es beeinflusst Kettenglied F der Normenketten über die Oberflächenbeschaffenheit von Profilen und Flächen.

Das in ISO 14638 angegebene ISO-GPS-Matrix-Modell gibt einen Überblick über das ISO-GPS-System, von dem dieses Dokument ein Bestandteil ist. Die fundamentalen ISO/GPS-Regeln nach ISO 8015 gelten für dieses Dokument und die Default-Entscheidungsregeln nach ISO 14253-1 gelten für Spezifikationen, die in Übereinstimmung mit diesem Dokument angefertigt wurden, sofern nicht anders angegeben.

Für weitere Informationen zu der Beziehung dieses Dokuments zu anderen Normen und zum GPS-Matrix-Modell siehe Anhang A.

Beim GPS-Konzept werden die Auslegungswerte der geometrischen Parameter von Werkstücken und deren Toleranzen mit den Messungen jener Parameter an den entsprechenden gefertigten Werkstücken und deren zugehörigen Messunsicherheiten verglichen. Daher ist für ein zuverlässiges Ergebnis die Kalibrierung des in diesem Prozess verwendeten Messgeräts notwendig. Die Kalibrierung bietet eine ununterbrochene Rückverfolgbarkeitskette der betreffenden Werte zu weltweit anerkannten allgemeinen Bezugseinheitswerten. Im Sinne dieser Norm bedeutet Kalibrierung strenggenommen die Bestimmung der Messabweichung vom Bezugswert. Gemeinsprachlich wird der Begriff Kalibrierung häufig für die Kombination der Vorgänge „Kalibrierung“ und „Justierung“ verwendet.

Diese Norm beschreibt die Kalibrierung, siehe ISO/IEC Guide 99:2007, 2.39, Justierung, siehe ISO/IEC Guide 99:2007, 3.11, und Verifizierung, siehe ISO/IEC Guide 99:2007, 2.44, für Topographiemessgeräte im Allgemeinen.

Die in ISO 25178-600 definierten messtechnischen Merkmale stehen in Zusammenhang mit Ergebnissen von Messungen, die mittels Topographiemessgeräten durchgeführt wurden. Daher ist es erforderlich, dass das Messgerät in kalibriertem Zustand vorliegt, was die Rückverfolgbarkeit der Messergebnisse sicherstellt. Die Kalibrierung ist die Grundlage möglicher Korrekturen durch die Justierung des Messgeräts sowie die Verifizierung nach der Justierung. Die Restabweichung nach der Verifizierung kann als Beitrag zur Messunsicherheit verwendet werden, wodurch die Quantifizierung der Merkmale auf rückführbare Weise ermöglicht wird.

Die messtechnischen Merkmale erfassen alle Faktoren, welche ein Messergebnis beeinflussen können (Einflussgrößen), und können in geeigneter Weise durch ein spezifisches Messmodell verbreitet werden, um die Messunsicherheit abzuschätzen. Darüber hinaus sind in ISO 25178, Teile 60X, Einflussgrößen für jeden Messgerätetyp definiert. Diese Einflussgrößen sind angegeben, um zu zeigen, wie sie die messtechnischen Merkmale beeinflussen, und bei ordnungsgemäßer Anwendung dieser Merkmale im Messmodell für die Abschätzung der Unsicherheit nicht erforderlich.

Dieses Dokument beschreibt Default-Verfahren für die Kalibrierung, Justierung und Verifizierung von Messgeräten bei Verwendung von Maßverkörperungen, die über ein nationales metrologisches Institut oder ein qualifiziertes Laboratorium zum „Meter“ rückführbar sind, siehe ISO/IEC Guide 99:2007, 2.41. Default-Verfahren werden empfohlen, wenn keine anderen Kalibrierverfahren eindeutig definiert wurden.

Alternative Kalibriertechniken mit eindeutigem Rückverfolgbarkeitspfad sind in Abhängigkeit von den Fähigkeiten der Messgeräte ebenso zulässig, siehe 5.1 und 5.3.3. Beispieltechniken umfassen jene, die auf einer unabhängigen Ausführung der Zähleinrichtung unter Verwendung einer natürlichen Emissionswellenlänge beruhen, deren Wert mit bekannter Unsicherheit bestimmt wurde.

Spezifische Einflüsse, verursacht beispielsweise durch Umgebungsbedingungen, werden nicht berücksichtigt. Allerdings müssen diese vom Anwender, der unter diesen Umgebungsbedingungen arbeitet, berücksichtigt werden.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 25178 legt allgemeine Verfahren für die Kalibrierung, Justierung und Verifizierung von flächenhaften Topographiemessgeräten nach ISO 25178-6 sowie für die Bestimmung ihrer messtechnischen Merkmale fest. Dieser Teil von ISO 25178 betrachtet gemeinsame messtechnische Merkmale von Topographiemessgeräten, insbesondere entsprechend der Beschreibung nach ISO 25178, Teile 601 bis 607. In ihrer Gesamtheit umfassen diese Normen sowohl mikroskopische Messgeräte als auch Punktsensor-Messgeräte mit Einrichtungen für die laterale Abtastung.

Dieses Dokument bietet ein Verfahren zur Abschätzung der Unsicherheit für einen weiten aber nicht erschöpfenden Bereich von Oberflächen. Der Bereich von Oberflächen wird vom verwendeten Messgerät abhängig sein, siehe 6.6.2 zur Beschreibung der Topographietreue.

Für messgerätespezifische Grundsätze können andere Teile innerhalb der Normenreihe ISO 25178-700 entwickelt werden.

Beispielsweise deckt dieses Dokument ausschließlich Messgeräte ohne zusätzliche bogenförmige Bewegung ab, die in einer künftigen Überarbeitung von ISO 25178-701 beschrieben sein können.

Dieses Dokument schließt keine Verfahren für flächenhaft integrierende Methoden ein, obwohl diese ebenfalls in ISO 25178-6 definiert sind. Lichtstreuung gehört beispielsweise zu einer Klasse von Techniken, die als flächenhaft integrierende Methoden zur Messung der Oberflächentopographie bekannt sind.

