

# Multiskalenmethode zur dimensionellen Charakterisierung von porösen Oberflächen

Yibo Zou\*, Markus Kästner\*, Eduard Reithmeier\*

\*Institut für Mess- und Regelungstechnik, Leibniz Universität Hannover

<mailto:yibo.zou@imr.uni-hannover.de>

Die Untersuchung der Porenstrukturen bzw. ihrer geometrischen dimensionellen Modelle mit unterschiedlichen Auflösungen stellt in der Oberflächenmesstechnik ein anspruchsvolles Forschungsgebiet dar. In der vorliegenden Arbeit wird die Analyse und Auswertung der Messdatensätze mit Hilfe von Bildverarbeitungsalgorithmen durchgeführt.

## 1 Einführung

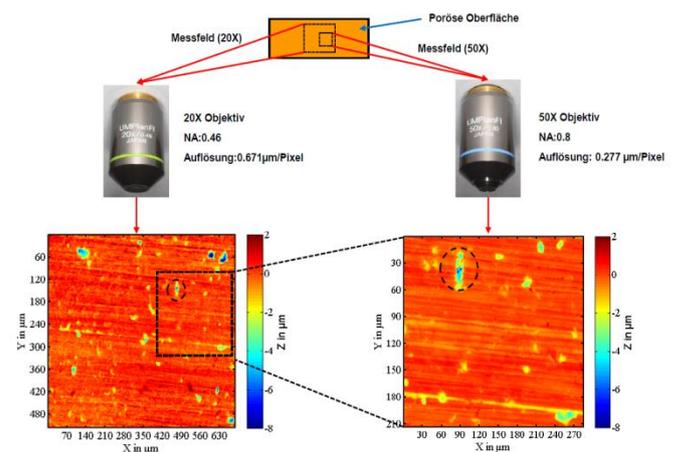
In der Automobilindustrie spielt die thermisch plasmagespritzte Oberflächenbeschichtung im Bereich flüssigkeitsgeschmierter Hochleistungskontaktpaarung eine wichtige Rolle [1]. Um das tribologische Verhalten zu optimieren, ist es notwendig, Methoden zur Charakterisierung dieser porösen Oberflächen zu entwickeln. Die Auswertungsstrategie mit multiskaligen Methoden stellt in der optischen Messtechnik ein anspruchsvolles Forschungsgebiet dar. In dieser Arbeit wird eine neue Auswertungsmethode vorgestellt, um die Einflüsse der Auflösung auf die Auswertungsergebnisse analysieren zu können.

Die Motivation von Multiskalenmethoden stellt sich wie folgt dar: Bei der multiskaligen Erfassung der Oberflächenmikrostruktur funktionsrelevanter Bauteiloberflächen mit Hilfe der bildverarbeitenden Mikroskopie wird zunächst ein großer Teil der Bauteiloberfläche in einem Übersichtsmessfeld mit geringer Auflösung erfasst. Innerhalb dieses Messdatensatzes werden Teilbereiche mit funktionsrelevanten bzw. funktionskritischen Mikrostrukturen identifiziert, die anschließend innerhalb eines kleinen Messfeldes deutlich höherer Auflösung erfasst werden. Durch diese Vorgehensweise können einerseits die funktionsrelevanten Mikrostrukturen der Bauteiloberfläche auf Basis einer hohen Messpunktdichte charakterisiert werden, andererseits ergibt sich durch die Detektion und selektive Erfassung der relevanten Bereiche der Bauteiloberfläche aus dem Übersichtsmessfeld eine deutliche Zeitersparnis.

## 2 Datenerfassung und experimentales Setup

Zur Datenerfassung verfügt das IMR (Institute für Mess- und Regelungstechnik) über ein Veeco Wyko Weißlichtinterferometer, ein konfokales Laserscanner der Firma Keyence und ein konfokales Mikroskop der Firma NanoFocus. Mit diesem lassen sich verschiedenen Informationen bzgl. poröser Oberflächen, wie z.B. 3D Topographien, Inten-

sitäts- und Farbinformationen erhalten. Das experimentale Schema für die multiskalige Datenerfassung ist in Abb.1 dargestellt: Die beiden 3D Datensätze wurden jeweils mit einem 20x Objektiv ( $NA:0.46$ ) und einem 50x Objektiv ( $NA:0.8$ ) mit Hilfe des Keyence Laserscanningmikroskop erfasst.



**Abb. 1** Experimentales Setup für die multiskalige Datenerfassung poröser Oberflächen.

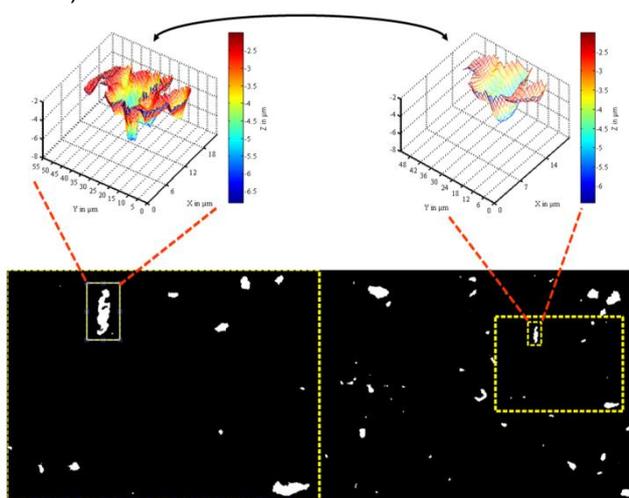
Dabei müssen die beiden Messfelder einen Überlappungsbereich aufweisen, so dass die identischen Porenstrukturen beobachtet werden können. Anschließend werden die übereinstimmenden Poren durch Bildverarbeitungsmethoden erkannt und lokalisiert. Danach lassen sich die Einflüsse der unterschiedlichen Auflösungen auf die Auswertungsergebnisse analysieren

