

Physikalisch- Technische Bundesanstalt



DKD

Richtlinie

Anwendung


DKD-R 4-5

Koordinatenmesssysteme (KMS)

Ausgabe 12/2023

<https://doi.org/10.7795/550.20231213>



	Anwendung Koordinatenmesssysteme (KMS) https://doi.org/10.7795/550.20231213	DKD-R 4-5	
		Ausgabe	12/2023
		Revision:	0
		Seite:	2 / 19

Deutscher Kalibrierdienst (DKD)

Im DKD sind Kalibrierlaboratorien von Industrieunternehmen, Forschungsinstituten, technischen Behörden, Überwachungs- und Prüfinstitutionen seit der Gründung 1977 zusammengeschlossen. Am 03. Mai 2011 erfolgte die Neugründung des DKD als *technisches Gremium* der PTB und der akkreditierten Laboratorien.

Dieses Gremium trägt die Bezeichnung *Deutscher Kalibrierdienst* (DKD) und steht unter der Leitung der PTB. Die vom DKD erarbeiteten Richtlinien und Leitfäden stellen den Stand der Technik auf dem jeweiligen technischen Fachgebiet dar und stehen der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) für die Akkreditierung von Kalibrierlaboratorien zur Verfügung.

Die akkreditierten Kalibrierlaboratorien werden von der DAkkS als Rechtsnachfolgerin des DKD akkreditiert und überwacht. Sie führen Kalibrierungen von Messgeräten und Maßverkörperungen für die bei der Akkreditierung festgelegten Messgrößen und Messbereiche durch. Die von ihnen ausgestellten Kalibrierscheine sind ein Nachweis für die Rückführung auf nationale Normale, wie sie von der Normenfamilie DIN EN ISO 9000 und der DIN EN ISO/IEC 17025 gefordert wird.

Kontakt:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

DKD-Geschäftsstelle


Bundesallee 100 38116 Braunschweig

Postfach 33 45 38023 Braunschweig

Telefon Sekretariat: 0531 592-8021

Internet: <https://www.ptb.de/cms/de/metrologische-dienstleistungen/dkd.html>

<https://www.dkd.eu/>

	Anwendung Koordinatenmesssysteme (KMS)	DKD-R 4-5	
	https://doi.org/10.7795/550.20231213	Ausgabe	12/2023
		Revision:	0
		Seite:	3 / 19

Zitiervorschlag für die Quellenangabe:

Richtlinie DKD-R 4-5 Einsatz von Koordinatenmesssystemen (KMS), Ausgabe 12/2023, Revision 0, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin.

DOI: 10.7795/550.20231213


Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt und unterliegt der Creative Commons Nutzerlizenz CC by-nc-nd 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>). In diesem Zusammenhang bedeutet „nicht-kommerziell“ (NC), dass das Werk nicht zum Zwecke der Einnahmenerzielung verbreitet oder öffentlich zugänglich gemacht werden darf. Eine Nutzung seiner Inhalte für die gewerbliche Verwendung in Laboratorien ist ausdrücklich erlaubt.



Autoren:

Volker Grimm; QS Grimm GmbH; Gutach
 Jan Hageney; eumetron GmbH; Aalen
 Dr. Daniel Heißelmann; Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB); Braunschweig
 Jonathan Herweg; DIMETEC Elektro GmbH; Gevelsberg
 Bernd Kirchner; WENZEL Metrology GmbH; Wiesthal
 André Martin; Hexagon Metrology Services GmbH; Wetzlar
 Dr.-Ing. Karsten Meeß; Carl Zeiss Jena GmbH; Jena
 Dr. Andreas Müller; Metroshift; Ilmenau
 Dr.-Ing. Thomas Schlüter; c.a.s. GmbH; Oberhausen
 Uwe Schmah; IBS INGENIEURBÜRO Schmah; Vellmar
 Carsten Schwehn; Hexagon Metrology GmbH; Wetzlar
 Dr. Ernst Wiedenmann; Serious Enterprises; Aalen

Herausgegeben von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) für den Deutschen Kalibrierdienst (DKD) als Ergebnis der Zusammenarbeit der PTB mit dem Fachausschuss Länge des DKD.

	Anwendung Koordinatenmesssysteme (KMS) https://doi.org/10.7795/550.20231213	DKD-R 4-5	
		Ausgabe	12/2023
		Revision:	0
		Seite:	4 / 19

Vorwort

DKD-Richtlinien sind Anwendungsdokumente zu den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025. In den Richtlinien werden technische, verfahrensbedingte und organisatorische Abläufe beschrieben, die den akkreditierten Kalibrierlaboratorien als Vorbild zur Festlegung interner Verfahren und Regelungen dienen. DKD-Richtlinien können zum Bestandteil von Qualitätsmanagementhandbüchern der Kalibrierlaboratorien werden. Durch die Umsetzung der Richtlinien wird die Gleichbehandlung der zu kalibrierenden Geräte in den verschiedenen Kalibrierlaboratorien gefördert und die Kontinuität und Überprüfbarkeit der Arbeit der Kalibrierlaboratorien verbessert. Außerdem kann durch die Umsetzung der Richtlinien der Stand der Technik auf dem jeweiligen Gebiet in die Laborpraxis Eingang finden.

Die DKD-Richtlinien sollen nicht die Weiterentwicklung von Kalibrierverfahren und -abläufen behindern. Abweichungen von Richtlinien und neue Verfahren sind im Einvernehmen mit der Akkreditierungsstelle zulässig, wenn fachliche Gründe dafür sprechen.

Kalibrierungen der akkreditierten Laboratorien geben dem Anwender Sicherheit für die Verlässlichkeit von Messergebnissen, erhöhen das Vertrauen der Kunden und die Wettbewerbsfähigkeit auf dem nationalen und internationalen Markt und dienen als messtechnische Grundlage für die Mess- und Prüfmittelüberwachung im Rahmen von Qualitätssicherungsmaßnahmen.

