
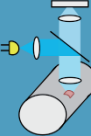


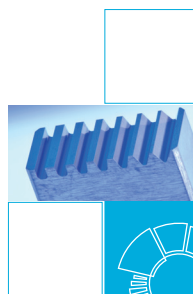
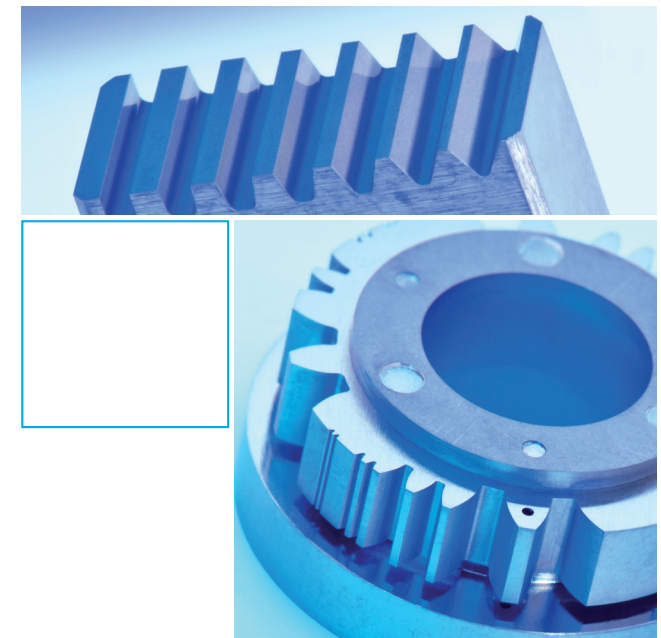


Für die Messung von Mikroverzahnungen werden zunehmend Sensoren eingesetzt, die auf physikalisch unterschiedlichen Prinzipien beruhen. Neben den taktilen Sensoren gehören hierzu auch optische Antastverfahren und die Computertomografie. Eine quantitative und vergleichbare Aussage über deren Eignung für die Messung von Mikroverzahnungen lässt sich nur über Vergleichsmessungen an Normalen treffen.

Messverfahren	Gängige Prinzipien	Anwendungsbeispiele
Taktil	 <p>Piezoelekt. Mikrotaster Ultraschallmikrotaster</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>taktile Koordinatenmessgeräte</li> <li>Verzahnungsmessgeräte</li> </ul>
Optisch flächenhaft	 <p>Fokus-Variation Konfokale Mikroskopie Streifenprojektion Weißlichtinterferometrie</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>optische Oberflächenmesssysteme</li> </ul>
Optisch-taktil	 <p>Fasertaster Taktill-opt. Mikrotaster Video-Sensor</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Multisensor-Koordinatenmessgeräte</li> </ul>
Volumenhaft	 <p>Computertomografie</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>industrielle Computertomografie-Maschinen</li> </ul>

Mögliche Messtechniken für Mikroverzahnungen

## Mikroverzahnungsnormale

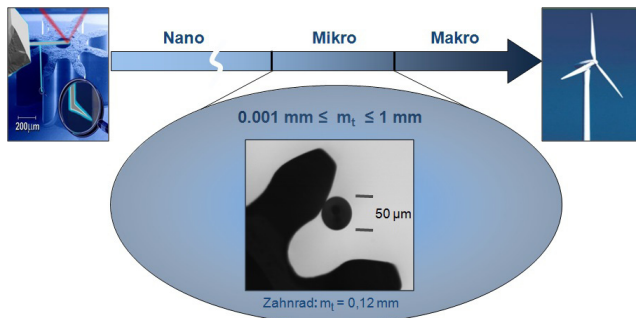


**Dr.-Ing. Karin Kniel**  
5.33 | Verzahnung und Gewinde  
Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
Braunschweig und Berlin  
Bundesallee 100  
38116 Braunschweig  
Telefon: 0531 592-5388  
E-Mail: [karin.kniel@ptb.de](mailto:karin.kniel@ptb.de)  
[www.ptb.de](http://www.ptb.de)

Stand: 04/13

## Motivation

Mikro- und Kleinverzahnungen mit Stirnmodulen zwischen 1  $\mu\text{m}$  und 1 mm sind zu einem unverzichtbaren Bestandteil der modernen Produktion geworden. Sie werden in medizinischen Geräten, in der Halbleiterfertigung, Mikrorobotik und Feinmechanik eingesetzt und gewinnen damit zunehmend wirtschaftliche Relevanz. Hierbei wird von diesen Getrieben bei einem Minimum an Material höchste Präzision und Effizienz gefordert. Zur Umsetzung dieser Anforderungen sind eine zuverlässige Qualitätssicherung und damit eine zuverlässige Messtechnik unverzichtbar. Allerdings fehlten bislang geeignete Mikronormale und Vergleichskonzepte, mit denen die Messungen zuverlässig auf die SI-Längeneinheit Meter rückgeführt werden kann.

