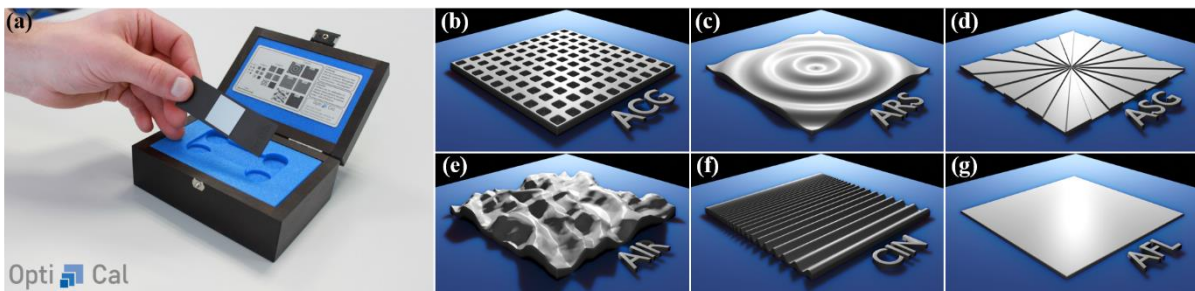


## Datenblatt Universalnormal

Das Universalnormal ermöglicht eine ganzheitliche Kalibrierung flächenhaft messender Topografie-Messgeräte. Die auf dem Probenkörper befindlichen Normale erlauben die Ermittlung der metrologischen Eigenschaften der ISO 25178-600.

Wie in Abbildung 1 dargestellt, werden sechs verschiedene Geometrien zur Ermittlung dieser metrologischen Eigenschaften benötigt. Um die gängigsten Mikroskopvergrößerungen von 5× bis 100× zu kalibrieren, können die Normale mit den Grundflächen 100 µm × 100 µm, 200 µm × 200 µm, 400 µm × 400 µm und 800 µm × 800 µm gemessen werden, was auf eine Gesamtanzahl von 24 potenziellen Messbereichen auf der Probe führt.



**Abb. 1: Universalnormal (schematisch).** (a) Probenträger, (b)-(g) Soll-Geometrien der sechs Normale mit einer Größe von jeweils 100 µm × 100 µm.

Die folgenden Normale sind enthalten:

**1) Sternförmige Rillen / Siemens-Stern (Typ ASG nach DIN EN ISO 25178-70)**

Mit diesem Normal kann eine Messgröße berechnet werden, welche mit der Topografie-Auflösung des Messgerätes in Zusammenhang steht. Dabei wird die mit einer Amplitude von 50 % der ursprünglichen Amplitude übertragene Ortsfrequenz ermittelt (die topografische räumliche Auflösung) [2].

**2) Chirp-Normal (Typ CIN, aktuell nicht in der ISO standardisiert)**

Mit dem Chirp-Normal können einige Aspekte der Genauigkeit der Topografie ermittelt werden, die nach der Norm ISO 25178-603 auch mit der topografischen räumlichen Auflösung in Zusammenhang stehen werden [3]. Das Normal mit der Größe 100 µm × 100 µm bildet 16 unterschiedliche Wellenlängen zwischen 9,46 µm und 0,47 µm ab.

**3) Ebenheitsnormal (Typ AFL nach ISO 25178-70)**

Mit dem Ebenheitsnormal kann das Messrauschen und die Ebenheitsabweichung ermittelt werden. Dies wird durch eine Auswertung der flächenhaften Rauheitskenngrößen erreicht.

**4) Radiale Sinuswelle (Typ ARS nach ISO 25178-70)**

Mit diesem Normal ist eine Kalibrierung aller drei Messgerätechsen möglich. Daher werden die Messgrößen  $S_a$  und  $S_q$  nach ISO 25178-70 ermittelt.