Die vorliegende Richtlinie wurde im Rahmen des Fachausschusses *Länge* erstellt und vom Vorstand des DKD genehmigt.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Inhaltsverzeichnis	5
1. Zweck und Geltungsbereich	6
2. Inhalt der Aussage zur Qualitätspolitik	6
3. Technische Anforderungen	9
3.1 Personal	9
3.2 Räumlichkeiten und Umgebungsbedingungen	10
3.3 Messverfahren und deren Validierung	10
3.3.1 Nicht in normativen Dokumenten festgelegte Verfahren	10
3.3.2 Zusätzliche Anforderungen an portable Systeme oder mobile Laboratorien beim Einsatz Vor-Ort	11
3.3.3 Validierung von Verfahren	11
3.3.4 Ermittlung der Messunsicherheit	11
3.3.5 Zwischenprüfungen	12
3.4 Metrologische Rückführbarkeit	12
3.5 Sicherung der Validität von Ergebnissen	13
3.6 Ergebnisberichte	13
4. Relevante Richtlinien und Normen	15

1. Zweck und Geltungsbereich

Diese Richtlinie dient der Umsetzung der Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025 beim Einsatz von Koordinatenmesssystemen (KMS). Es werden dabei Kriterien sowohl für stationäre Messtechnik in sogenannten Messräumen (vgl. VDI/VDE 2627 Blatt 1) als auch Kriterien für portable Systeme in Kundenräumen bzw. im Freiraum angegeben. Die vorgestellte gute Laborpraxis soll die Ermittlung valider Ergebnisse sicherstellen.

Die Richtlinie richtet sich an akkreditierte Kalibrier- und Prüflaboratorien und industrielle Anwender, die aufgrund der Anforderungen weiterer Normen und Richtlinien (z. B. DIN EN ISO 9001, IATF 16949) Bedarf an Qualitätssichernden Maßnahmen haben.

Diese Richtlinie beschreibt den Stand der Technik.

Die Anforderungen beruhen zum größten Teil auf Forderungen aus den relevanten Normen und Richtlinien, also hier insbesondere aus den Reihen VDI/VDE 2617, VDI/VDE 2630, VDI/VDE 2634 und DIN EN ISO 10360 für die Messtechnik und Überprüfung der Koordinatenmesssysteme (KMS) sowie aus den Reihen DIN EN ISO 14253, DIN ISO/TS 15530, ISO/TS 23165, ISO/TS 17865 und relevanten Normen zu Form- und Lagetoleranzen u. a. für die Festlegung einer kompetenten Messstrategie. Weiterhin werden die Anforderungen an klimatische Bedingungen in den Messräumen (Kriterien, Nachweis und Überwachung) in der Richtlinienreihe VDI/VDE 2627 beschrieben.

2. Inhalt der Aussage zur Qualitätspolitik

Mit der Verpflichtung zur „Guten fachlichen Praxis“ ist für die Anwender folgende Auflage verbunden:

Kontinuierliche Anpassung der Vorgehensweise an die Weiterentwicklung der Technik, die Weiterentwicklung und Überarbeitung von Normen und Richtlinien sowie die Änderungen geltender gesetzlicher Bestimmungen. Nach Erscheinen der jeweiligen Normenblätter müssen die Anwender ihre Verfahren in einem geplanten Zeitraum, möglichst innerhalb von zwei Jahren an den geänderten Stand anpassen.

Umfang der Labortätigkeiten

Zu der Aussage zum Stand des Leistungsangebotes gehört für die Anwender eine Aufstellung der im Rahmen der Akkreditierung oder des Leistungsspektrums eingesetzten KMS. Dabei sind Angaben zu Hersteller, Typ, eingesetzter Messsoftware, Messvolumen, Grenzwerten der spezifizierten Leistungsmerkmale (Grenzwerte entsprechend der gültigen VDI/VDE bzw. ISO-Regelwerke) sowie beispielhafte kleinste angebbare Messunsicherheiten zu dokumentieren.

Dieser Geltungsbereich der Akkreditierung oder des Leistungsspektrums ist vom Dienstleister geeignet zu formulieren und Kunden und interessierten Kreisen zugänglich zu machen. Der Erbringungsort der Dienstleistung (innerhalb fester Einrichtungen, Vor-Ort oder in mobilen Laboratorien) ist ebenfalls zu dokumentieren. Für Kalibrierlaboratorien ist der Geltungsbereich z. B. die „Anwendung von Koordinatenmesssystemen“. Für Prüflaboratorien und industrielle Anwender ist der Geltungsbereich eindeutig zu beschreiben, z. B.

- Ermittlung der Maß- und Formabweichungen gefertigter Produkte mit Hilfe von taktilen und optischen 3D-Koordinatenmesssystemen (KMS),
- Durchführung und Dokumentation von maßlichen Erstmusterprüfungen an homogenen Werkstücken mit Hilfe von Computertomographie (CT),
- Durchführung von geometrischen Messungen an Bauteilen mit taktilen und optischen 3D-Messsystemen.

Zur Darstellung des Leistungsangebotes bzw. des zugehörigen Kompetenzbereiches wird eine Darstellung mit Mindestangaben gemäß nachstehendem Beispiel für alle Anwender gefordert.

KMS	Messbereich	Spezifikation	Beispiele erweiterter Messunsicherheit	Bemerkungen
KMG taktil	Messvolumen: $X = 700 \text{ mm}$ $Y = 1200 \text{ mm}$ $Z = 1000 \text{ mm}$	$E_{0,MPE} = 1,7 \mu\text{m} + 2,3 \cdot 10^{-6} \cdot l$ nach DIN EN ISO 10360-2:2010 $P_{\text{Form.Sph.1} \times 25:\text{SS:Tact}} = 2,2 \mu\text{m}$ nach DIN EN ISO 10360-5:2020 $L_{\text{Dia.Sph.5} \times 25:\text{j:Tact}} = 2,9 \mu\text{m}$ nach DIN EN ISO 10360-5:2020	$l = 20 \text{ mm}$: $U = 1,2 \mu\text{m}$ $l = 1100 \text{ mm}$: $U = 7,4 \mu\text{m}$ Parallelendmaß aus Stahl	$l =$ gemessene Länge
KMS mit optischer Bildverarbeitung	Messvolumen: $X = 400 \text{ mm}$ $Y = 200 \text{ mm}$ $Z = 200 \text{ mm}$	$E_{B,MPE} = 2,2 \mu\text{m} + 4 \cdot 10^{-6} \cdot l$ nach DIN EN ISO 10360-7:2011 $P_{F2D} = 2,5 \mu\text{m}$ nach DIN EN ISO 10360-7:2011 $P_{FV2D} = 1,8 \mu\text{m}$ nach DIN EN ISO 10360-7:2011	$l = 20 \text{ mm}$: $U = 1,9 \mu\text{m}$ $l = 500 \text{ mm}$: $U = 7,4 \mu\text{m}$ Glasmaßstab aus Floatglas	$l =$ gemessene Länge
Lasertracker	Reichweite 25 m	$E_{\text{Avg.L:LT,MPE}} = 15 \mu\text{m} + 6 \cdot 10^{-6} \cdot l$ nach ISO 10360-10:2021 $P_{\text{Form.Sph.1} \times 25:\text{SMR:LT,MPE}} = 15 \mu\text{m}$ nach ISO 10360-10:2021 $P_{\text{Size.Sph.1} \times 25:\text{SMR:LT,MPE}} = 15 \mu\text{m}$ nach ISO 10360-10:2021	2,3 m Kugelstab in 2 m Entfernung: $U = 50 \mu\text{m}$ in 20 m Entfernung: $U = 100 \mu\text{m}$	Einsatz von Probingtastern $l =$ gemessene Länge
Optische 3D KMS	Messvolumen: $X = 1000 \text{ mm}$ $Y = 750 \text{ mm}$ $Z = 750 \text{ mm}$	$E_{\text{Vol:CMV.MV:03D,MPE}} = 63 \mu\text{m}$ nach ISO 10360-13:2021 $P_{\text{Form.Sph.95 \%:SMV.SV:03D,MPEol:CMV.MV:03D,MPE}} = 15 \mu\text{m}$ nach ISO 10360-10:2021 $P_{\text{Size.Sph.95 \%:SMV.SV:03D,MPEol:CMV.MV:03D,MPE}} = 25 \mu\text{m}$ nach ISO 10360-10:2021	$l = 20 \text{ mm}$: $U = 35 \mu\text{m}$ $l = 1000 \text{ mm}$: $U = 55 \mu\text{m}$ Kugelstab aus CFK	Oberflächenbehandlung $l =$ gemessene Länge