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 230-10, *Test code for machine tools — Part 10: Determination of the measuring performance of probing systems of numerically controlled machine tools*

ISO 3274:1996, *Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Nominal characteristics of contact (stylus) instruments*

ISO 4287:1997, *Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Terms, definitions and surface texture parameters*

ISO 5436-1, *Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method; Measurement standards — Part 1: Material measures*

ISO 5436-2, *Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Profile method; Measurement standards — Part 2: Software measurement standards*

ISO 8015, *Geometrical product specifications (GPS) — Fundamentals — Concepts, principles and rules*

ISO 10360-7, *Geometrical product specifications (GPS) — Acceptance and reverification tests for coordinate measuring machines (CMM) — Part 7: CMMs equipped with imaging probing systems*

ISO 10360-8, *Geometrical product specifications (GPS) — Acceptance and reverification tests for coordinate measuring systems (CMS) — Part 8: CMMs with optical distance sensors*

ISO 11952, *Surface chemical analysis — Scanning-probe microscopy — Determination of geometric quantities using SPM: Calibration of measuring systems*

ISO 14253-1, *Geometrical product specifications (GPS) — Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment — Part 1: Decision rules for verifying conformity or nonconformity with specifications*

ISO 14253-5, *Geometrical product specifications (GPS) — Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment — Part 5: Uncertainty in verification testing of indicating measuring instruments*

ISO 14406:2010, *Geometrical product specifications (GPS) — Extraction*

ISO 14638, *Geometrical product specifications (GPS) — Matrix model*

ISO 14978:2006, *Geometrical product specifications (GPS) — General concepts and requirements for GPS measuring equipment*

ISO 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

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

ISO 25178-2:2012, *Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 2: Terms, definitions and surface texture parameters*

ISO 25178-3:2012, *Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 3: Specification operators*

ISO 25178-6:2010, *Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 6: Classification of methods for measuring surface texture*

ISO 25178-70:2013, *Geometrical product specification (GPS) — Surface texture: Areal — Material measures*

ISO 25178-71, *Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 71: Software measurement standards*

ISO 25178-72, *Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 72: XML file format x3p*

ISO 25178-73:2020, *Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 73: Terms and definitions for surface defects on material measures*

ISO 25178-600:2020, *Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 600: Metrological characteristics for areal topography measuring methods*

ISO 25178-601:2010, *Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 601: Nominal characteristics of contact (stylus) instruments*

ISO 25178-603, *Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 603: Nominal characteristics of non-contact (phase-shifting interferometric microscopy) instruments*

ISO 25178-604:2013, *Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 604: Nominal characteristics of non-contact (coherence scanning interferometry) instruments*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 3274, ISO 4287, ISO 5436-2, ISO 10360-1, ISO 14406, ISO 14638, ISO 14978, ISO 17450-1, ISO 25178-2, ISO 25178-6, ISO 25178-70, ISO 25178-71, ISO 25178-72, ISO 25178-73 und ISO 25178-600, ISO 25178-601, ISO 25178-603, ISO 25178-604 und die

folgenden Begriffe bezogen auf die Kalibrierung, Verifizierung und Unsicherheitsberechnung aller flächenhaften Oberflächentopographie-Messprinzipien.

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 Allgemeine messtechnische Begriffe

3.1.1

Kalibrierung

Tätigkeit, die unter festgelegten Bedingungen in einem ersten Schritt eine Beziehung zwischen den durch Messnormale zur Verfügung gestellten Größenwerten mit ihren Messunsicherheiten und den entsprechenden Anzeigen mit ihren beigeordneten Messunsicherheiten herstellt und in einem zweiten Schritt diese Information verwendet, um eine Beziehung herzustellen, mit deren Hilfe ein Messergebnis aus einer Anzeige erhalten wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Ergebnis einer Kalibrierung kann in Form einer Angabe, einer Kalibrierfunktion, eines Kalibrierdiagramms, einer Kalibrierkurve oder einer Kalibriertabelle ausgedrückt werden. In einigen Fällen kann sie aus einer additiven oder multiplikativen Korrektur der Anzeige mit der beigeordneten Messunsicherheit bestehen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Kalibrierung ist nicht mit Justierung eines Messsystems zu verwechseln, die oft fälschlicherweise „Selbst-Kalibrierung“ genannt wird, und auch nicht mit Verifizierung der Kalibrierung.

Anmerkung 3 zum Begriff: Für die Gesamtkalibrierung eines Topographiemessgeräts sind einzelne Auswertungen der einzelnen messtechnischen Merkmale mit jeweils einem Ergebnis und einer beigeordneten Unsicherheit notwendig.

Anmerkung 4 zum Begriff: Kalibrierung erfolgt zur Feststellung der Rückführbarkeit einer Messung.

3.1.2

Justierung

Satz von Tätigkeiten, die an einer Messeinrichtung durchgeführt werden, damit sie festgelegte Anzeigen liefert, die gegebenen Werten einer zu messenden Größe entsprechen

Anmerkung 1 zum Begriff: Justierung eines Messsystems ist nicht mit Kalibrierung zu verwechseln, die eine Voraussetzung für Justierung ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Justierung ist prinzipienspezifisch und wird typischerweise von den Messgeräteherstellern durchgeführt, daher enthält ISO 25178-700 keine verbindlichen Regeln.

Anmerkung 3 zum Begriff: Nach einer Justierung eines Messsystems wird dieses gewöhnlich erneut kalibriert.

3.1.3

Verifizierung

<Topographiemessgeräte> Bereitstellung objektiver Nachweise, dass ein messtechnisches Merkmal festgelegte Spezifikationen erfüllt

Anmerkung 1 zum Begriff: Verifizierungsverfahren dienen dem Nachweis der Gültigkeit der Kalibrierung nach der Justierung.

Anmerkung 2 zum Begriff: In ISO 17450 (GPS-Grundlagen) wird die Verifizierung jedoch den Messergebnissen eines hergestellten Bauteils im Verhältnis zur jeweiligen Anforderung zugeordnet.

3.1.4

Leistungsanforderung

<Topographiemessgeräte> eindeutige Reihe von Anforderungen, die ein Topographiemessgerät erfüllen muss

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Hauptaugenmerk liegt hierbei auf einer Reihe von Merkmalen, welche das geforderte, vereinbarte oder beanspruchte Verhalten eines Topographiemessgeräts beschreiben. Jedes Merkmal ist einer Messgröße zugeordnet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Allerdings stehen Spezifikationen in anderen GPS-Dokumenten (z. B. ISO 17450-1, ISO 14638) in Zusammenhang mit Anforderungen an hergestellte Werkstücke.

3.1.5

Validierung

<Topographiemessgeräte> Bereitstellung eines objektiven Nachweises, dass Messgeräte mit festgelegten Anforderungen für einen vorgesehenen Verwendungszweck geeignet sind

BEISPIEL 1 Validierung kann sich auf einen modifizierten Messprozess zum Nachweis, dass ein Messgerätetyp statt eines anderen Messgerätetyps für eine bestimmte Art Topographiemessung verwendet werden kann, beziehen.

BEISPIEL 2 Prüfungen der Wiederholpräzision und Vergleichpräzision werden häufig als Elemente einer Validierungsprüfung angewendet.

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*, 2.45 [1].

3.2 Messtechnische Begriffe

3.2.1

Korrekturfaktor

Faktor, der zur Korrektur der Skalierung einer Messachse verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Korrekturfaktor ist das inverse Element des Verstärkungskoeffizienten (siehe ISO 25178-600:2020).