**5) Kreuzgitter (Typ ACG nach ISO 25178-70)**

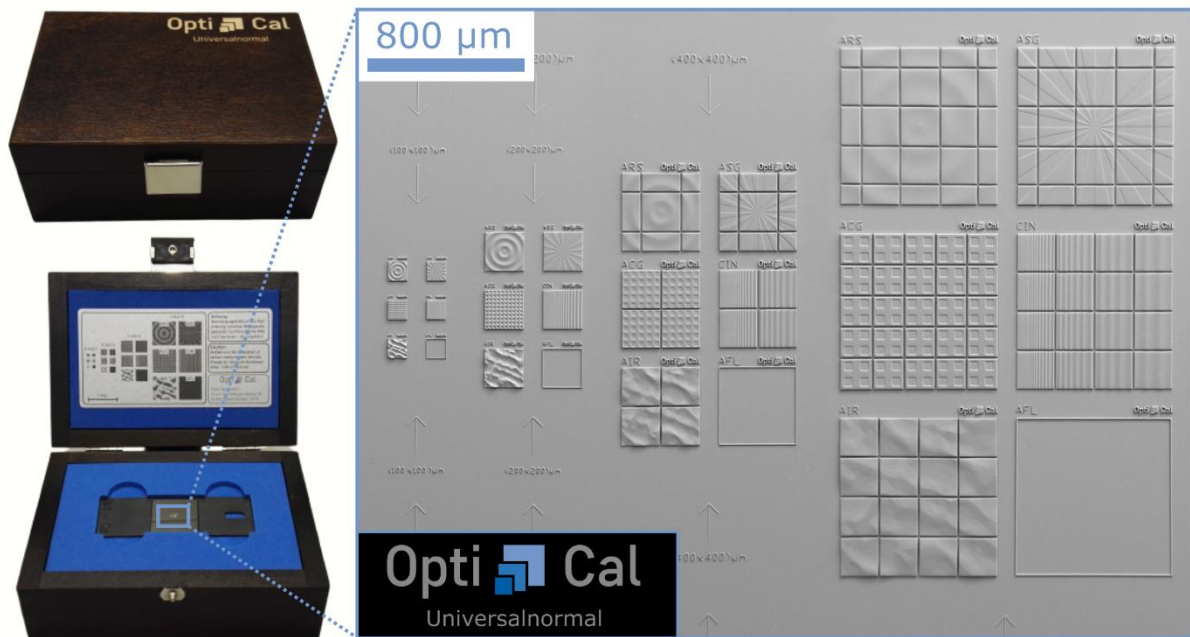
Das Kreuzgitter-Normal wird zur Kalibrierung der lateralen Achsen genutzt. Die zugehörige metrologische Eigenschaft nach ISO 25178-600 ist die lokale x-y Abweichung. Weiterhin können die Linearitätsabweichungen  $l_x, l_y$ , die Verstärkungskoeffizienten  $\alpha_x, \alpha_y$  sowie die Rechtwinkligkeitsabweichung  $\Delta_{PERxy}$  der lateralen Achsen ermittelt werden.

**6) Unregelmäßige raue Oberfläche (Typ AIR nach ISO 25178-70)**

Die unregelmäßige raue Oberfläche wird typischerweise für eine Kalibrierung auf Basis der amplitudenbasierten flächenhaften Rauheitskenngößen genutzt. Die Oberfläche wurde mithilfe eines modellbasierten Auslegungsansatzes gestaltet und ist an eine reale Bauteiloberfläche angelehnt [4]. Weiterhin ist die Funktionalität um die Kalibrierung der Höhenachse erweitert [5]. Diese Kalibrierung wird über eine Berechnung der Linearitätsabweichung  $l_z$  und des Verstärkungskoeffizienten  $\alpha_z$  ausgeführt. Die Kenngrößen werden nach ISO 25178-60x ermittelt, wobei jedoch keine begrenzte Anzahl an spezifischen Werten für die Kalibrierung genutzt wird, sondern die lineare Abbott-Kurve der Oberfläche dazu dient, die Übertragungsfunktion zu ermitteln. Dabei werden die gemessenen Höhenwerte mit den Soll-Höhenwerten über die komplette Anzahl an gemessenen Punkten verglichen. Aufgrund dieser hohen Anzahl an Punkten für die Kalibrierung kann eine hochpräzise und praktische Kalibrieroutine genutzt werden.