KMS	Messbereich	Spezifikation	Beispiele erweiterter Messunsicherheit	Bemerkungen
Computertomograph (CT)	Max. Durchstrahlungslänge: 125 mm Beschleunigungsspannung: 130 kV	$E_{(TS),MPE} = 5 \mu\text{m} + 20 \cdot 10^{-6} \cdot l$ nach VDI/VDE 2617 Blatt 13:2011 $P_{F(TS),MPE} = 4 \mu\text{m}$ nach VDI/VDE 2617 Blatt 13:2011 $P_{S(TS),MPE} = 6 \mu\text{m}$ nach VDI/VDE 2617 Blatt 13:2011	$l = 10 \text{ mm}$: $U = 4,5 \mu\text{m}$ $l = 85 \text{ mm}$: $U = 6,5 \mu\text{m}$ Kugelstab aus CFK	Zulässigkeit von Multimaterialbauteilen $l =$ gemessene Länge
Photogrammetriesystem	Messvolumen: $X = 2000 \text{ mm}$ $Y = 2000 \text{ mm}$ $Z = 1500 \text{ mm}$	$E_{MPE} = 35 \mu\text{m}$ nach VDI/VDE 2634 Blatt 1:2002	$l = 20 \text{ mm}$: $U = 25 \mu\text{m}$ $l = 2200 \text{ mm}$: $U = 30 \mu\text{m}$ Maßstab aus CFK	Vor-Ort $l =$ gemessene Länge
Gelenkarm	Messbereich 3500 mm	$E_{\text{Uni:0:Tact.AArm,MPE}} = 45 \mu\text{m}$ nach DIN EN ISO 10360-12:2018 $P_{\text{Form.Sph.1}\times 25\text{:Tact.AArm,MPE}} = 25 \mu\text{m}$ nach DIN EN ISO 10360-12:2018 $P_{\text{Size.Sph.1}\times 25\text{:Tact.AArm,MPE}} = 30 \mu\text{m}$ nach DIN EN ISO 10360-12:2018	$l = 20 \text{ mm}$: $U = 45 \mu\text{m}$ $l = 2350 \text{ mm}$: $U = 55 \mu\text{m}$ Kegelbalken aus Siliziumcarbid	im mobilen Labor $l =$ gemessene Länge

Tabelle 1: Beispiele für das Leistungsverzeichnis beim Einsatz von KMS


Es sollen die erweiterten Messunsicherheiten **mit etwa 95 % Überdeckungswahrscheinlichkeit** mindestens für zwei Längen angegeben werden. Es sollte mindestens eine Längenaufgabe mit einer Länge $\geq 66 \%$ der verfügbaren Raumdiagonale des spezifizierten Messvolumens aufgeführt sein.

Dabei ist die Messunsicherheit (nicht die Längenmessabweichung) für leicht nachvollziehbare Beispiele (Messaufgabe und Material) als kleinstmögliche bei der typischen Temperaturspanne am Ort der Dienstleistungserbringung [also z. B. $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$] zu bestimmen. Optional können mehrere Angaben für weitere typische Beispiele gemacht werden. Die Angaben sind immer auf Basis von dokumentierten Berechnungen zu machen. Für Kalibrierlaboratorien kann es erweiterte Anforderungen zur Angabe der erweiterten Messunsicherheit bzw. CMC geben.

Sobald die Messungen nicht in den Räumlichkeiten des Dienstleisters durchgeführt werden, ist dies unter „Bemerkungen“ einzutragen.

Prüfung von Anfragen, Angeboten und Verträgen

Sollte eine vom Kunden vorgegebene Messaufgabe nicht der technischen Praxis entsprechen oder sollte eine hohe Messunsicherheit in Bezug zu gegebenen Toleranzen zu erwarten sein,

	Anwendung Koordinatenmesssysteme (KMS) https://doi.org/10.7795/550.20231213	DKD-R 4-5	
		Ausgabe	12/2023
		Revision:	0
		Seite:	9 / 19

ist der Kunde darauf hinzuweisen. Eine verantwortungsvolle Bewertung der Messaufgabe ist für die Aufrechterhaltung der Integrität des Dienstleisters unumgänglich.

Die technische Prüfung von Anfragen muss insbesondere folgende Punkte betreffen:

- technische Umsetzbarkeit der spezifizierten Merkmale,
- Umsetzung der Zeichnungseintragung (z. B. Form- und Lagetoleranzen) in eine geeignete Mess- und Auswertestrategie (Bildung von geeigneten Ausgleichselementen und Bezügen) und gegebenenfalls Abstimmung der Messstrategie mit dem Kunden,
- gegebenenfalls Festlegungen zur Konformitätsaussage und dabei verwendeter Entscheidungsregel,
- Klärung, ob durchzuführende Arbeiten innerhalb oder außerhalb des akkreditierten Bereichs liegen.