3.2.2

nicht gemessene Punkte

Daten, für die keine Messwerte vorliegen

3.2.3

Streudaten

Punkte, die als mit dem Messprinzip messbar qualifiziert wurden, aber signifikant von dem Wert abweichen, der aufgrund von A-priori-Kenntnissen der wahrscheinlichste Wert ist. Streudaten können einzelne Punkte oder eine kleine Gruppe von Punkten sein, die als mit dem Messgerät messbar qualifiziert wurden. Sie werden als Streudaten identifiziert anhand von A-priori-Kenntnissen über die zu erwartende Oberfläche mit ihrer Differenz zwischen zu erwartender und gemessener Oberfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Streudaten können beispielsweise Ausreißer oder Spitzen sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Streudaten können durch Umgebungsbedingungen verursacht werden, z. B. durch Schwingungen, Sonneneinstrahlung oder Wechselwirkung von Oberfläche und Messgerät.

4 Symbole und Abkürzungen

Die messtechnischen Merkmale sind in ISO 25178-600 definiert. Die messtechnischen Merkmale dürfen wechselseitige Abhängigkeiten aufweisen.

5 Kalibrierung, Justierung und Verifizierung eines Messgeräts

5.1 Allgemeines

In der Praxis bezieht sich die Kalibrierung des Messgeräts auf eine Reihe von Tätigkeiten, die zur Bestimmung des Beitrags der messtechnischen Merkmale zur Messunsicherheit in Zusammenhang mit den Gerätemessungen erforderlich sind. Tabelle 1 enthält die vollständige Liste messtechnischer Merkmale.

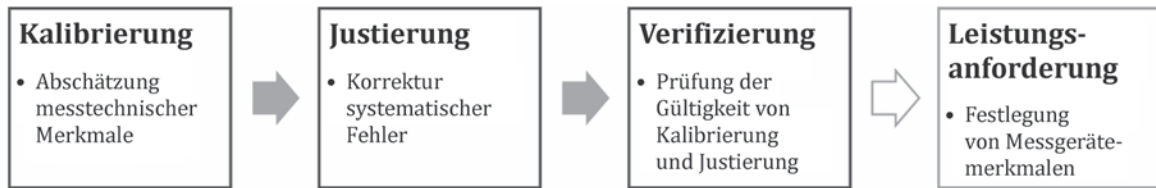
Tabelle 1 — Liste messtechnischer Merkmale für Oberflächentopographie-Messprinzipien

Messtechnische Merkmale ^a	Symbol	Verweisung in ISO 25178-600:2018	Wesentlicher potenzieller Fehler entlang
Verstärkungskoeffizient	$\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$	3.1.10 (siehe Bild 2)	x, y, z
Linearitätsabweichung	l_x, l_y, l_z	3.1.11 (siehe Bild 2)	x, y, z
Ebenheitsabweichung	Z_{FLT}	3.1.12	z
Messrauschen	N_M	3.1.15	z
Topographische räumliche Auflösung	W_R	3.1.20	z
x-y-Abbildungsabweichungen ^a	$\Delta_x(x,y), \Delta_y(x,y)$	3.1.13	x, y, z
Topographietreue	T_{Fi}	3.1.26	x, y, z
ANMERKUNG Die maximal messbare Profilsteigung ist eine wichtige festzulegende Begrenzung für Topographiemessgeräte. Ein Anwender braucht diesen Parameter jedoch nicht zu messen, sofern dieser nicht Teil eines Messmodells nach ISO/IEC Guide 98-3:2008, <i>Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement</i> (GUM:1995):2008, 4.1 [2], ist.			
^a In Abhängigkeit von der Messanwendung können auch andere Achsenbewegungsfehler (siehe ISO 230-10 sowie ISO 10360-7 und ISO 10360-8) wesentlich sein, sind jedoch hier für Topographiemessungen, die als mit dem Messgerät messbar klassifiziert wurden, nicht aufgeführt. Sie werden als Streudaten identifiziert anhand von A-priori-Kenntnissen über die zu erwartende Oberfläche mit ihrer Differenz zwischen zu erwartender und gemessener Oberfläche.			

Dieses Dokument definiert Default-Verfahren für die Kalibrierung. Es beschreibt zudem das Grundprinzip für Justierung, Verifizierung und Leistungsanforderung, siehe Bild 1. Weitere für die Kalibrierung angewendete Verfahren müssen den Anforderungen nach dem maßgebenden Teil von ISO 10360 entsprechen sowie aufgezeichnet und validiert werden.

ANMERKUNG 1 Die Bestimmung der messtechnischen Merkmale ist nicht vorgesehen um eine Bewertung der Fehler aufgrund von Kalibrierung und Berechnungsalgorithmen vorzunehmen. Diese Algorithmen können unter Verwendung von Software-Messnormalen verifiziert werden, siehe ISO 5436-2, ISO 25178-71 und ISO 25178-72.

ANMERKUNG 2 Leistungsanforderungen werden typischerweise von den Messgeräteherstellern bereitgestellt.



ANMERKUNG 1 Ist keine Justierung erforderlich, dient die ursprüngliche Kalibrierung als Verifizierung. In diesem Fall trägt das Ergebnis der Kalibrierung zur Berechnung der Messunsicherheit bei.

ANMERKUNG 2 Wird eine Justierung durchgeführt, kann die Verifizierung durch eine anschließende Kalibrierung nach der Justierung erfolgen. In diesem Fall trägt das neue Ergebnis zur Berechnung der Messunsicherheit bei.

Bild 1 — Flussdiagramm des Verfahrens zur Kalibrierung, Justierung und Verifizierung

5.2 Anwendung der Verfahren zur Kalibrierung, Justierung und Verifizierung

Hier sind Verfahren für Verstärkung, Linearitätsabweichung, Rauschen, Ebenheit und x-y-Abbildungsabweichungen definiert. Für jedes dieser messtechnischen Merkmale ist ein Verfahren zur Bestimmung seines Wertes definiert. In Abhängigkeit von den Merkmalen können diese Verfahren sowohl für die Kalibrierung als auch für die Verifizierung nach der Justierung angewendet werden.

Keine Default-Verfahren sind festgelegt für die Rechtwinkligkeit der z-Achse des Messgeräts hinsichtlich der x-y-Flächenreferenz, der topographischen räumlichen Auflösung und der Topographietreue.

ANMERKUNG 1 Topographiebedingte Einflüsse auf die Messunsicherheit, wie die Topographietreue, die Übertragungsfunktion des Messgeräts oder Steigungsabhängigkeiten, sind in Abschnitt 7 aufgeführt.

ANMERKUNG 2 Die Verfahren zur Bestimmung messtechnischer Merkmale sind in Abschnitt 6 beschrieben.

