

Physikalisch- Technische Bundesanstalt



**Richtlinie
DKD-R 4-2**

**Kalibrieren von Messgeräten und
Normalen für die
Rauheitsmesstechnik**

Blatt 2

Kalibrieren des vertikalen Mess-
systems von Tastschnittgeräten

Ausgabe 09/2018

<https://doi.org/10.7795/550.20180828C>



	Kalibrieren von Messgeräten und Normalen für die Rauheitsmesstechnik Kalibrieren des vertikalen Messsystems von Tastschnittgeräten https://doi.org/10.7795/550.20180828C	DKD-R 4-2 Blatt 2	
		Ausgabe:	09/2018
		Revision:	0
		Seite:	2 / 15

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: (05 31) 5 92-8021

Internet: www.dkd.eu

	Kalibrieren von Messgeräten und Normalen für die Rauheitsmesstechnik Kalibrieren des vertikalen Messsystems von Tastschnittgeräten https://doi.org/10.7795/550.20180828C	DKD-R 4-2 Blatt 2	
		Ausgabe:	09/2018
		Revision:	0
		Seite:	3 / 15

Zitiervorschlag für die Quellenangabe:

Richtlinie DKD-R 4-2, Blatt 2, Kalibrieren von Messgeräten und Normalen für die Rauheitsmesstechnik. Kalibrieren des vertikalen Messsystems von Tastschnittgeräten, Ausgabe 09/2018, Revision 0, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin.

DOI: <https://doi.org/10.7795/550.20180828C>

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:

Mitglieder des Fachausschusses *Länge*, Arbeitskreis *Rauheit*, des DKD in der Zeit von 2003 bis 2009.

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

	Kalibrieren von Messgeräten und Normalen für die Rauheitsmesstechnik Kalibrieren des vertikalen Messsystems von Tastschnittgeräten https://doi.org/10.7795/550.20180828C	DKD-R 4-2 Blatt 2	
		Ausgabe:	09/2018
		Revision:	0
		Seite:	4 / 15

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.

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.

Die vorliegende Richtlinie wurde vom Fachausschuss *Länge* in Zusammenarbeit mit der PTB und akkreditierten Kalibrierlaboratorien bereits 2003 erstellt.

Die vorliegende geänderte Neuauflage enthält lediglich ein aktualisiertes Impressum.

Sie ist inhaltsgleich mit der DAkkS-DKD-R 4-3, Blatt 2 (Ausgabe 2010). Die DAkkS wird die DAkkS-DKD-R 4-3, Blatt 2 spätestens zum 01.01.2021 zurückziehen.

Ausgabe: 11/2007 veröffentlicht vom DKD

1. Neuauflage: 2010, durch die DAkkS
2. Neuauflage: 2018, durch den DKD, inhaltsgleich mit der 1. Neuauflage

	Kalibrieren von Messgeräten und Normalen für die Rauheitsmesstechnik Kalibrieren des vertikalen Messsystems von Tastschnittgeräten https://doi.org/10.7795/550.20180828C	DKD-R 4-2 Blatt 2	
		Ausgabe:	09/2018
		Revision:	0
		Seite:	5 / 15

Inhaltsverzeichnis

1	Zweck und Geltungsbereich	5
2	Begriffe und Formelzeichen	5
3	Messeinrichtung	6
4	Umgebungsbedingungen	6
5	Kalibrierung	7
5.1	Planglas	7
5.2	Tiefeneinstellnormal Typ A (DIN EN ISO 5436-1)	8
5.3	Raunormal Typ D (DIN EN ISO 5436-1)	9
6	Messunsicherheit	9
6.1	Gemeinsames Modell in der Richtlinie DKD-R 4-2	9
6.2	Gerätekalibrierung mit Tiefeneinstellnormalen	10
6.3	Gerätekalibrierung mit Raunormalen	12
7	Kalibrierfähigkeit	14
8	Kalibrierschein	14
9	Rekalibrierung, Zwischenprüfung	14
10	Schrifttum	15

1 Zweck und Geltungsbereich

In diesem Blatt der Richtlinie wird die Kalibrierung des vertikalen Messsystems von Tastschnittgeräten (DIN EN ISO 3274) beschrieben. Dabei werden die grundsätzlichen Regeln der DIN EN ISO 12179 beachtet. Es werden Verfahren zur Berechnung der Messunsicherheit bei der Kalibrierung von Tastschnittgeräten mit Tiefeneinstellnormalen und Raunormalen angegeben. Durch die Kalibrierung mit Tiefeneinstellnormalen wird die Rückführung auf das nationale Längennormal hergestellt, durch die Kalibrierung mit Raunormalen wird die Funktion der gesamten Übertragungskette des Tastschnittgerätes validiert.