Die beschriebene Prüfung von Anfragen stellt einen komplexen Vorgang dar, für den die Ausführenden eine entsprechende technische Kompetenz (z. B. Kenntnisse zu: Form- und Lagetoleranzen, Ermittlung der Messunsicherheit, Fähigkeiten einsetzbarer Messsysteme) besitzen müssen.

3. Technische Anforderungen

3.1 Personal

Eine Leitung des Laboratoriums muss benannt sein.


Anforderungen an die Leitung des Laboratoriums:

- qualifizierte technische Grundausbildung (z. B. Meister oder Ingenieurausbildung)
- ausreichende einschlägige Berufserfahrung als KMS-Anwender
- Detailkenntnisse in Form- und Lagetolerierung und entsprechenden Zeichnungseintragungen
- Detailkenntnis zu den benutzten Messverfahren, inkl. Detailkenntnis der diesbezüglichen Normen und Richtlinien
- Detailkenntnis bzgl. Messunsicherheiten und deren Bestimmung
- Kenntnis bzgl. der Prüfwertunsicherheit von Prüf- bzw. Kalibrierverfahren der eingesetzten Messtechnik
- Kenntnis zu Konformitätsentscheidungen und Entscheidungsregeln

Anforderungen an den verantwortlichen Messtechniker:

- technische Grundkenntnisse
- Kenntnisse in Form- und Lagetolerierung und entsprechenden Zeichnungseintragungen
- ausreichende Kenntnisse für die Anwendung der eingesetzten Messtechnik
- Kenntnisse der benutzten Messverfahren
- ausreichende praktische Erfahrung bei der Durchführung der Messaufgabe
- Kenntnisse der wesentlichen Einflussgrößen auf die Messunsicherheit

Die Qualifikation der Mitarbeiter muss geeignet dokumentiert sein (z. B. technische Lebensläufe mit entsprechenden Schulungsnachweisen). Schulungsnachweise sollen neben dem Thema der Schulung zusammenfassend auch Angaben zu den Schulungsinhalten enthalten. Zusätzlich müssen die Befugnisse der Mitarbeiter vergeben und dokumentiert werden.

	Anwendung Koordinatenmesssysteme (KMS) https://doi.org/10.7795/550.20231213	DKD-R 4-5	
		Ausgabe	12/2023
		Revision:	0
		Seite:	10 / 19

3.2 Räumlichkeiten und Umgebungsbedingungen

Die Anforderungen an die Räumlichkeiten und Umgebungsbedingungen am Aufstellort werden in geeigneter Form z. B. nach VDI/VDE 2627, Blatt 1 festgelegt. Es wird empfohlen, diese Norm als Grundlage für den Neubau bzw. die Einrichtung von klimatisierten Messräumen zu verwenden.

Die einzuhaltenden Grenzwerte bzgl. Temperatur, Temperaturgradienten und relativer Luftfeuchtigkeit (ggf. u. a.) werden in einer Verfahrensanweisung festgelegt. Es sind dabei mindestens folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Herstellerangaben zu den KMS
- angestrebte Messunsicherheit des Verfahrens

Weitere Einflüsse auf die Ergebnisse, wie z. B. Vibrationen, Sonneneinstrahlung, Umgebungslicht, Verschmutzung (z. B. Ölnebel, Staub), sind gegebenenfalls mit zu berücksichtigen.

Folgende Schritte sind einzuhalten und zu dokumentieren:

1. Grenzwerte festlegen:

Das Laboratorium muss für den Aufstellort und gegebenenfalls weitere relevante Räume (z. B. Probenlager) auf der Basis dieser Anforderungen Grenzwerte für Parameter, die einen Einfluss auf die Messergebnisse bzw. Messunsicherheit haben, festlegen. Dies sind z. B. die Abweichung der Umgebungstemperatur von der Standardreferenztemperatur, sowie die zeitlichen und räumlichen Gradienten der Umgebungstemperatur.

2. Nachweis und kontinuierliche Überwachung:

Der Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte wird durch die kontinuierliche Überwachung erbracht und für die relevanten Zeiträume dokumentiert.

Die Anzahl, Verteilung und Eignung der Sensoren zur Überwachung sind den Anforderungen anzupassen. Für eine numerische Korrektur der Längenausdehnung ist in Abhängigkeit von der Messunsicherheit eine Temperaturerfassung am Gegenstand notwendig.

Das Verfahren zur kontinuierlichen Überwachung der Parameter ist zu beschreiben. Eine zeitnahe, regelmäßige Kontrolle der Parameter ist durchzuführen. Die Daten der Überwachung sind aufzubewahren und geeignet zu bewerten. Es müssen z. B. geeignete Mechanismen und Warnschwellen vorhanden sein, um bei deren Überschreitung entweder den Messbetrieb einzustellen oder andere sachbezogene Maßnahmen zu ergreifen.


Die Überwachung der Parameter sollte mit Hilfe einer Visualisierung erfolgen, um ein schnelles Reagieren auf Veränderungen und eine Mitarbeitersensibilisierung zu ermöglichen.

3.3 Messverfahren und deren Validierung

3.3.1 Nicht in normativen Dokumenten festgelegte Verfahren

Für die Durchführung von Messungen mit KMS liegen in der Regel keine in normativen Dokumenten beschriebenen Verfahren vor. Das Laboratorium hat die Vorgehensweise in geeigneter Form darzustellen. Dabei ist sicherzustellen, dass die konsistente Anwendung der Labortätigkeiten und die Validität der Ergebnisse gewährleistet wird.

Häufig ist es nur schwer möglich, die Verfahren umfassend (d. h. mit größtem Detaillierungsgrad für jeden möglichen Fall) zu beschreiben. Es muss aber die allgemeine Vorgehensweise zu jedem Schritt des Messprozesses mit relevantem Einfluss auf die Validität der Ergebnisse festgelegt werden.

	Anwendung Koordinatenmesssysteme (KMS) https://doi.org/10.7795/550.20231213	DKD-R 4-5	
		Ausgabe	12/2023
		Revision:	0
		Seite:	11 / 19

Kritische Parameter (z. B. Tasterparameter, Einmessung von mehreren Taststiftstellungen bei Nutzung einer Dreh-Schwenkeinheit, analoge Parameter für andere Messsysteme) sind vor Beginn jeder Messung bzw. Messreihe zu kontrollieren und dokumentiert nachzuweisen.

Die Beschreibung des Verfahrens inklusive mitgeltender Dokumente soll ferner geeignet sein, neues messtechnisches Personal in das Verfahren einzuweisen (Schulungseignung). Die Beschreibung des Verfahrens soll deshalb für einen Leser mit technischem Hintergrund verständlich sein (z. B. sollten verwendete Abkürzungen erläutert sein; technische Aufbauten sollten, wenn möglich, mit Fotografien oder Skizzen dokumentiert sein).