5.3 Verfahren zur Messgerätekalibrierung

5.3.1 Kalibrierung mittels Messnormalen

Die Verwendung von Messnormalen ist das Default-Verfahren. Während der Bestimmung der messtechnischen Merkmale der Messgeräte sind kalibrierte Messnormale nach ISO 25178-70:2014 zu verwenden. Die Abweichung von den in der Kalibrierbescheinigung angegebenen Werten muss aufgezeichnet werden, und die Unsicherheit der Kalibrierungswerte muss berücksichtigt werden. Die Messnormale müssen unter Berücksichtigung der Merkmale der zu messenden Oberfläche ausgewählt werden.

ANMERKUNG 1 Die Anforderungen sind in ISO 25178-70:2014, Abschnitt 5, für die Maßverkörperungen und in ISO 25178-701:2010, 5.2.1.2, für berührend messende Geräte (mit Taster) beschrieben.

ANMERKUNG 2 Optische Plangläser müssen für die Verwendung nach 6.5.1 nicht kalibriert werden.

5.3.2 Messverfahren für die Kalibrierung mittels Messnormalen

In der Kalibrierbescheinigung des Messnormalen festgelegte Messverfahren sollten befolgt werden, während dieses für die Bestimmung messtechnischer Merkmale eingesetzt wird.

5.3.3 Kalibrierung mittels anderer Verfahren

Nach ISO/IEC 17025 dürfen auch andere Verfahren für die Kalibrierung angewendet werden. Diese Verfahren sollten angegeben und validiert werden.

5.4 Kalibrierbedingungen

Die Bestimmung messtechnischer Merkmale muss für jedes einzelne Messgerät und jede Messgeräteanordnung (Konfiguration), das/die in der Praxis verwendet wird, durchgeführt werden. Stationäre Umgebungsbedingungen müssen mit typischen Arbeitsbedingungen vergleichbar sein. Die Auswertungs-Software muss mit der in der Praxis eingesetzten identisch sein.

Die Kalibrierung zur Bestimmung der Messgerätespezifikation sollte unter den günstigsten verfügbaren Umgebungsbedingungen erfolgen.

ANMERKUNG 1 Die Messgeräteanordnung (Konfiguration) ist im Allgemeinen anwendungsspezifisch.

ANMERKUNG 2 Dynamische Umgebungsbedingungen wie Schwingungen können einen signifikanteren Einfluss auf die Unsicherheitsberechnung haben.

BEISPIEL Beispiele unterschiedlicher Anordnungen (Konfigurationen):

- Verwendung von Objektiven mit unterschiedlichen Vergrößerungen
- Verwendung unterschiedlicher Tastspitzenradien
- Verwendung unterschiedlicher Abtastrichtungen
- Verwendung unterschiedlicher Abtastgeschwindigkeiten
- Unterschiedliche (stationäre) Umgebungsbedingungen, wie z. B. Temperatur

5.5 Justierung und Verifizierung

5.5.1 Allgemeines

Nach der Kalibrierung ermöglicht die Justierung die Korrekturen systematischer und reproduzierbarer Fehler.

ANMERKUNG Bei Messgeräten ist typischerweise das Messvolumen, innerhalb dessen es kalibriert und justiert werden darf, im Datenblatt des Herstellers angegeben.

5.5.2 Justierung systematischer Abweichungen

Vor der Justierung sollte die Kalibrierung nach 5.3 und 5.4 erfolgen. Diese Bedingungen müssen angegeben werden. Die Kalibrierung kann abschnittsweise oder über das gesamte Messvolumen erfolgen. Das Arbeitsvolumen der für die Messgerätejustierung verwendeten Messung muss angegeben werden.

ANMERKUNG Einige der Justierungen, wie die Justierung eines Verstärkungskoeffizienten, könnten vorhergehende Kalibrierungen ersetzen.

5.5.3 Verifizierung (Kalibrierung nach Justierung)

Nach der Justierung ist eine Verifizierung (Kalibrierung nach Justierung) durchzuführen. Das Ergebnis kann zur Messunsicherheit beitragen. Stationäre Umgebungsbedingungen sollten möglichst genau den Bedingungen entsprechen, bei denen das Messgerät anschließend verwendet wird.

Die Verifizierung sollte unter den günstigsten Umgebungsbedingungen erfolgen. Die Verifizierungsbedingungen müssen angegeben werden.

ANMERKUNG Ist keine Justierung erforderlich, dient die ursprüngliche Kalibrierung als Verifizierung. In diesem Fall trägt das Ergebnis der Kalibrierung zur Berechnung der Messunsicherheit bei.

5.5.4 Validierung

Eine Validierung zur Anwendung bei ungewöhnlichen Messverfahren ist durchzuführen (siehe 5.3.3). Zusätzlich kann eine Validierung von Zahlen in einem Datenblatt erfolgen.

6 Bestimmung der messtechnischen Merkmale eines Messgeräts

6.1 Allgemeines

Die messtechnischen Merkmale eines Messgeräts mit möglichem Einfluss auf Messergebnis und Unsicherheit sind wie folgt zu bestimmen

- innerhalb des für die vorgesehene Anwendung definierten Messvolumens;
- an unterschiedlichen Positionen innerhalb des Messvolumens, sofern anwendbar;
- entsprechend einem vereinbarten oder anerkannten Messplan;
- für verschiedene Abtastgeschwindigkeiten oder -richtungen, sofern anwendbar.

ANMERKUNG 1 Die Variabilität des Messnormalen über den kalibrierten Bereich ist bei der Planung der Anzahl und Anordnung wiederholter Messungen zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 2 Allgemeine Messpläne sind in den folgenden Abschnitten angegeben und detaillierte Messpläne können vom Messprinzip entsprechend der Beschreibung in den prinzipspezifischen Normen abhängig sein.

ANMERKUNG 3 Die Umgebung kann die Kalibrierung beispielsweise durch Temperatur, Temperaturänderungen, akustischer Lärm und Schwingungen beeinflussen.

ANMERKUNG 4 Bei Abtastmessgeräten mit einer Positioniereinrichtung in z-Richtung könnte beispielsweise eine langmaßstäbliche Linearitätsabweichung aber auch eine kurzmaßstäbliche Linearitätsabweichung erhalten werden.

6.2 Angabe der Messbedingungen

Die Messbedingungen und maßgebenden Messgeräteeinstellungen sind anzugeben, einschließlich Umgebungsbedingungen und der spezifischen Maßverkörperungen mit Seriennummer und Datum der Kalibrierung, sofern maßgebend.

Schwingungen und Beleuchtungsbedingungen beispielsweise können im Allgemeinen maßgebende Einflüsse haben und müssen qualitativ angegeben werden.

ANMERKUNG 1 Beispiele für die qualitative Angabe im Bericht können sein: Keine Schwingungen oder starke Schwingungen, keine externe Beleuchtung, siehe auch 6.5.1.2.1.