2 Begriffe und Formelzeichen

Hier werden nur die Begriffe und Formelzeichen erläutert, die für dieses Blatt spezifisch sind. Allgemein gültige Begriffe sind in den Oberflächennormen genannt, die im Kapitel 10 aufgeführt sind.

Rz_0	Grundrauschen des Gerätes
Wt_0	Geradheitsabweichung der Führung
$\frac{U_n}{n}$	Unsicherheit des Bezugsnormals
\overline{Pt}_m	Mittelwert von Pt der aktuell gemessenen Profiltiefe
m_w	Anzahl der Wiederholungsmessungen am selben Antastort
m_t	Anzahl der Wiederholungsmessungen bei geändertem Antastort

	Kalibrieren von Messgeräten und Normalen für die Rauheitsmesstechnik Kalibrieren des vertikalen Messsystems von Tastschnittgeräten https://doi.org/10.7795/550.20180828C		DKD-R 4-2 Blatt 2	
			Ausgabe:	09/2018
			Revision:	0
			Seite:	6 / 15

Indizes:

- t* Durch Topographie bedingt
- w* Durch Wiederholungsmessung bedingt
- pl* Durch plastische Verformung bedingt
- sp* Durch Tastspitze bedingt

3 **Messeinrichtung**

Das Tastschnittgerät nach DIN EN ISO 3274 besteht aus einem Grundgerät, einer Vorschubeinrichtung (mit eigener Führung) und einem Tastsystem. Werden unterschiedliche Gerätekombinationen kombiniert, muss jede Gerätekombination für sich kalibriert werden.

Vor der Kalibrierung wird das Tastschnittgerät gemäß seiner Bedienungsanleitung auf einwandfreie Funktion überprüft.

Vorschubrichtung und Oberfläche der Normale sind parallel zueinander auszurichten.

4 **Umgebungsbedingungen**

Das Tastschnittgerät sollte an seinem Einsatzort kalibriert werden. Dadurch wird gewährleistet, dass die Einflüsse der Umgebungsbedingungen, die auch beim späteren Einsatz des Tastschnittgerätes vorhanden sind, bei der Kalibrierung berücksichtigt werden.

Temperaturgradienten z.B. durch direkte Sonneneinstrahlung müssen vermieden werden.

	Kalibrieren von Messgeräten und Normalen für die Rauheitsmesstechnik Kalibrieren des vertikalen Messsystems von Tastschnittgeräten https://doi.org/10.7795/550.20180828C	DKD-R 4-2 Blatt 2	
		Ausgabe:	09/2018
		Revision:	0
		Seite:	7 / 15

5 Kalibrierung

Für eine Kalibrierung werden drei Typen von Normalen verwendet. Dies sind:

- Planglas
- Tiefeneinstellnormal Typ A entsprechend DIN EN ISO 5436-1
- Raunormal Typ D entsprechend DIN EN ISO 5436-1

In Tabelle 1 wird ein Überblick über deren Nutzung bei den durchzuführenden Kalibriertätigkeiten gegeben.

Ziel	Ausführung	Kapitel
Bestimmung des Grundrauschens	5 x Messung von Rz_0 auf Planglas	5.1
Bestimmung der Führungsabweichung	5 x Messung von Wt_0 auf Planglas	5.1
Bestimmung der vertikalen Verstärkung	Messung der Tiefe von verschiedenen Rillen auf Tiefeneinstellnormal	5.2
Bestimmung der Wiederholbarkeit	5 x Messung der Tiefe einer Rille an der selben Stelle auf Tiefeneinstellnormal	5.2
Überprüfung der Funktion der Übertragungskette	Messung von Rauheitskenngößen auf Raunormalen	5.3
Überwachung der Geräteeigenschaften	Regelmäßige Kalibrierung und Dokumentation	9

Tabelle 1: Zusammenfassung der Kalibriertätigkeiten

5.1 Planglas

Auf einem Planglas wird Rz_0 in fünf Tastschnitten unter den Messbedingungen bestimmt, die bei der Kalibrierung des Gerätes mit Raunormalen benutzt werden. Der Mittelwert ist als $\overline{Rz_0}$ im Kalibrierschein anzugeben.