3.3.2 Zusätzliche Anforderungen an portable Systeme oder mobile Laboratorien beim Einsatz Vor-Ort

Falls zutreffend, müssen die Verfahrensbeschreibungen auch den Einsatz vor Ort umfassen. Es sind hier insbesondere auch die Arbeitsabläufe im Vorfeld des Einsatzes vor Ort zu beschreiben, insbesondere ist eine Zwischenprüfung durchzuführen und aufzuzeichnen. Weiterhin sind Details festzulegen, z. B. Packlisten/Checklisten, Vorbereitung und Verpackung der Messmittel, Vertraulichkeit und Schutz von Informationen u. a. auch im Zusammenhang mit dem Einsatz von EDV vor Ort.

Die eingesetzten Messsysteme und Normale müssen festgelegte Spezifikationen beim mobilen Einsatz einhalten. Die Festlegung der Spezifikationen erfolgt bei der Annahme des Messsystems durch den Hersteller oder bei deren Bestätigung im weiteren Betrieb durch das Laboratorium. Sind für das Messsystem keine Spezifikationen nach aktuellen Normen und Richtlinien vorhanden, sind abgeleitete Spezifikationen durch das Laboratorium festzulegen.

3.3.3 Validierung von Verfahren

Die nicht in normativen Dokumenten beschriebenen Verfahren sind geeignet und nachvollziehbar zu validieren. Als mögliche Instrumente können Messungen bekannter Objekte (Referenznormale und kalibrierte Meisterteile; möglichst typische Messaufgabe), Vergleiche zwischen Laboratorien und Vergleiche zu bereits validierten Verfahren gelten. Es wird der E_n -Score (DIN ISO 13528 und DIN EN ISO/IEC 17043) zur Bewertung der Validierung empfohlen. Andere Bewertungskriterien sind zu begründen.

Die Validierung ist zu wiederholen, wenn sich signifikante Bestandteile des Verfahrens geändert haben.

Die Nachweise zur Validierung und deren Ergebnis sind aufzuzeichnen.


Verfahren dürfen erst dann benutzt werden, wenn sie durch einen dafür befugten Mitarbeiter des Laboratoriums freigegeben wurden. Die Freigabe muss geregelt erfolgen. Verfahren und verwendete Software müssen eindeutig identifizierbar sein.

3.3.4 Ermittlung der Messunsicherheit

Für Laboratorien ist es notwendig, eine allgemeine Verfahrensweise für die Ermittlung von Messunsicherheiten zu beschreiben und anzuwenden.

Folgende Methoden können zur Ermittlung der Messunsicherheit angewendet werden:

- Alle Verfahren, die nach JCGM 100 (GUM), EA-4/02 M und DKD-L 13-1 Messunsicherheiten regelbasiert berechnen.
- Messunsicherheitsbestimmung mit Hilfe eines kalibrierten Werkstücks nach dem Verfahren DIN EN ISO 15530-3, welches auch in VDI/VDE 2617 Blatt 8 behandelt und erläutert ist.
- Ermittlung von Messunsicherheiten nach VDI/VDE 2617 Blatt 11

	Anwendung Koordinatenmesssysteme (KMS) https://doi.org/10.7795/550.20231213	DKD-R 4-5	
		Ausgabe	12/2023
		Revision:	0
		Seite:	12 / 19

- Messunsicherheitsbestimmung durch Simulation nach JCGM 101 (GUM Supplement 1) und ISO/TS 15530-4, welche auch in VDI/VDE 2617 Blatt 7 behandelt und erläutert ist, z. B. virtuelles Koordinatenmessgerät VCMM

3.3.5 Zwischenprüfungen

Für alle eingesetzten Messsysteme bzw. Messverfahren sind zwischenzeitliche Überprüfungen spezifizierter Kenngrößen nach beschriebenen Verfahren (z. B. DIN EN ISO 10360, VDI/VDE Richtlinienreihen 2617, 2630, 2634) festzulegen. Diese Prüfungen müssen regelmäßig durchgeführt werden. Das Überprüfungsintervall muss zu Beginn der Durchführung von Zwischenprüfungen kurz gewählt und kann dann abhängig von den erreichten Ergebnissen variabel, basierend auf einer Risikoabschätzung, angepasst (verkürzt oder verlängert) werden.

Bei den Zwischenprüfungen ist die Einhaltung von spezifizierten Kenngrößen für die verwendeten Systemkomponenten (z. B. Mehrfachtaster, Dreh-Schwenk-Messkopfsystem, Zoomstufen, Wechselobjektive, Drehtisch etc.) zu bestätigen. Die spezifizierten Kenngrößen sind nach Herstellergrenzwerten oder durch das Laboratorium als selbst gesetzte Grenzen festzulegen. Selbst gesetzte Grenzwerte sind durch Erfahrungswerte und Ergebnissen aus Zwischenprüfungen zu motivieren. Sie müssen darauf ausgelegt sein, den Unsicherheitsbeitrag aus dem Messsystem für den geplanten Einsatzzweck zu bestätigen.

Der Einfluss der eingesetzten Prüfobjekte auf die Ergebnisse der Zwischenprüfung muss hinreichend klein sein. Eine gültige metrologische Rückführbarkeit für die Prüfobjekte der Zwischenprüfung wird empfohlen, aber nicht gefordert.

In Abhängigkeit der spezifizierten Kenngrößen kann es notwendig sein, das Prüfobjekt an unterschiedlichen Orten im genutzten Messvolumen zu positionieren.

Die Verfahren zur Zwischenprüfung sind einschließlich Betrachtungen zur Angemessenheit der Maßnahmen, der zu verwendenden Prüfobjekte (also z. B. Prüfkugel, Endmaße, Einstellring, Meisterteil etc.), der Häufigkeit und der Eingriffsgrenzen zu beschreiben. Die Ergebnisse sind geeignet auszuwerten und darzustellen, eine grafische Betrachtung zur Feststellung von Drift o. Ä. ist zu realisieren (Historie).


Mobile Messsysteme werden im Allgemeinen an wechselnden Standorten bei sehr unterschiedlichen Umgebungsbedingungen eingesetzt, die zu geometrischen Veränderungen an den Systemen führen können. Ebenso können z. B. Erschütterungen und stark unterschiedliche Temperaturen beim Transport die messtechnische Leistungsfähigkeit mindern. Nach Wechsel des Einsatzortes ist deshalb eine geeignete Zwischenprüfung durchzuführen.