ANMERKUNG 2 Zusätzliche Beispiele für Messgeräteeinstellungen und Umgebungsbedingungen können Temperatur, Luftfeuchte, Abtastschritt, Abtastgeschwindigkeit für Abtastmessgeräte sein (zu Definitionen siehe ISO 25178-604, 2.5.12 und 2.5.13).

6.3 Handhabung nicht gemessener Punkte

Interpolation und Füllen nicht gemessener Punkte innerhalb der maßgebenden Bereiche sollten bei der Bestimmung der messtechnischen Merkmale vermieden werden. Falls jedoch Interpolation und Füllen angewendet werden, muss das angegeben werden. Messungen, bei denen eine wesentliche Anzahl der Punkte nicht gemessen werden oder Streupunkte sind, sollten verworfen werden.

6.4 Handhabung von Streupunkten und Ausreißern

In Abhängigkeit der Vorkenntnisse und späteren Anwendungen sollten Streupunkte und Ausreißer innerhalb des interessierenden Bereichs aus den gemessenen Punkten entfernt und auf dieselbe Weise wie nicht gemessene Punkte gehandhabt werden. Falls Streupunkte oder Ausreißer entfernt werden, muss das angegeben werden.

Bei nicht gemessenen Punkten wird keine Interpolation impliziert. Durch Interpolation oder andere mathematische Algorithmen wird der Status eines nicht gemessenen Punktes nicht zum Status eines gemessenen Punktes geändert. Falls Interpolation angewendet wird, muss das angegeben werden.

6.5 Messtechnische Merkmale

6.5.1 Messrauschen und Messgeräterauschen

6.5.1.1 Allgemeines

Das Messrauschen muss abgeschätzt werden, wenn es typische Messergebnisse für die gegebenen Anwendungen beeinflusst.

Die Abschätzung des Messgeräterauschens muss unter den günstigsten Bedingungen für die Beschreibung der Messgeräteleistung durchgeführt werden, siehe ISO 25178-600:2018.

ANMERKUNG Messgeräterauschen bezieht sich auf das interne Rauschen, addiert zum Ausgangssignal, das durch das Messgerät verursacht wird, wenn dieses idealerweise in eine rauschfreie Umgebung gebracht wird, während sich das Messrauschen allgemeiner auf während des üblichen Einsatzes des Messgeräts zum Ausgangssignal addiertes Rauschen bezieht. Daher erfolgt die Annäherung des Messgeräterauschens anhand des kleinsten erreichbaren Messrauschens unter den idealsten Bedingungen. Diese Begriffe sind in ISO 25178-600:2018, Abschnitt 3.1, festgelegt.

6.5.1.2 Bestimmung von Messrauschen und Messgeräterauschen

6.5.1.2.1 Verwendung von Filtern oder Operatoren

In Anwendungen, in denen Filter oder Operatoren eingesetzt werden, sollte die Bestimmung des Messrauschens nach 6.5.1.2.3 unter denselben Filterbedingungen erfolgen, die für die Messungen verwendet werden. Die verwendeten Filter müssen mit den angewendeten Verfeinerungsindizes und Operatoren angegeben werden, siehe 6.5.1.2.3.1.

Eine quantitative Angabe des Messrauschens muss sämtliche Filter einschließen, welche die Ortsfrequenzen beeinflussen können, über die das Rauschen bestimmt wird.

Sind für eine Messung niedrige Rauschwerte erforderlich, können zusätzliche Rauschminderungsfilter oder Mittelung über bestimmte Zeiten angewendet werden, was anzugeben ist, siehe 6.5.1.2.3.4.

Eine Spezifikation des Messgeräterauschens muss die jeweilige Datenerfassungszeit, die Anzahl der unabhängigen Datenpunkte und das Default-Filterverfahren für die Oberflächentopographie einschließen, siehe Literaturhinweis [3].

ANMERKUNG Das S-Filter als Tiefpassfilter verringert das Rauschen, kann jedoch die topographische räumliche Auflösung beeinflussen, falls diese Auflösung durch die laterale Abtastung begrenzt ist. Bei der Abschätzung des Rauschens für die größte laterale Auflösung kann es zu bevorzugen sein, Messungen ohne Anwendung eines S-Filters durchzuführen.

BEISPIEL In einem Spezifikationsblatt kann eine quantitative Angabe des Messgeräterauschens Folgendem entsprechen: gesamte Messfläche, 1 s Datenerfassung (bei 10 Mittelwerten je Sekunde) und ein 3×3-Pixel-Medianwertfilter.

6.5.1.2.2 Maßverkörperung für die Abschätzung des Messgeräterauschens

In Abhängigkeit vom angewendeten Messprinzip sollte als Default-Verfahren für die Bestimmung des Messgeräterauschens eine Maßverkörperung mit glatter und ebener Oberfläche verwendet werden, deren Oberflächeneigenschaften ein optimales Signal/Rausch-Verhältnis ergeben.

ANMERKUNG 1 Andere Arten von Oberflächen sind ebenfalls anwendbar, sofern festgelegt. Beispielsweise kann ein Mindestmaß an Rauheit für Messprinzipien wie Fokusvariation erforderlich sein.

ANMERKUNG 2 Maßverkörperungen mit Antireflexionsbeschichtung für optische Messungen oder Stick-slip für mechanische Messungen bieten möglicherweise kein optimales Signal/Rausch-Verhältnis.

BEISPIEL Maßverkörperungen vom Typ AFL nach ISO 25178-70.

6.5.1.2.3 Verfahren für die Bestimmung des Messrauschens

6.5.1.2.3.1 Allgemeines

Das Subtraktionsverfahren, 6.5.1.2.3.3, ist das Default-Verfahren für die Bestimmung des Messrauschens von Geräten für flächenhafte Messungen.

Eine quantitative Angabe des Messrauschens muss sämtliche räumlichen oder zeitlichen Filter einschließen, welche die Ortsfrequenzen beeinflussen können, über die das Rauschen bestimmt wird, siehe Literaturhinweis [3].

Bei der Bewertung des Messrauschens als Annäherung an das Messgeräterauschen sollte die Maßverkörperung nach 6.5.1.2.2 ausgerichtet werden, um einen kleinstmöglichen Messbereich zu erhalten und so den Einfluss von Schwingungen auf das Ergebnis zu minimieren.

ANMERKUNG 1 Einige Messgeräte verwenden interne Filter, die nicht durch den Anwender abgeschaltet werden können, aber mindestens eine quantitative Angabe der Merkmale dieser Filter ist erforderlich.

ANMERKUNG 2 Glättungsfilter können die laterale Auflösung des Messgeräts beeinflussen.

6.5.1.2.3.2 Bewertete Parameter

Der bewertete Parameter ist N_M nach 6.5.1.2.3.3.