Auf dem Planglas wird Wt_0 in fünf Tastschnitten für den Bereich der Führung bestimmt, der bei den späteren Messungen benutzt wird. Der Mittelwert wird als $\overline{Wt_0}$ für die Berechnung der Messunsicherheit von Kenngößen gebraucht, die am ungefilterten Profil ausgewertet werden (s. Kap. 6.2).

	Kalibrieren von Messgeräten und Normalen für die Rauheitsmesstechnik Kalibrieren des vertikalen Messsystems von Tastschnittgeräten https://doi.org/10.7795/550.20180828C		DKD-R 4-2 Blatt 2	
			Ausgabe:	09/2018
			Revision:	0
			Seite:	8 / 15

5.2 Tiefeneinstellnormal Typ A (DIN EN ISO 5436-1)

Die Messungen am Tiefeneinstellnormal müssen für die Profiltiefen durchgeführt werden, die bei der späteren Anwendung von Bedeutung sind. Es ist der kleinstmögliche zur Profiltiefe passende Messbereich zu wählen.

Die Rille eines Tiefeneinstellnormals ist an einer kalibrierten Stelle fünfmal in derselben Position (zur Bestimmung von $s_w^2(Pt_m)$) und in fünf dicht beieinander liegenden Profilschnitten (zur Bestimmung von $\overline{Pt_m}$) zu messen. Ein Messstellenplan entsprechend Abb. 1 hat sich bewährt.

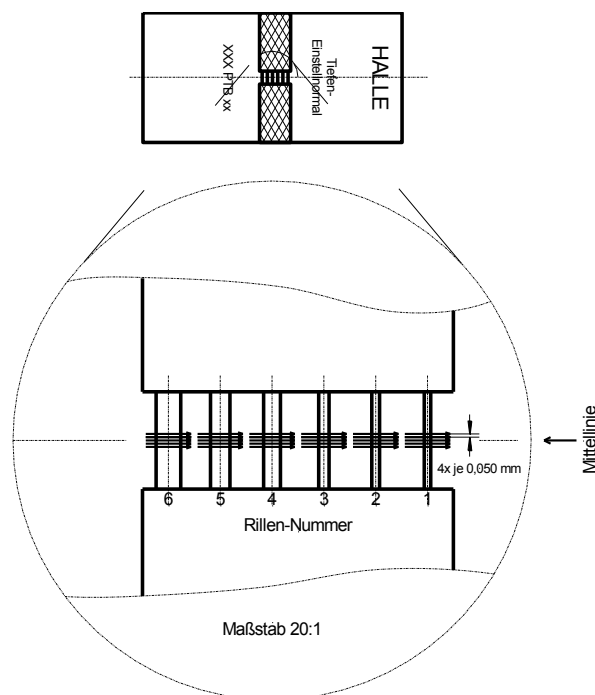


Abb. 1: Beispiel für Messstellenplan bei der Kalibrierung des Tastschnittgerätes mit einem Tiefeneinstellnormal, hier vom Typ A2. Für die Kalibrierung des Gerätes wird an diesem Normal fünfmal in der Mitte der Rille gemessen und fünfmal in einem Bereich von 300 µm um die Mitte herum.

Die Auswertung der Profiltiefe Pt an einem Tiefeneinstellnormal ist in der Richtlinie DKD-R 4-2 Blatt 1 im Anhang B beschrieben. Vor der Auswertung ist die Referenzebene des Normales anhand von zwei Teilbereichen links und rechts neben der Rille nach der Methode der kleinsten Abweichungsquadrate waagrecht auszurichten.

Die Abweichung des Mittelwertes $\overline{Pt_m}$ aus fünf Messungen vom Kalibrierwert wird im Kalibrierschein des Gerätes in Prozent vom Messwert und in Mikrometern angegeben.