Bei außergewöhnlichen Ereignissen (z. B. schwere Kollision, nach Ausfall der Klimaanlage, nach Releasewechsel relevanter Software), welche die Leistungsfähigkeit des KMS beeinflussen können, sollte eine außerplanmäßige Zwischenprüfung zur Sicherung der Ergebnisse durchgeführt werden.

3.4 Metrologische Rückführbarkeit

Für alle eingesetzten Koordinatenmesssysteme und relevanten Einrichtungen ist eine gültige metrologische Rückführbarkeit nachzuweisen. Diese Kalibrierung durch eine Annahme- und Bestätigungsprüfung hat nach den aktuell gültigen Normen und Richtlinien zu erfolgen (Übergangsfristen in einem geplanten Zeitraum, möglichst innerhalb von zwei Jahren sind zulässig).

ILAC-P10 erlaubt auch eine interne Kalibrierung des Koordinatenmesssystems durch das Laboratorium selbst. Die interne Kalibrierung ist dabei ebenfalls nach den aktuell gültigen

	Anwendung Koordinatenmesssysteme (KMS) https://doi.org/10.7795/550.20231213	DKD-R 4-5	
		Ausgabe	12/2023
		Revision:	0
		Seite:	13 / 19

Normen durchzuführen. Dabei ist insbesondere auf das Kalibrierverfahren, die metrologische Rückführbarkeit, die Messunsicherheit und gegebenenfalls die Validierung zu achten.

Eine Kalibrierung des Koordinatenmesssystems durch einen nicht akkreditierten Dienstleister, z. B. den Hersteller, ist prinzipiell entsprechend ILAC-P10 unter Berücksichtigung der geltenden Normen und Richtlinien zulässig. Dabei sind jedoch insbesondere die Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025 an Kalibrierscheine und die gültige metrologische Rückführbarkeit der eingesetzten Normale einzuhalten und nachzuweisen. Dieses Vorgehen ist nach dieser Richtlinie nur zulässig, falls keine Nationalen Metrologieinstitute (NMI) oder akkreditierten Kalibrierlaboratorien diese Kalibrierdienstleistung anbieten.

Gleiches gilt insbesondere bei der Kalibrierung von externen Umweltsensoren.

Diese Kalibrierungen müssen regelmäßig durchgeführt werden. Das Rekalibrierintervall muss am Beginn der Durchführung kurz gewählt und kann dann abhängig von den erreichten Ergebnissen (z. B. Drift, bei der Kalibrierung festgestellte Abweichungen) variabel, basierend auf einer Risikoabschätzung, angepasst (verkürzt oder verlängert) werden.

3.5 Sicherung der Validität von Ergebnissen

Bereits die „Gute fachliche Praxis“ bietet verschiedene Möglichkeiten zur Sicherung der Validität von Ergebnissen. Sie werden in der praktischen Arbeit regelmäßig genutzt. Eine geeignete Dokumentation ist für die Nachweisführung durchzuführen. Beispielhaft kann dies das Messprotokoll einer Wiederholungsmessung sein oder handschriftliche Vermerke zu Korrelationen.

Diese Möglichkeiten zur Sicherung der Validität sind z. B.:

- Messungen mit alternativen Messsystemen (z. B. andere KMS, 1D-Längenmesssysteme)
- Wiederholung einer Messung am selben Gegenstand
- Messungen an einem ähnlichen Gegenstand, der aus früheren Messungen bekannt ist
- Überprüfung der Korrelation von Ergebnissen für verschiedene Merkmale eines Gegenstandes (z. B. ähnliche Formabweichungen verschiedener Merkmale, ähnliche Durchmesserabweichungen verschiedener Durchmesser)

Alle Anwender müssen regelmäßig an geeigneten Eignungsprüfungen bzw. Vergleichen zwischen Laboratorien teilnehmen (siehe 71 SD 0 010 bzw. EA-4/18 und ILAC-P9).

Zusätzlich werden zur Sicherung der Validität regelmäßig „Zwischenprüfungen“ durchgeführt (siehe Kapitel 3.3.5).

3.6 Ergebnisberichte

Es gelten die Anforderungen an Berichte aus der DIN EN ISO/IEC 17025. Die wesentlichen Anforderungen (Mindestanforderungen) sind insbesondere die folgenden.

Allgemeine Anforderungen:

1. Titel (z. B. „Prüfbericht“ oder „Kalibrierschein“)
2. Name und Anschrift des Anwenders
3. Anwendungsort des KMS
4. eindeutige Kennzeichnung, so dass alle Teile als Teil eines vollständigen Berichts erkannt werden, z. B. Seitenzahl und Gesamtseitenzahl
5. Benennung und Kontaktdaten des Kunden
6. Verweis auf angewandtes Verfahren inklusive Ausgabestand
7. eindeutige Kennzeichnung des Prüf- oder Kalibriergegenstandes

8. Datum der Durchführung der Tätigkeit
9. Datum des Berichtes
10. die Ergebnisse mit Angabe der Einheiten
11. Benennung der für die Freigabe des Berichts verantwortlichen Person, z. B. der Bearbeiter

Besondere Anforderungen an Prüfberichte

In Ergänzung zu den oben geforderten Anforderungen müssen, Prüfberichte die folgenden Angaben enthalten:

1. Angaben über Umgebungsbedingungen (Temperatur)
2. wenn erforderlich, eine Aussage zur Konformität mit Spezifikationen und die angewendete Entscheidungsregel
3. falls anwendbar, eine Angabe der Messunsicherheit in der gleichen Einheit wie die der Messgröße oder durch eine Bezeichnung, die sich auf die Messgröße bezieht (z. B. Prozent), wenn:
 - a. sie für die Gültigkeit oder Anwendung der Prüfergebnisse von Bedeutung sind;
 - b. sie vom Kunden verlangt wurden; oder
 - c. die Messunsicherheit die Konformität bei vorgegebenen Spezifikationsgrenzen aufgrund der Entscheidungsregel beeinträchtigt;
4. Spezifikationen des KMS entsprechend den Beispielen in Tabelle 1, sofern keine Messunsicherheit zu allen Ergebnissen angegeben ist.