## 3 Umsetzung und Auswertungsstrategien

Die konkrete Umsetzung erfolgt durch folgende Schritte: Zunächst wird eine multiskalige Datenerfassung sowohl für die Intensitätskarte als auch für die topographische Karte durchgeführt. Für die beiden Intensitätskarten wird der SURF (Speeded Up Robust Features) Algorithmus implementiert,

um die affine Transformation zwischen beiden Kanten zu bestimmen [2]. Der SURF Algorithmus ist ein Key-Point basierter Algorithmus. Er sucht die extremen lokalen Bildmerkmale mit Hilfe eines Hesse-Matrix basierten Feature-Detektors. Die detektierten Schlüsselpunkte werden durch einen Eigenschaftsvektor mit 64 Einträgen charakterisiert. Diese Methode ist invariant gegen affine Transformationen wie z.B. Verschiebungen, Drehungen, Skalierungen und er ist nur für die Anwendung auf ein Grauwertbild geeignet [3][4].

Im Anschluss daran wird eine 3D-Datenvorverarbeitung für aufgenommen topographischen Karten unter gleichen Bedingungen durchgeführt, welche z.B. das Ausrichten der Topographien. Filterung, schwellwertbasierte Segmentierung beinhalten soll. Nach der Segmentierung lassen sich die Poren durch ein binäres Bild darstellen. Auf Basis der affinen Transformation, die durch SURF Algorithmus extrahiert wurde, wird eine automatische Zuordnung mit Hilfe der Boundingbox realisiert und auch visualisiert (siehe Abb.2).

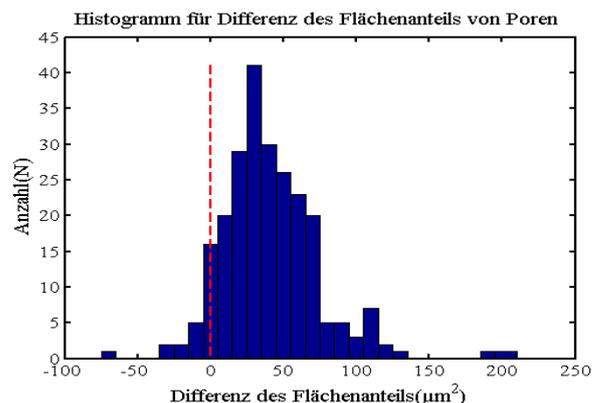


**Abb. 2** Automatische Registrierung mit Hilfe einer Boundingbox auf Basis der extrahierten affinen Transformation.

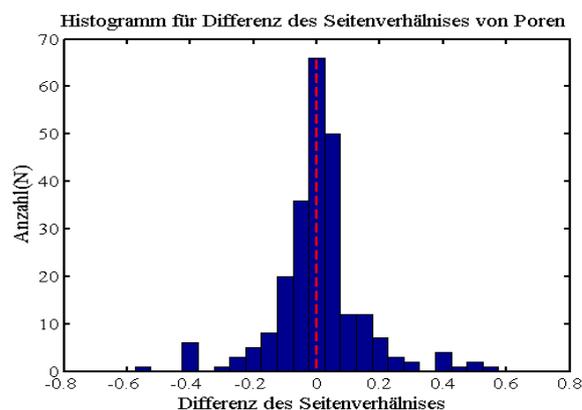
Im letzten Schritt können die topographischen 3D-Informationen von identischen Poren extrahiert werden, so dass die geometrischen Kenngrößen miteinander verglichen werden können.

#### 4 Ergebnis

Für die Voruntersuchung wurden zunächst 4 numerischen Parameter (Flächenanteil, Porosität innerhalb der Boundingbox, Volumen, Seitenverhältnis) von 250 identischer Poren berechnet. Gefolgt wurde eine statistische Auswertung mit Hilfe des Histogramms durchgeführt. Anhand von solchen Differenzen Histogrammen (siehe das Beispiel in Abb.3 und Abb.4) können folgenden Aussagen getroffen werden:



**Abb. 3** Histogramm für Differenz des Flächenanteils von 250 Poren (Flächenanteil50x-Flächenanteil20x).



**Abb. 4** Histogramm für Differenz des Seitenverhältnisses von 250 Poren (Seitenverhältnis50x-Seitenverhältnis20x).

- Porosität steigt innerhalb Boundingbox mit höherer Sensorauflösung
- Flächenanteil der Poren steigt mit höherer Sensorauflösung
- Volumen der Poren steigt mit höherer Sensorauflösung
- Seitenverhältnis ist invariant gegen Sensorauflösung

#### Literatur

[1] Peter Ernst and Kevin Fletcher: SUMEBorethermally sprayed protective coating for cylinder liner surfaces.

[2] H. Bay, T. Tuytelaars, and L. Van Gool. Surf: Speeded up robust features. European Conference on Computer Vision, 1:404-417, 2006.

[3] Yanwei Pang; Wei Li; Yuan Yuan; Jing Pan (2012): Fully affine invariant SURF for image matching. In *Neurocomputing* 85 (0), pp. 6–10. DOI: 10.1016/j.neucom.2011.12.006.

[4] A. Witkin. Scale-space filtering, int. Joint conf. Artif. Interll, 2:1019-1021, 1983.