Für die Auswertung der Rillentiefe D (entsprechend DIN EN ISO 5436-1), die in der Richtlinie DKD-R 4-2 Blatt 1 im Anhang B beschrieben ist, gilt die gleiche Vorgehensweise.

5.3 Raunormal Typ D (DIN EN ISO 5436-1)

An einem Raunormal mit einem unregelmäßigen Profil werden 12 Profilschnitte auf der Messfläche aufgenommen. Es ist der kleinstmögliche zur Rauheit passende Messbereich (DIN EN ISO 4288) zu wählen. Für die Grenzwellenlänge $\lambda_c = 0,8$ mm hat sich der Messstellenplan nach Abb. 2 bewährt.

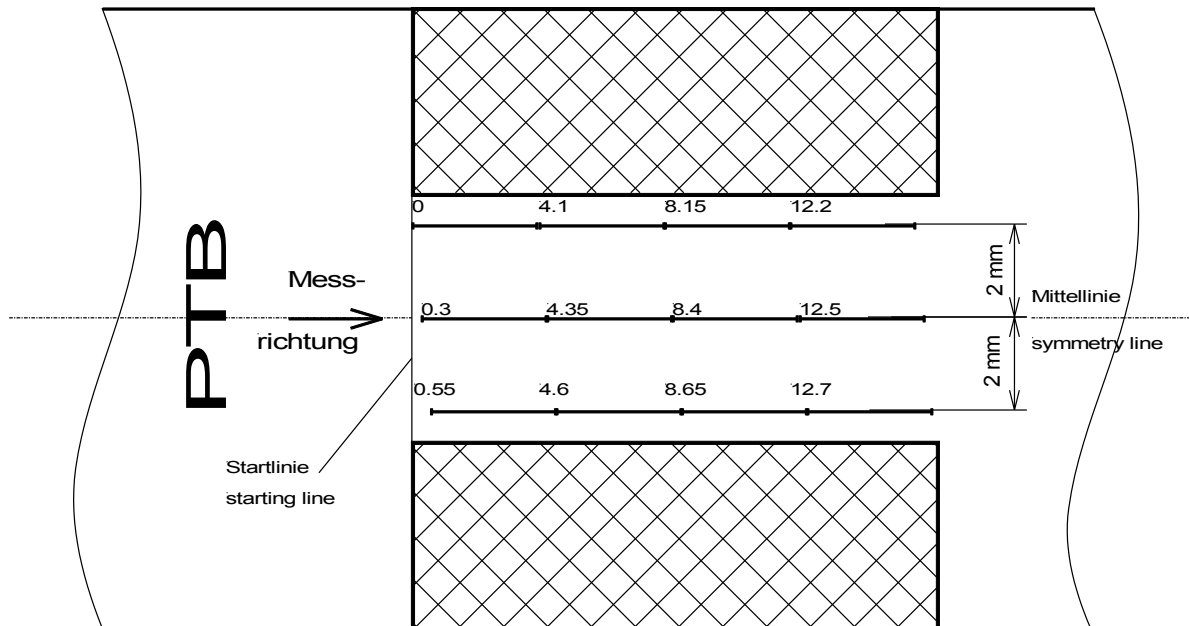


Abb. 2: Beispiel für Messstellenplan auf einem Raunormal mit $\lambda_c = 0,8$ mm, angegeben sind die Startpunkte der jeweils 4 mm langen Messstrecken. Daraus ergeben sich die Taststrecken entsprechend den Filtereigenschaften des Gerätes.

Aus den 12 Profilschnitten wird der arithmetische Mittelwert der gewünschten Rauheitskenngrößen entsprechend DIN EN ISO 4287 oder DIN EN ISO 13565-1,2 berechnet. Die Abweichungen der aktuell bestimmten Werte gegenüber den Werten aus dem Kalibrierschein des Normalen sind im Kalibrierschein des Gerätes in Prozent vom Messwert und in Mikrometern anzugeben.

6 Messunsicherheit

6.1 Gemeinsames Modell in der Richtlinie DKD-R 4-2

Der Messunsicherheitsberechnung im Anhang A der Richtlinie DKD-R 4-2 ist allgemeingültig das Modell des Antastvorganges des Tastschnittgerätes an einer mechanischen Oberfläche zugrunde gelegt. Aus diesem Modell werden hier nun die Größen zusammengestellt, die sich bei der Kalibrierung von Tastschnittgeräten mit Tiefeneinstellnormalen und mit Raunormalen auswirken. Entsprechend GUM werden die Standardunsicherheiten der Einflussgrößen quadratisch addiert und die Summe mit dem Erweiterungsfaktor K multipliziert, der für das Ergebnis eine Überdeckungswahrscheinlichkeit von 95 % gewährleistet.