Besondere Anforderungen an Kalibrierscheine

1. die Messunsicherheit des Messergebnisses, angegeben in der gleichen Einheit wie die der Messgröße oder durch eine Bezeichnung, die sich auf die Messgröße bezieht (z. B. Prozent)
2. die Bedingungen, die einen Einfluss auf das Messergebnis haben z. B. Umgebungstemperatur, Angaben zur Messstrategie, Koordinatensystem des Kalibriergegenstandes, Auswertekriterien, Materialeigenschaften, Aufspannung, unter denen die Kalibrierungen durchgeführt wurden;
3. eine Angabe zur metrologischen Rückführbarkeit der eingesetzten KMS
4. wenn erforderlich, eine Aussage zur Konformität mit Spezifikationen und die angewendete Entscheidungsregel

Sofern eine Temperaturkompensation durchgeführt wurde, ist der Wert des verwendeten thermischen Längenausdehnungskoeffizienten und dessen Quelle anzugeben.

4. Relevante Richtlinien und Normen

- VDI/VDE 2617 Blatt 2.1, 2014-03, Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten - Kenngrößen und deren Prüfung - Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360-2 zur Prüfung von Längenmaßen
- VDI/VDE 2617 Blatt 2.2, 2018-07, Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten - Kenngrößen und deren Prüfung - Formmessung mit Koordinatenmessgeräten
- VDI/VDE 2617 Blatt 2.4, 2022-08 (Entwurf), Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten - Kenngrößen und deren Prüfung - Zwischenprüfung für Koordinatenmesssysteme mit Prüfkörpern
- VDI/VDE 2617 Blatt 4, 2006-05, Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten - Kenngrößen und deren Prüfung - Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360-3 für Koordinatenmessgeräte mit zusätzlichen Drehachsen
- VDI/VDE 2617 Blatt 5, 2010-12, Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten - Kenngrößen und deren Prüfung - Überwachung durch Prüfkörper
- VDI/VDE 2617 Blatt 5.1, 2011-01, Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten - Kenngrößen und deren Prüfung - Überwachung mit Kugelplatten
- VDI/VDE 2617 Blatt 6.1, 2021-11, Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten - Kenngrößen und deren Prüfung - Koordinatenmessgeräte mit optischer Antastung - Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360 für Koordinatenmessgeräte mit optischen Sensoren für laterale Strukturen
- VDI/VDE 2617 Blatt 6.2, 2021-02, Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten - Kenngrößen und deren Prüfung - Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360 für Koordinatenmessgeräte mit optischen Abstandssensoren
- VDI/VDE 2617 Blatt 7, 2008-09, Genauigkeit von Koordinationsmessgeräten - Kenngrößen und deren Prüfung - Ermittlung der Unsicherheit von Messungen auf Koordinatenmessgeräten durch Simulation
- VDI/VDE 2617 Blatt 8, 2018-10, Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten - Kenngrößen und deren Prüfung, Prüfprozesseignung von Messungen mit Koordinatenmessgeräten
- VDI/VDE 2617 Blatt 9, 2009-06, Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten - Kenngrößen und deren Prüfung - Annahme und Bestätigungsprüfung von Gelenkarm-Koordinatenmessgeräten
- VDI/VDE 2617 Blatt 10, 2011-01, Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten - Kenngrößen und deren Prüfung - Annahme und Bestätigungsprüfung von Lasertrackern
- VDI/VDE 2617 Blatt 10.1, 2014-05, Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten - Kenngrößen und deren Prüfung - Annahme und Bestätigungsprüfung von Lasertrackern mit Multisensorik
- VDI/VDE 2617 Blatt 11, 2011-03, Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten - Kenngrößen und deren Prüfung - Ermittlung der Unsicherheit von Messungen auf Koordinatenmessgeräten durch Messunsicherheitsbilanzen
- VDI/VDE 2617 Blatt 12.1, 2011-03, Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten - Kenngrößen und deren Prüfung - Annahme und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte zum taktilen Messen von Mikrogeometrien
- VDI/VDE 2617 Blatt 12.2, 2023-02, Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten - Kenngrößen und deren Prüfung - Annahme und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte zum optischen Messen von Mikrogeometrien
- VDI/VDE 2617 Blatt 13, 2011-12, Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten - Kenngrößen und deren Prüfung; Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360 für Koordinatenmessgeräte mit CT-Sensoren - VDI/VDE 2630 Blatt 1.3: Computertomografie in der dimensionellen Messtechnik; Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360 für Koordinatenmessgeräte mit CT-Sensoren

- VDI/VDE 2630 Blatt 1.1, 2016-11, Computertomografie in der dimensionellen Messtechnik - Grundlagen und Definitionen
- VDI/VDE 2630 Blatt 1.2, 2018-06, Computertomografie in der dimensionellen Messtechnik - Einflussgrößen auf das Messergebnis und Empfehlungen für dimensionelle Computertomografie-Messungen
- VDI/VDE 2630 Blatt 2.1, 2015-06, Computertomografie in der dimensionellen Messtechnik - Bestimmung der Messunsicherheit und der Prüfprozesseignung von Koordinatenmessgeräten mit CT-Sensoren
- VDI/VDE 2634 Blatt 1, 2002-05, Optische 3D-Messsysteme - Bildgebende Systeme mit punktförmiger Antastung
- VDI/VDE 2634 Blatt 2, 2012-08, Optische 3D-Messsysteme - Systeme mit flächenhafter Antastung
- VDI/VDE 2634 Blatt 3, 2008-12, Optische 3-D-Messsysteme - Bildgebende Systeme mit flächenhafter Antastung in mehreren Einzelansichten
- VDI/VDE 2627 Blatt 1, 2015-12, Messräume - Klassifizierung und Kenngrößen - Planung und Ausführung
- VDI/VDE 2627 Blatt 2, 2022-02, Messräume - Leitfaden zur Planung
- DIN EN ISO 1101, 2017-09, Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Geometrische Tolerierung - Tolerierung von Form, Richtung, Ort und Lauf (ISO 1101:2017); Deutsche Fassung EN ISO 1101:2017
- DIN EN ISO 9000:2015-11, Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe (ISO 9000:2015); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 9000:2015
- DIN EN ISO 9001:2015-11, Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen (ISO 9001:2015); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 9001:2015
- DIN EN ISO 10360-1, 2003-07, Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) - Teil 1: Begriffe (ISO 10360-1:2000 + Corr 1:2002) (enthält Berichtigung AC:2002); Deutsche Fassung EN ISO 10360-1:2000 + AC:2002
- DIN EN ISO 10360-2, 2010-06, Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) - Teil 2: KMG angewendet für Längenmessungen (ISO 10360-2:2009); Deutsche Fassung EN ISO 10360-2:2009
- DIN EN ISO 10360-3, 2000-08, Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) - Teil 3: KMG mit der Achse eines Drehtisches als vierte Achse (ISO 10360-3:2000); Deutsche Fassung EN ISO 10360-3:2000
- DIN EN ISO 10360-5, 2020-11, Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) - Teil 5: KMG mit berührendem Messkopfsystem im Einzelpunkt- und/oder Scanningmodus (ISO 10360-5:2020); Deutsche Fassung EN ISO 10360-5:2020
- DIN EN ISO 10360-6, 2009-01, Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) - Teil 6: Abweichungsabschätzung beim Berechnen zugeordneter Geometrieelemente nach Gauß (ISO 10360-6:2001+Cor. 1:2007); Deutsche Fassung EN ISO 10360-6:2001+AC:2008
- DIN EN ISO 10360-7, 2011-09, Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) - Teil 7: KMG mit Bildverarbeitungssystemen (ISO 10360-7:2011); Deutsche Fassung EN ISO 10360-7:2011
- DIN EN ISO 10360-8, 2014-03, Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) - Teil 8: KMG mit optischen Abstandssensoren (ISO 10360-8:2014); Deutsche Fassung EN ISO 10360-8:2014