6.5.1.2.3.3 Abschätzung des Messrauschens mittels Subtraktionsverfahren

Das Default-Verfahren für die Bestimmung des Messrauschens ist die Messung einer ebenen Maßverkörperung, die zweimal an derselben Stelle mit der kleinstmöglichen Zeitdifferenz zwischen den beiden aufeinanderfolgenden Messungen durchzuführen ist. Die zur Erfassung der Signaldaten für jede einzelne Messung erforderliche Zeit (definiert als die „Datenerfassungszeit“) muss angegeben werden ebenso wie jegliche Filterung, welche den Rauschwert verändert. Die zwei gemessenen Topographien werden voneinander subtrahiert. Idealerweise wird dadurch das Ergebnis unabhängig von der exakten Topographie der Maßverkörperung, sodass weder Filterung noch jegliche weitere Form-Einfluss-Beseitigung der Maßverkörperung erforderlich ist. Die vertikale Drift sowie jegliche Drift in der Oberflächenneigung kann durch Entfernen einer Ebene der kleinsten Quadrate von den Messungen oder der Messdifferenz beseitigt werden. Die Division des mittleren Quadratwertes der verbleibenden Differenzen durch $\sqrt{2}$ ergibt das Messrauschen N_M .

Das Messrauschen wird in der Praxis durch Berechnung der mittleren quadratischen Höhe S_q (bzw. R_q bei Profilmessungen) der Differenz zwischen zwei Abbildungen bestimmt, und das Rauschen wird anschließend mittels Division dieses S_q -Wertes durch $\sqrt{2}$ erhalten. S_q wird auf der S-L-Oberfläche bewertet. Die

Verfeinerungsindizes sollten möglichst genau den anschließend für Messungen verwendeten Verfeinerungsindizes entsprechen.

Bei Abtastpunktsensoren muss das Messgeräterauschen dementsprechend je nach Anwendung mittels Profilmessungen oder flächenhafter Abtastmessungen bestimmt werden.

ANMERKUNG 1 Eine mathematische Beschreibung des Subtraktionsverfahrens zur Abschätzung des Messrauschens:

$$N_M \approx \frac{1}{\sqrt{2}} S_q = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1}{A} \iint_A (z_1(x, y) - z_2(x, y))^2 dy dx} \quad (1)$$

Wobei A die gemessene Fläche und S_q den mittleren Quadratwert der Differenzen bezeichnet.

ANMERKUNG 2 Mathematische Beschreibung des Verfahrens für diskret erfasste Daten:

$$N_M = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1}{N_x N_y} \sum_{j=1}^{N_x} \sum_{k=1}^{N_y} (z_1(x_j, y_k) - z_2(x_j, y_k))^2} \quad (2)$$

ANMERKUNG 3 Die Division durch $\sqrt{2}$ berücksichtigt die Tatsache, dass jede der zwei Messungen zum Rauschen beiträgt.

ANMERKUNG 4 Obwohl sich die Beschreibung des Messgeräterauschens nach ISO 25178-701 (darin als dynamisches Rauschen beschrieben) auf berührend messende Geräte (mit Taster) bezieht, wird das Konzept nun in ISO 25178-700 als Messrauschen für alle Abtastpunktsensoren verallgemeinert.

ANMERKUNG 5 Bei Messgeräten, die Daten mittels Abtastung über einen Bereich von Oberflächenhöhen erfassen, z. B. CSI und konfokale Mikroskope, kann die Datenerfassungszeit als eine Höhenabtastgeschwindigkeit, z. B. 10 Mikrometer je Sekunde, ausgedrückt werden.

ANMERKUNG 6 Die Begriffe „vertikale Auflösung“, „Oberflächenhöhenauflösung“ u. Ä. sind mitunter in der technischen Literatur und Messgerätebroschüren zu finden. Die „vertikale Auflösung“ bezieht sich qualitativ auf die kleinste sinnvoll messbare Veränderung der Oberflächenhöhe in einer Topographie. Es handelt sich nicht um eine definierte numerische Spezifikation. Es wird empfohlen, keinen numerischen Wert einer Messgröße anzugeben, siehe Literaturhinweis [4].

6.5.1.2.3.4 Abschätzung des Messrauschens $N_{MA}(n)$ durch das Mittelungsverfahren

Um eine stabile Rauschabschätzung zu ermitteln und eine Bewertung der Stabilität des Rauschens zu ermöglichen, wird das Objekt mehrfach ($n, n \geq 3$) an derselben Stelle mit der kleinstmöglichen Zeitdifferenz zwischen den wiederholten Messungen gemessen. Die zur Erfassung der Signaldaten für jede einzelne Messung erforderliche Zeit (definiert als die „Datenerfassungszeit“) muss angegeben werden ebenso wie jegliche Filterung, welche den Rauschwert verändert. Die gemessenen Topographien werden gemittelt und dieser Mittelwert wird von jeder Messung subtrahiert. Idealerweise wird dadurch das Ergebnis unabhängig von der exakten Topographie der Maßverkörperung, sodass weder Filterung noch jegliche weitere Form-Einfluss-Beseitigung der Maßverkörperung erforderlich ist. Die vertikale Drift sowie jegliche Drift in der Oberflächenneigung kann durch Entfernen einer Ebene der kleinsten Quadrate von den einzelnen Messungen beseitigt werden. Der mittlere Quadratwert der Differenzen mit dem Mittelwert, korrigiert um die Freiheitsgrade, ist das Messrauschen N_M .

ANMERKUNG 1 Mathematische Beschreibung des Verfahrens für diskret erfasste Daten:

$$N_{MA}(n) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{N_x N_y} \sum_{j=1}^{N_x} \sum_{k=1}^{N_y} (z_i(x_j, y_k) - z_m(x_j, y_k))^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n S_q^2 (z_i(x, y) - z_m(x, y))^2}{n-1}} \quad (3)$$

Dabei ist z_m der Mittelwert der z -Koordinaten der n Messungen.

ANMERKUNG 2 Bei $n = 2$ liefert Gleichung (3) das gleiche Ergebnis wie Gleichung (2), wobei beachtet wird, dass in diesem Fall gilt $z_m(x, y) = 1/2 (z_1(x, y) + z_2(x, y))$.

ANMERKUNG 3 Lässt das Messgerät den Zugang zu einzelnen Datenpunkten und/oder die Subtraktion von Topographien nicht zu, aber die Mittelung von Topographien, kann auch die folgende Gleichung verwendet werden:

$$N_M = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n Sq^2(z_i(x, y)) - n \cdot Sq^2(z_m(x, y))}{n - 1}} \quad (4)$$

Es gelten ANMERKUNG 4 und ANMERKUNG 5 nach 6.5.1.2.3.3.

6.5.1.2.4 Stabilisierung der Rauschabschätzung

Für die Aufzeichnung der Stabilität der Rauschabschätzung sollte die Messung mindestens dreimal ($n \geq 3$) wiederholt werden; das Messrauschen in Abhängigkeit von der Anzahl der Messungen i wird bestimmt durch

$$N_{Mi} = \frac{Sq(z_i(x, y) - z_m(x, y))}{\sqrt{1 - n^{-1}}} \quad (5)$$

Dabei ist N_{Mi} die i -te Messung des Messrauschens und z_m der gewichtete Mittelwert.