	Kalibrieren von Messgeräten und Normalen für die Rauheitsmesstechnik Kalibrieren des vertikalen Messsystems von Tastschnittgeräten https://doi.org/10.7795/550.20180828C	DKD-R 4-2 Blatt 2	
		Ausgabe:	09/2018
		Revision:	0
		Seite:	10 / 15

6.2 Gerätekalibrierung mit Tiefeneinstellnormalen

Das Modell der Wechselwirkung bei der Messung an Tiefeneinstellnormalen ist in der Richtlinie DKD-R 4-2 Blatt 1 Anhang B beschrieben. Ausgehend von diesem Modell werden für die Bestimmung der Messunsicherheit bei der Kalibrierung der Geräte mit Tiefeneinstellnormalen entsprechend DIN EN ISO 12179 die Unsicherheitskomponenten berücksichtigt, die von den Geräteeigenschaften und dem Kalibriervorgang beeinflusst werden.

Das Modell:

$$U_{\text{Gerät}}(Pt) = 2 \cdot \left[u_n^2 + \frac{1}{m_t} s_t^2(Pt_m) + \frac{1}{m_w} s_w^2(Pt_m) + \frac{1}{12} (\overline{Wt_0})^2 + \frac{1}{12} (\overline{Rz_0})^2 \right]^{1/2} \quad \text{Gl. 1}$$

u_n Standardunsicherheit des Bezugsnormals, das bei der Gerätekalibrierung verwendet wird. $u_n = U_n / K$. Die erweiterte Unsicherheit U_n und der Erweiterungsfaktor K wird aus dem Kalibrierschein des Bezugsnormals entnommen.

$\frac{1}{m_t} s_t^2(Pt_m)$ Einfluss, der sich bei der Weitergabe aus der Topographie des Bezugsnormals durch eine ungenaue Lokalisierung des Antastortes ergibt. Als Schätzwert dient die Standardabweichung s_t^2 des Mittelwertes der aktuell gemessenen Profiltiefe Pt_m des Bezugsnormals bei m_t Messungen bei geringfügiger Variation des Antastortes.

$\frac{1}{m_w} s_w^2(Pt_m)$ Wiederholpräzision der Antastung des zu kalibrierenden Gerätes. Als Schätzwert dient die Standardabweichung s_w^2 des Mittelwertes der aktuell gemessenen Profiltiefe Pt_m des Bezugsnormals bei m_w Messungen bei Messung am selben Antastort.

$\frac{1}{12} (\overline{Wt_0})^2$ Geradheitsabweichungen der Führung des zu kalibrierenden Gerätes

$\frac{1}{12} (\overline{Rz_0})^2$ Rauschen des zu kalibrierenden Gerätes

	Kalibrieren von Messgeräten und Normalen für die Rauheitsmesstechnik Kalibrieren des vertikalen Messsystems von Tastschnittgeräten https://doi.org/10.7795/550.20180828C	DKD-R 4-2 Blatt 2	
		Ausgabe:	09/2018
		Revision:	0
		Seite:	11 / 15

In der Tabelle 2 sind beispielhaft entsprechend Gl. 1 die Einflussgrößen zur Gerätekalibrierung anhand der Kenngröße Pt zusammengestellt. Die Kapitel-Nummern in der Tabelle beziehen sich auf die Kapitel im Anhang A der Richtlinie DKD-R 4-2 Blatt 1.