- DIN EN ISO 10360-9, 2014-04, Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) - Teil 9: KMG mit Multisensorik (ISO 10360-9:2014); Deutsche Fassung EN ISO 10360-9:2014
- DIN EN ISO 10360-10, 2023-11, Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) - Teil 10: Lasertracker für Punkt-zu-Punkt-Messungen (ISO 10360-10:2021); Deutsche Fassung EN ISO 10360-10:2021
- DIN EN ISO 10360-12, 2018-02, Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) - Teil 12: Gelenkarm-Koordinatenmessgeräte (KMG) (ISO 10360-12:2016); Deutsche Fassung EN ISO 10360-12:2016
- DIN EN ISO 10360-13, 2023-11, Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) - Teil 13: Optische 3D KMG (ISO 10360-13:2021); Deutsche Fassung EN ISO 10360-13:2021
- DIN ISO 13528:2020-09, Statistische Verfahren für Eignungsprüfungen durch Ringversuche (ISO 13528:2015, korrigierte Fassung 2016-10-15); Text Deutsch und Englisch
- DIN EN ISO 14253-1, 2018-07, Geometrische Produktspezifikationen (GPS) - Prüfung von Werkstücken und Messgeräten durch Messen - Teil 1: Entscheidungsregeln für den Nachweis von Konformität oder Nichtkonformität mit Spezifikationen (ISO 14253-1:2017); Deutsche Fassung EN ISO 14253-1:2017
- DIN EN ISO 14253-2, 2018-09, Geometrische Produktspezifikationen (GPS) - Prüfung von Werkstücken und Messgeräten durch Messen - Teil 2: Anleitung zur Schätzung der Unsicherheit bei GPS-Messungen, bei der Kalibrierung von Messgeräten und bei der Produktprüfung (ISO 14253-2:2011); Deutsche Fassung EN ISO 14253-2:2011
- DIN EN ISO 14253-3, 2011-10, Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Prüfung von Werkstücken und Messgeräten durch Messen - Teil 3: Richtlinien für das Erzielen einer Einigung über Messunsicherheitsangaben (ISO 14253-3:2011); Deutsche Fassung EN ISO 14253-3:2011
- DIN EN ISO 14253-5, 2016-12, Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Prüfung von Werkstücken und Messgeräten durch Messen - Teil 5: Unsicherheit bei der Verifikationsprüfung von anzeigenden Messgeräten (ISO 14253-5:2015); Deutsche Fassung EN ISO 14253-5:2015
- DIN CEN ISO/TS 15530-1, 2013-12, Geometrische Produktspezifikation und -prüfung (GPS) - Verfahren zur Ermittlung der Messunsicherheit von Koordinatenmessgeräten (KMG) - Teil 1: Übersicht und metrologische Merkmale (ISO/TS 15530-1:2013; Deutsche Fassung CEN ISO/TS 15530- 1:2013
- DIN EN ISO 15530-3, 2018-09, Geometrische Produktspezifikation und -prüfung (GPS) - Verfahren zur Ermittlung der Messunsicherheit von Koordinatenmessgeräten (KMG) - Teil 3: Anwendung von kalibrierten Werkstücken oder Normalen (ISO 15530-3:2011); Deutsche Fassung EN ISO 15530-3:2011
- DIN EN ISO 15530-4, 2008-06, Geometrische Produktspezifikationen (GPS) - Koordinatenmessmaschinen (CMM): Technik für die Bestimmung der Messunsicherheit - Teil 4: Auswertung von aufgabenspezifischen Messunsicherheiten mit Hilfe von Simulationen
- DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2017); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17025:2017
- DIN EN ISO/IEC 17043:2023-10 Konformitätsbewertung - Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Anbietern von Eignungsprüfungen (ISO/IEC 17043:2023); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17043:2023

- ISO/TS 17865:2016-08, Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Leitfaden zur Ermittlung der Prüfun­sicherheit von Koordinatenmessgeräten (KMG) bei KMGs mit berührenden Einfach- und Mehrfach­ta­stern
- DIN ISO/TS 23165, 2008-08 (Vornorm), Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Leitfaden zur Ermittlung der Testunsicherheit von Koordinatenmessgeräten (KMG) (ISO/TS 23165:2006)
- IATF 16949:2016-10, IATF 16949: Anforderungen an Qualitätsmanagementsysteme für die Serien- und Ersatzteilproduktion in der Automobilindustrie
- Leitfaden DKD-L 13-1, Praxisgerechte Ermittlung der Messunsicherheit, Ausgabe 02/2012, Revision 1 (2019), Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin. DOI: 10.7795/550.20191105
- 71 SD 0 010 Rev. 1.2 14. April 2016, Einbeziehung von Eignungsprüfungen in die Akkreditierung, DAkkS
- EA-4/02 M: 2022, Ermittlung der Messunsicherheit bei Kalibrierungen (Deutsche Übersetzung, DAkkS)
- EA-4/18 G: 2021, Guidance on the level and frequency of proficiency testing participation
- ILAC-P9:06/2014, ILAC Policy for Participation in Proficiency Testing Activities
- ILAC-P10:07/2020, ILAC Policy on Metrological Traceability of Measurement Results
- JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections, Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement
- JCGM 101:2008, GUM 1995 with minor corrections, Evaluation of measurement data — Supplement 1 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” — Propagation of distributions using a Monte Carlo method



Herausgeber:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Deutscher Kalibrierdienst
Bundesallee 100
38116 Braunschweig

www.dkd.eu
www.ptb.de