**Tabelle 1 Messgrößen:** Gezeigt sind alle zu ermittelnden metrologischen Kenngrößen der Normale [1].

Typ	Kenngröße	100 µm × 100 µm	200 µm × 200 µm	400 µm × 400 µm	800 µm × 800 µm
ASG		<i>topografische räumliche Auflösung</i>			
CIN		<i>Genauigkeit der Topografie (siehe ISO 25178-700)</i>			
AFL	$S_a / \mu\text{m}$	0,000	0,000	0,000	0,000
	$S_q / \mu\text{m}$	0,000	0,000	0,000	0,000
	$S_z / \mu\text{m}$	0,000	0,000	0,000	0,000
ARS	$S_a / \mu\text{m}$	0,944	0,944	0,945	0,948
	$S_q / \mu\text{m}$	1,053	1,053	1,053	1,056
ACG	$l_x / \mu\text{m}$	10	20	40	80
	$l_y / \mu\text{m}$	10	20	40	80
	$\alpha / ^\circ$	90	90	90	90
AIR		<i>Linearitätsabweichung <math>l_z</math></i>			
		<i>Verstärkungskoeffizient <math>\alpha_z</math></i>			
	$S_a / \mu\text{m}$	2,297	2,297	2,297	2,297
	$S_q / \mu\text{m}$	2,655	2,655	2,655	2,655



**Abb. 2 Universalnormal.** Elektronenmikroskopische Aufnahme des Universalnormals zur Visualisierung der Anordnung der einzelnen Normale.

Abbildung 2 gibt einen rasterelektronenmikroskopischen Überblick über die Anordnung der einzelnen Normale.

Das Universalnormal erlaubt eine Kalibrierung verschiedener Mikroskopvergrößerungen ohne ein Auswechseln der Probe. Die Proben der Abmaße  $400\ \mu\text{m} \times 400\ \mu\text{m}$  sowie  $800\ \mu\text{m} \times 800\ \mu\text{m}$  sind zusätzlich mit einer Gitterstruktur überlagert, sodass eine zeitgleiche Kalibrierung des lateralen Übertragungsverhaltens erfolgen kann. Durch das Universalnormal können viele andere Normale ersetzt werden, was zu einer kosten- und zeiteffizienten Messgerätekalibrierung führt.

Die metrologischen Eigenschaften repräsentieren den aktuellen Stand der Technik der internationalen Normung im Bereich der flächenhaften Topografiemessung. Die definierten Messgrößen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die nominellen Werte in der Tabelle wurden auf Basis der Soll-Geometrien für die Fertigung berechnet.

**Opti-Cal GmbH**

Prof. Dr.-Ing. habil. Matthias Eifler, M.B.A.  
Geschäftsführer

Erwin-Schrödinger Str., Geb. 56  
67663 Kaiserslautern, +49 631 / 34359706  
www.opti-cal.de eifler@opti-cal.de

## Literatur

- [1] Eifler, M.; Hering, J.; von Freymann G.; Seewig, J.: A calibration sample for arbitrary metrological characteristics of optical topography measuring instruments. *Optics Express* 26 (13), 16609-16623 (2018).
- [2] Giusca, C.L.; Leach, R.K.: Calibration of the scales of areal surface topography measuring instruments: part 3. Resolution, *Meas. Sci. Technol.* 24(10), 105010 (2013).
- [3] Seewig, J.; Eifler, M.; Wiora, G.: Unambiguous evaluation of a chirp measurement standard. *Surf. Topo. Met.Prop.* 2(4), 045003 (2014).
- [4] Eifler, M.: Modellbasierte Entwicklung von Geometrienormalen zur geometrischen Produktspezifikation, Dissertation, In: Seewig, J. (Hrsg.): *Berichte aus dem Lehrstuhl für Messtechnik & Sensorik 3*, Kaiserslautern: Technische Universität Kaiserslautern, 2016.
- [5] Eifler, M.; Seewig, J.; Hering, J.; von Freymann, G.: Calibration of z-axis linearity for arbitrary optical topography measuring instruments, *Proceedings of SPIE 9525-163, Optical Measurement Systems for Industrial Inspection IX*, 2015.