Kapitel	Eingangsgröße Stichwort	Berechnung der Eingangsgröße	Beispielwert für $Pt=3\mu\text{m}$	Sensitivitäts- Koeff.	Ermittl.- methode, Verteilung	Varianz [nm ²]
3.1	Bezugsnormal	$\frac{1}{4}U_n^2$	$U_n = 15 \text{ nm}$ (Kal.-schein)	1	B Gauß	56
3.2	Unterschied Messort Kalibrierort	$\frac{1}{m_t} s_t^2(Pt_m)$	$s_t(Pt_m) = 6 \text{ nm}$ ($m_t = 5$)	1	B Gauß	7,2
3.3	Wiederhol- präzision	$\frac{1}{m_w} s_w^2(Pt_m)$	$s_w = 5 \text{ nm}$, $m_w = 5$	1	A Gauß	5
3.5	Führungs- abweichung	$\frac{1}{12}(\overline{Wt_0})^2$	$\overline{Wt_0} = 50 \text{ nm}$	1	B Gleich	208
3.6	Grund- rauschen	$\frac{1}{12}(\overline{Rz_0})^2$	$\overline{Rz_0} = 20 \text{ nm}$	1	A Gleich	33
	Gerät gesamt	Summe Spalte oberhalb	$u_{\text{Gerät}}^2(Pt)$			309,2
		$\sqrt{\text{Zelle oberhalb}}$	$u_{\text{Gerät}}(Pt)$			18 nm
		$K = 2$	$U_{\text{Gerät}}(Pt)$			36 nm
		$U_{\text{Gerät}}(Pt) / Pt$	$U_{\text{rel}}(\text{Gerät}, Pt)$			1,2 %

Tabelle 2: Berechnung der Messunsicherheit der Gerätekalibrierung bei der Messung der Profiltiefe Pt mit Beispielwerten

Das gleiche Verfahren kann auch angewendet werden, wenn die Messunsicherheit der Gerätekalibrierung bei der Messung der Rillentiefe D (DIN EN ISO 5436-1) bestimmt wird.

	Kalibrieren von Messgeräten und Normalen für die Rauheitsmesstechnik Kalibrieren des vertikalen Messsystems von Tastschnittgeräten https://doi.org/10.7795/550.20180828C	DKD-R 4-2 Blatt 2	
		Ausgabe:	09/2018
		Revision:	0
		Seite:	12 / 15

6.3 Gerätekalibrierung mit Raunormalen

Ausgehend von dem Modell in der Richtlinie DKD-R 4-2 Blatt 1 Anhang A werden für die Bestimmung der Messunsicherheit bei der Kalibrierung von Tastschnittgeräten mit Raunormalen entsprechend DIN EN ISO 12179 die Unsicherheitskomponenten berücksichtigt, die von den Geräteeigenschaften und dem Kalibriervorgang beeinflusst werden.

Das Modell:

$$u_{\text{gerät}}(Rz) = 2 \cdot \left[u_{RN}^2 + \frac{1}{m_w} s_w^2(Pt_m) + \frac{1}{12} (\overline{Rz_0})^2 + \frac{a_{pl}^2}{3} + \frac{1}{3} (u(r_{sp}))^2 \right]^{1/2} \quad \text{Gl. 2}$$

u_{RN}^2 Standardunsicherheit der Messgröße auf dem Bezugsnormal (RN), das bei der Gerätekalibrierung eingesetzt wird. $u_{RN} = U_{RN} / K$. Die Unsicherheit U_{RN} und der Erweiterungsfaktor K wird aus dem Kalibrierschein des Raunormals entnommen. Eine mögliche Verstärkungsabweichung wird hierbei auch mit erfasst.

$\frac{1}{m_w} s_w^2(Pt_m)$ Wiederholpräzision der Antastung des zu kalibrierenden Gerätes. Als Schätzwert dient die Standardabweichung s_w^2 des Mittelwertes der aktuell gemessenen Profiltiefe des Bezugsnormals bei m_w Messungen der Profiltiefe Pt_m des Bezugs - Tiefeneinstellnormals bei Messung am selben Antastort.

$\frac{1}{12} (\overline{Rz_0})^2$ Rauschen des zu kalibrierenden Gerätes

$\frac{a_{pl}^2}{3}$ Plastische Verformung am Normal durch Tastspitze

$\frac{1}{3} (u(r_{sp}))^2$ Einfluss der Abweichung der Tastspitze vom Nennradius

	Kalibrieren von Messgeräten und Normalen für die Rauheitsmesstechnik Kalibrieren des vertikalen Messsystems von Tastschnittgeräten https://doi.org/10.7795/550.20180828C	DKD-R 4-2 Blatt 2	
		Ausgabe:	09/2018
		Revision:	0
		Seite:	13 / 15

In der Tabelle 3 sind beispielhaft entsprechend Gl. 2 die Einflussgrößen zur Gerätekalibrierung anhand der Rauheitskenngröße R_z zusammengestellt. Die Kapitel-Nummern in der Tabelle beziehen sich auf die Kapitel im Anhang A der Richtlinie DKD-R 4-2 Blatt 1.