Wird das Rauschen anhand von Messpaaren wie nach Gleichung (2) bestimmt, sollte diese Rauschmessung mit einer Anzahl $p \geq 2$ wiederholt werden, und das Messrauschen kann abgeschätzt werden durch

$$\overline{N_M} = \sqrt{\frac{1}{p} \sum_{i=1}^p N_{M,i}^2} \quad (6)$$

Dabei ist

$\overline{N_M}$ das stabilisierte Messrauschen;

$N_{M,i}$ die i -te Messung des Messrauschens, jeweils durchgeführt nach 6.5.1.2.3.

ANMERKUNG 1 Durch die wiederholten Messungen werden die Rauschwerte lediglich stabilisiert, ohne sie zu verringern.

ANMERKUNG 2 Die Stabilität des Rauschens ist durch die Bestimmung der Standardabweichung der Rauschwerte N_{Mi} gegeben.

ANMERKUNG 3 Die Aufzeichnung der Stabilität des Rauschens kann möglicherweise nichtperiodische Umgebungseinflüsse oder zeitabhängige Einflüsse aufzeigen.

ANMERKUNG 4 Werden alle möglichen paarweisen Kombinationen von n Messungen (n ist eine gerade Zahl) durchgeführt, ergibt Gleichung (6) das gleiche Ergebnis wie Gleichung (3), und wird das Rauschen anhand von Messpaaren wie nach Gleichung (2) bestimmt, sollte diese Rauschmessung mit einer Anzahl $p \geq 2$ wiederholt werden, und das Messrauschen kann abgeschätzt werden durch

$$\overline{N_M} = \sqrt{\frac{1}{p} \sum_{i=1}^p N_{M,i}^2} \quad (6)$$

Dabei ist

$\overline{N_M}$ das stabilisierte Messrauschen;

$N_{M,i}$ die i -te Messung des Messrauschens, jeweils durchgeführt nach 6.5.1.2.3.

ANMERKUNG 5 Werden alle möglichen paarweisen Kombinationen von n Messungen (n ist eine gerade Zahl) durchgeführt, ergibt Gleichung (6) das gleiche Ergebnis wie Gleichung (3) und Gleichung (4).

ANMERKUNG 6 Lässt das Messgerät den Zugang zu einzelnen Datenpunkten und/oder die Subtraktion von Topographien nicht zu, aber die Mittelung von Topographien, und gilt $Sq(z_i(xy)) > Sq(z_m(xy))$ für jeweils $i = 1 \dots n$, kann auch die folgende Gleichung verwendet werden:

$$N_{Mi} = \sqrt{\frac{Sq^2(z_i(x, y)) - Sq^2(z_m(x, y))}{1 - n^{-1}}} \quad (7)$$

ANMERKUNG 7 Gleichung (7) ist auch eine Annäherung und kann im Vergleich zu Gleichung (5) geringfügig abweichende Absolutwerte ergeben, aber die Stabilität wird ebenfalls überwacht.

6.5.2 Ebenheitsabweichung

6.5.2.1 Bestimmung der Ebenheitsabweichung

6.5.2.1.1 Allgemeines

Die Ebenheitsabweichung ist in ISO 25178-600 definiert.

6.5.2.1.2 Maßverkörperung für die Bestimmung der Ebenheitsabweichung

Ein ebenes Messnormal, vorzugsweise optisch glatt, muss für die Bestimmung der Ebenheitsabweichung verwendet werden.

ANMERKUNG Das Messnormal muss nicht optisch glatt sein, wenn das Prinzip eine gewisse Rauheit erfordert, um Ergebnisse zu liefern.

BEISPIEL Typ AFL nach ISO 25178-70.

6.5.2.1.3 Verfahren zur Bestimmung der Ebenheitsabweichung

Vor der Messwerterfassung muss das Messnormal mechanisch in Bezug auf das Koordinatensystem des Messgeräts ausgerichtet werden. Nach der Erfassung muss die gemessene Topographie vor der Bewertung von z_{FLT} auch mathematisch angeglichen werden. Der bewertete Parameter für die Ebenheitsabweichung z_{FLT} ist S_z , bestimmt nach 6.5.2.1.4.

6.5.2.1.4 Verbesserung der Abschätzung der Ebenheitsabweichung

Für die Verbesserung der Abschätzung der Ebenheitsabweichung sollte das Messnormal an mehreren unabhängigen unterschiedlichen lateralen Stellen gemessen werden. Ein mittleres Topographieabbild wird durch Mittelung jedes Punktes (z. B. Pixel in Abbildungssystemen) im Abbild erreicht. Das Default-Mittelungsverfahren ist die Berechnung des Mittelwertes. Der S_z -Parameter der resultierenden gemittelten Topographie ist die verbesserte Ebenheitsabweichung z_{FLT} . Die Anzahl der für die Verbesserung verwendeten Messungen muss angegeben werden.

ANMERKUNG 1 Bei Verwendung des beschriebenen Verfahrens ist S_z die Summe aus dem Höchstwert der Vertiefungshöhe und dem Höchstwert der Spitzenhöhe der beschriebenen Oberfläche.

ANMERKUNG 2 Die Verschiebung wird zur Verringerung des Einflusses kleiner Abweichungen der Maßverkörperungen von der Idealform verwendet. Die Mittelung beispielsweise verringert den Einfluss möglicher Ebenheitsabweichungen der Maßverkörperung und auch den Einfluss von Messrauschen.

ANMERKUNG 3 Ein angemessener Wert für die laterale Verschiebung kann anhand der Auswertung der Autokorrelationslänge in der Topographie des Messnormal abgeleitet werden. Die Autokorrelationslängenfunktion *Sal* liefert einen Mindestwert für die Verschiebung des Messnormal.

ANMERKUNG 4 In der Praxis kann die laterale Verschiebung beispielsweise 1/10 des Sichtfeldes betragen.

ANMERKUNG 5 Systeme mit begrenzten Positionierungsfähigkeiten können eine Verschiebung nur in einer Richtung einsetzen.

ANMERKUNG 6 Bei Messprinzipien mit x-y-Abtastpunkten beträgt ein typischer Verschiebungswert mehr als 100 Abtastpunkte.

ANMERKUNG 7 Dieses Verfahren beispielsweise verringert nicht die Einflüsse von Zylindrizität/Rundheit und Drehmoment.

ANMERKUNG 8 Die Randomisierung kann auch durch Drehen des Messnormal verbessert werden.