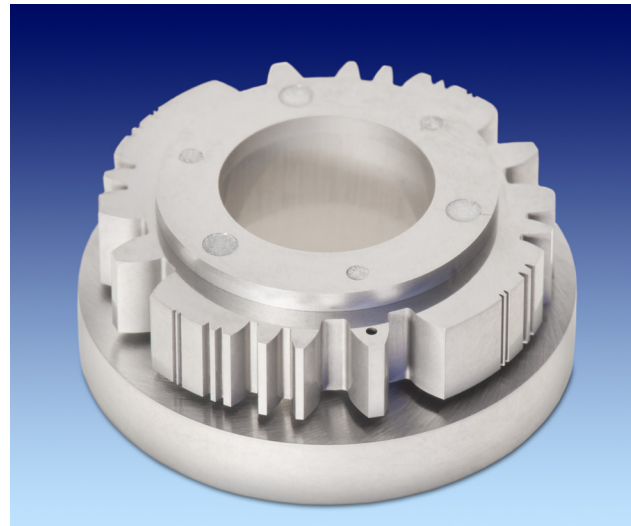


Mit der Entwicklung von Mikroverzahnungsnormalen durch die PTB stehen erstmals kalibrierte Prüfkörper für die Durchführung von Vergleichsmessungen zur Verfügung<sup>1</sup>. Darüber hinaus lassen sich zukünftig verschiedenste Messgeräte, Sensoren und Messverfahren bezüglich ihrer Eignung für die Mikroverzahnungsmessung quantitativ beurteilen.

<sup>1</sup> Die Arbeiten hierzu wurden im Rahmen eines Projektes mit der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) durchgeführt und durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e.V. (AiF) gefördert.

## Produktähnliches Normal

Das in der PTB entwickelte produktähnliche Mikroverzahnungsnormale verkörpert mehrere Verzahnungsgeometrien an einem Bauteil. Der Modulbereich wurde dabei den Anforderungen aus der Industrie angepasst. Die Ausführungsform ermöglicht die Messung mit taktilen und optischen Sensoren sowie computertomographischen Verfahren.



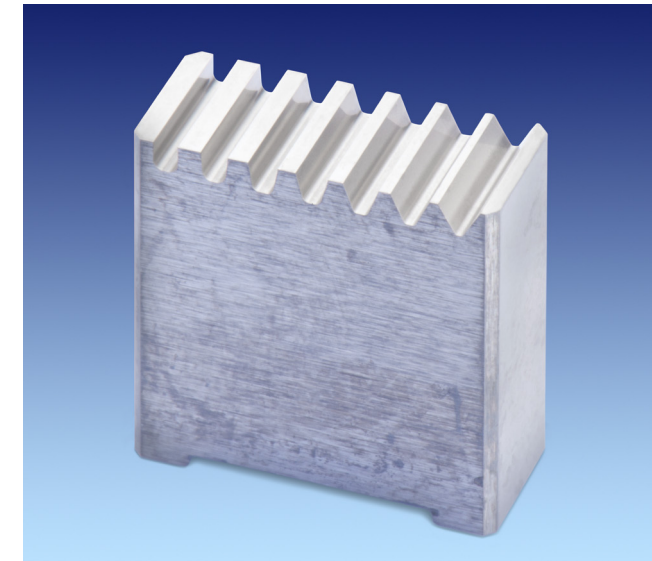
Produktähnliches Mikroverzahnungsnormale der PTB  
(unterer Prüfbund  $\varnothing 24 \text{ mm}$ )

Parameter	Beschreibung
Typ	Außenverzahnung
Steigung $\beta$	$0^\circ$
Profilverschiebung $x$	0
Zähnezahl $z$	198 / 99 / 38 / 18
Normalmodul $m_n$	0,1 mm / 0,2 mm / 0,5 mm / 1 mm
Eingriffswinkel $\alpha_n$	$20^\circ$
Zahnhöhe $h_a$	0,2 mm / 0,3 mm / 1 mm / 1,5 mm
Kopfkreisdurchmesser $d_a$	20 mm
Material	Hartmetall oder Titan

Auslegung des Mikroverzahnungsnormals

## Profilwinkelnormal

Dieses ebenfalls in der PTB entwickelte Normale dient dem Nachweis der grundsätzlichen Eignung optischer Sensoren für die Messung von Mikroverzahnungen. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der Messbarkeit verschiedener Zahnspitzenstrukturen entlang der Spalttiefe in Abhängigkeit unterschiedlicher Öffnungswinkel.



Profilwinkelnormal der PTB (Breite 12 mm)

Parameter	Beschreibung
Normalmodul $m_n$	0,5 mm
Profilwinkel	$0^\circ / 5^\circ / 10^\circ / 15^\circ / 20^\circ / 25^\circ / 30^\circ$
Zahnradhöhe $h_a$	1 mm
Fußrundungsradius	0,3 mm / 0,2 mm / 0,15 mm
Gesamtgeometrie (B/H/T)	11,8 mm / 20 mm / 5 mm
Material	Hartmetall

Auslegung des Profilwinkelnormals