Kapitel	Eingangsgröße Stichwort	Berechnung der Eingangsgröße	Beispielwert bei $R_z = 3 \mu\text{m}$	Sensitivitäts- Koeff.	Ermittl.- methode, Verteilung	Varianz [nm^2]
3.1	Rückführung	u_{RN}^2	$U_{RN}(R_z) = 3\%$ aus Kal-Schein des RN $\Rightarrow u = 45 \text{ nm}$	1	B Gauß	2025
3.3	Wiederhol- präzision	$\frac{1}{m_w} \cdot s_w^2(P_{t_m})$	$s_w = 5 \text{ nm}$, $m_w = 5$ Wiederhol- Messungen	1	B Gauß	5
3.6	Grund- rauschen	$\frac{1}{12} \cdot (\overline{Rz_0})^2$	$\overline{Rz_0} = 20 \text{ nm}$	1	A Gleich	33
3.7	Plast. Verform.	$\frac{a_{pl}^2}{3}$	$a_{pl} = 5 \text{ nm}$	1	B Gleich	8
3.8	Tastspitze	$\frac{1}{3} \cdot (u(r_{sp}))^2$	$u(r_{sp}) = 0,5 \mu\text{m}$	-20 nm/ μm	B Gleich	33
	Gerät gesamt	Summe Spalte oberhalb	$u_{Gerät}^2(Rz)$			2104
		$\sqrt{\text{Zelle oberhalb}}$	$u_{gerät}(Rz)$			46 nm
		$K = 2$	$U_{gerät}(Rz)$			92 nm
		$U_{gerät}(Rz) / Rz$	$U_{rel}(\text{Gerät}, RN)$			3%

Tabelle 3: Berechnung der Messunsicherheit der Gerätekalibrierung bei der Bestimmung der Rauheitskenngröße R_z mit Beispielwerten

Bei Raunormalen wirken sich Führungsabweichungen wegen der Anwendung des Wellenfilters nicht aus.

Anmerkung

Die Gerätekalibrierung wird also hauptsächlich durch die Unsicherheit des Bezugs-Raunormal bestimmt, und dessen Unsicherheit hauptsächlich durch seine Standardabweichung bei seiner Kalibrierung. Da nach DIN EN ISO 12179 für die Unsicherheit der Gerätekalibrierung die Einflüsse durch die Unvollkommenheit der Normale nicht zu berücksichtigen sind, müsste dieser Summand eigentlich weggelassen werden. Da der Einfluss der Topographie aber unvermeidlich mit der Kalibrierung verbunden ist, muss er eingeschlossen bleiben.

	Kalibrieren von Messgeräten und Normalen für die Rauheitsmesstechnik Kalibrieren des vertikalen Messsystems von Tastschnittgeräten https://doi.org/10.7795/550.20180828C	DKD-R 4-2 Blatt 2	
		Ausgabe:	09/2018
		Revision:	0
		Seite:	14 / 15

7 Kalibrierfähigkeit

Die Kalibrierfähigkeit wird in zwei Schritten festgestellt.

Die Kalibrierung wird zuerst mit einem Tiefeneinstellnormal (Bezugsnormal) entsprechend Kapitel 5.2 durchgeführt. Wenn nach einer Justierung des Gerätes die Abweichungen der Ergebnisse immer noch größer als die erweiterte Messunsicherheit zuzüglich eines konstanten Betrages (für akkreditierte Laboratorien hat sich ein Betrag von 0,01 µm bewährt) sind, gilt das Gerät als nicht kalibrierfähig. Ist die Abweichung kleiner, kann die Messunsicherheit der Gerätekalibrierung mit Tiefeneinstellnormalen entsprechend Kapitel 6.2 bestimmt werden.