6.5.2.1.5 Verwendung von Filtern und Operatoren

In Anwendungen, in denen Filter oder Operatoren eingesetzt werden, kann die Bestimmung der Ebenheit nach 6.5.2.1.3 und 6.5.2.1.4 unter denselben Filterbedingungen erfolgen, die für die Messungen verwendet wurden. Das verwendete Filter und sein Nesting-Index sowie die verwendeten Operatoren müssen angegeben werden.

BEISPIEL Der Nesting-Index des S-Filters kann nach ISO 25178-3:2012, Tabelle 3, für eine bestimmte Anwendung ausgewählt werden, sofern nicht anderweitig in Abschnitten zur Kalibrierung der jeweiligen Messprinzipien festgelegt, siehe Normenreihe ISO 25178-700.

6.5.2.2 Kalibrierung der Ebenheitsabweichung

Das in 6.5.2.1.3 und 6.5.2.1.4 beschriebene Verfahren ist das Default-Verfahren für die Kalibrierung der Ebenheitsabweichung. Der bewertete Parameter z_{FLT} muss angegeben werden. Die Kalibrierung muss unter Berücksichtigung von 5.3 und 5.4 erfolgen. Die Fläche (Länge und Breite), über welche die Ebenheitsabweichung kalibriert wird, muss angegeben werden. Bei Messung im größeren Maßstab muss der Nesting-Index aller verwendeten S-Filter angegeben werden.

6.5.2.3 Justierung der Ebenheitsabweichung

Die nach 6.5.2.1.3 gemessene Topographie der Ebenheitsabweichung oder die nach 6.5.2.1.4 berechnete gemittelte Topographie kann für die Justierung verwendet werden. Für die Justierung muss diese Topographie von nachfolgenden Messungen subtrahiert werden.

ANMERKUNG Die Justierung ist nur gültig für die während der Kalibrierung verwendeten Messbedingungen.

6.5.2.4 Verifizierung der Ebenheitsabweichung

Nach der Justierung darf die Ebenheitsabweichung entsprechend den Verfahren nach 6.5.2.1.3 oder 6.5.2.1.4 verifiziert werden. Der Wert für z_{FLT} muss angegeben werden.

ANMERKUNG Ist keine Justierung erforderlich, dient die ursprüngliche Kalibrierung als Verifizierung. In diesem Fall trägt das Ergebnis der Kalibrierung zur Berechnung der Messunsicherheit bei.

6.5.2.5 Ebenheitsabweichung in Leistungsvergleichen

Die unter den günstigsten Bedingungen bestimmte Ebenheitsabweichung sollte angegeben werden für Messgerätebeschreibung oder Leistungsvergleich, siehe ISO 25178-600:2020, 3.1.15.

ANMERKUNG Die Ebenheitsabweichung wird typischerweise nach der Justierung festgelegt.

6.5.2.6 Großmaßstäbliche Ebenheitsabweichung

In einigen Fällen wird nur die großmaßstäbliche Ebenheitsabweichung für ebene Oberflächen betrachtet, wenn kleinere Strukturen nicht von Interesse sind. Dies erfolgt gewöhnlich durch Verwendung eines S-Filters mit großem Nesting-Index. Andere Verfahren zur Bestimmung der großmaßstäblichen Ebenheitsabweichung müssen angegeben und validiert werden.

ANMERKUNG 1 Typischerweise wird das Gauß-S-Filter mit einer Wellenlänge angewendet, die 1/10 der Diagonalen des Sichtfeldes entspricht.

ANMERKUNG 2 Alternativ kann eine Polynomanpassung statt des S-Filters für die Annäherung der großmaßstäblichen Ebenheitsabweichung angewendet werden. Dies repräsentiert die Formabweichung.

ANMERKUNG 3 Die großmaßstäbliche Ebenheitsabweichung wird beispielsweise für die Justierung optischer Messgeräte verwendet.

ANMERKUNG 4 Beispiele für Justierungen sind die Verzerrung aufgrund des optischen Strahlengangs innerhalb des Messgeräts oder der reproduzierbare Teil der Bewegungsfehler einer Translationsstufe.

6.5.3 Verstärkungskoeffizient (α_z) der z-Achse

6.5.3.1 Allgemeines

Die Bestimmung des Verstärkungskoeffizienten (α_z) für die z-Achse beruht auf der Verwendung eines kartesischen Messkoordinatensystems mit 3 unabhängigen Koordinatenachsen. Berührend messende Systeme mit zusätzlicher bogenförmiger Bewegung beispielsweise sind in der x- und der z-Richtung nicht unabhängig. Bogenförmige Bewegung ist nicht durch diese Norm abgedeckt und kann in einer künftigen Überarbeitung von ISO 25178-701 behandelt werden.

Für Default-Verfahren zur Kalibrierung der z-Achse werden Maßverkörperungen verwendet. Beim Default-Verfahren wird berücksichtigt, dass es ebenfalls im Labor des Anwenders für wiederkehrende Routinemessungen angewendet werden kann.

Andere Verfahren zur Kalibrierung der Verstärkung und der Linearitätsabweichung der z-Achse dürfen statt der Maßverkörperungen angewendet werden. Beispiele umfassen Kalibrierung mittels interferometrischer Techniken, die anhand der optischen Wellenlänge rückverfolgbar sind, oder mittels jedes anderen eingebetteten Sensors, für den ein rückverfolgbarer Pfad zur Zähleinrichtung vorhanden ist, einschließlich einer Angabe der Unsicherheit.

Einige Messgeräte schließen mehr als eine Positioniereinrichtung mit unterschiedlichen z-Abtastbereichen ein. Die Bestimmung des Verstärkungskoeffizienten der z-Achse des Messgeräts kann für beide Stufen unabhängig erfolgen. Wenn beispielsweise beide Stufen für eine einzelne Messung mit Stitching in z-Richtung verwendet werden, muss die Bestimmung für die kombinierte Abtastung erfolgen, siehe auch 6.5.3.4.1.

ANMERKUNG Beispiel für ein Messgerät mit zwei Translationsstufen: piezogetriebene Stufe für Abtastbereiche im Mikrometerbereich und motorgetriebene Stufe für Abtastbereiche im Millimeterbereich.

6.5.3.2 Maßverkörperungen

Für das Default-Verfahren muss eine Maßverkörperung mit kalibrierter Tiefe (d. h. AFL, PDG, SPM, PGR, PGC, AGP, ACG, AGC usw.) verwendet werden. Der für den Verstärkungskoeffizienten α_z zu bewertende Parameter ist die Tiefe d . Messungen sind an den kalibrierten Bereichen der Maßverkörperung entsprechend der Lieferantenangabe vorzunehmen. Andere Maßverkörperungen, wie z. B. Maßverkörperungen für die Rauheit, dürfen nicht zur Bestimmung des Verstärkungskoeffizienten α_z verwendet werden.

ANMERKUNG 1 Die Verwendung einer mehrstufigen Maßverkörperung kann vorteilhaft sein.