Wenn diese Voraussetzung eingehalten ist, wird im zweiten Schritt die Kalibrierung mit einem Raunormal entsprechend Kapitel 5.3 durchgeführt. Das Gerät ist dann zur Rauheitsmessung geeignet, wenn die Ergebnisse der Messung der Rauheitskenngrößen an den Bezugsnormalen um weniger als deren erweiterte Messunsicherheit zuzüglich eines konstanten Betrages (für akkreditierte Laboratorien hat sich ein Betrag von 1% der kalibrierten Kenngrößen bewährt) abweichen. Ist die Abweichung kleiner, kann die Messunsicherheit der Gerätekalibrierung mit Raunormalen entsprechend Kapitel 6.3 bestimmt werden.

8 Kalibrierschein

Die Kalibrierung wird im Kalibrierschein dokumentiert. Er soll die folgenden Angaben enthalten:

- Ort der Kalibrierung
- Bestandteile der kalibrierten Gerätekombination (Hersteller, Typ, Serien-Nummer)
- Verwendete Normale (Ident-Nummer, amtliches Zeichen und Datum der letzten Kalibrierung)
- Beschreibung des Kalibrierverfahrens, ggf. auch durch Bezug auf Normen, Richtlinien oder einschlägige wissenschaftliche Texte
- Messbedingungen (Temperatur, Messbereich, Vorschubgeschwindigkeit, Taststrecke, Grenzwellenlänge, Filtertyp, Tastspitzenradius)
- Messergebnis von \overline{Rz}_0 auf dem Planglas
- Messergebnisse, deren Messunsicherheit und Abweichungen (in µm und Prozent) von den kalibrierten Werten des Tiefeneinstellnormals und der Raunormale

9 Rekalibrierung, Zwischenprüfung

Die Kalibrierung ist in regelmäßigen Zeitabständen zu wiederholen. Je nach Messaufgabe sind Rekalibrierfristen von 1 Monat bis 2 Jahre üblich. Die Rekalibrierfrist wird beeinflusst durch

- Stabilität der Umgebungsbedingungen
- Wechsel von Komponenten des Gerätes
- Häufigkeit der Nutzung
- Anforderungen an die Unsicherheit

Zur zwischenzeitlichen Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Gerätes hat es sich bewährt, in kürzeren Zeitabständen an einem Raunormal mit einem regelmäßigen Profil (Typ C1 entsprechend DIN EN ISO 5436-1) die Kennwerte Rz und RSm zu messen und die Abweichung der Anzeigewerte zu dokumentieren.

	Kalibrieren von Messgeräten und Normalen für die Rauheitsmesstechnik Kalibrieren des vertikalen Messsystems von Tastschnittgeräten https://doi.org/10.7795/550.20180828C	DKD-R 4-2 Blatt 2	
		Ausgabe:	09/2018
		Revision:	0
		Seite:	15 / 15

10 Schrifttum

DIN EN ISO 3274: 1998-04:

Geometrische Produktspezifikationen; Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren;
Nenneigenschaften von Tastschnittgeräten

DIN EN ISO 12179: 2000-11:

Geometrische Produktspezifikationen; Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren;
Kalibrierung von Tastschnittgeräten

DIN EN ISO/IEC 17025: 2005:

Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien

DIN EN ISO 4287: 1998-10:

Geometrische Produktspezifikationen; Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren;
Benennungen, Definitionen und Kenngrößen der Oberflächenbeschaffenheit

DIN EN ISO 5436-1: 1998:

Geometrische Produktspezifikationen; Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren;
Normale; Teil1: Maßverkörperungen

DIN EN ISO 4288: 1998-10:

Geometrische Produktspezifikationen; Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren;
Regeln und Verfahren für die Beurteilung der Oberflächenbeschaffenheit

DIN 4768: 1990-05

Ermittlung der Rauheitskenngrößen R_a , R_z , R_{max} mit elektrischen Tastschnittgeräten;
Begriffe, Messbedingungen

Anmerkung: Diese zurückgezogene Norm ist wegen der Definition der weit verbreiteten
Kenngröße R_{max} hier aufgeführt.

Richtlinie DKD-R 4-2:

Kalibrieren von Messgeräten und Normalen für die Rauheitsmesstechnik; Blatt 1: Kalibrieren
von Normalen für die Rauheitsmesstechnik

EN 10049: 2006:

Messung des arithmetischen Mittenrauwertes R_a und der Spitzenzahl RP_c an metallischen
Flacherzeugnissen