



## RAUHEITSMESSTECHNIK ZUR AUTOMATISIERTEN 100-PROZENT-PRÜFUNG

# Berührungslos durch Berg und Tal

Stephan Bichmann,  
Frank Depiereux und Niels König, Aachen

Taktile Techniken, die zur Messung rauer Oberflächen eingesetzt werden, arbeiten meist relativ langsam. Das von der fionec GmbH zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT entwickelte optische, berührungslose Rauheitsmesssystem hingegen erlaubt eine 100-Prozent-Prüfung. Damit lassen sich die Messzeiten um den Faktor sechs reduzieren.

Beim Optimieren von Produkteigenschaften rücken die Möglichkeiten zur funktionellen Strukturierung von Oberflächen zunehmend in den Fokus von Produktdesignern und Konstrukteuren. Häufig spielen dabei Strukturgeometrien mit Abmessungen von wenigen Mikrometern eine entscheidende Rolle. Sicherheitskritische Fragen wie Versagen und Bruch von Teilen haben meist ihren Ursprung an der Oberfläche, sodass die Messung der Rauheit zu einer der wichtigsten Standardmessaufgaben der Fertigungstechnik gehört.

Darüber hinaus werden Bauteilfunktionen über die gezielte Gestaltung der

Oberfläche beeinflusst, wie z. B. die Dichtungsfläche von Wellen, für die eine Drallmessung sinnvoll ist [1], oder aber tribologische Oberflächen wie beispielsweise gehobene Zylinderlaufbahnen in der Fertigung von Verbrennungsmotoren (Bild 1). Die Fertigungsprozesse zur Erzeugung funktionaler Oberflächen sind derart komplex, dass eine produktionsnahe Messtechnik essenziell ist [2].

### Taktil Messen ist systembedingt langsam

Zur Messung von rauen und funktionalen Oberflächen werden heute vor allem tak-

tile Messverfahren eingesetzt. Diese robusten und industriell etablierten Messmittel kämpfen jedoch mit den systemimmanenten Nachteilen der langsamen Messgeschwindigkeit (höchstens 0,5 mm/s) und der berührenden Messung. Die resultierenden langen Messzeiten sind somit nicht vereinbar mit dem häufigen Kundenwunsch nach einer schnellen, voll automatisierten 100-Prozent-Prüfung.

Optische Messverfahren ermöglichen hingegen die schnelle Erfassung der Oberflächentopografie. Etablierte Messprinzipien sind die konfokale Mikroskopie, chromatisch-konfokale Sensoren so-

	Rauheitsmesssystem FDM-R
Sensor	faseroptisch, Typ FDM-2 (fionec GmbH)
Achse und Controller	Physik Instrumente
Spannfutter	Festo
Zustellgeschwindigkeit	100 mm/s
Messgeschwindigkeit	3 mm/s
Beladung	automatisch oder manuell
Auswertung	Ra, Rz, Rk, Rvk, Rpk

Tabelle 1. Kennwerte des Rauheitsmesssystems

wie die Weißlichtinterferometrie. Entsprechende Messsysteme haben jedoch den Nachteil, dass die Messköpfe aufgrund der Baugröße der verwendeten Objektive für viele Anwendungen in der Fertigung, wie etwa die Messung in gehonten Bohrungen, nicht geeignet sind. Hier bietet die faseroptische, interferometrische Abstandsmesstechnik enorme Vorteile, da sie Messgenauigkeiten im Sub-Mikrometer-Bereich mit Messsondendurchmessern von deutlich unter 1 mm ermöglicht [3]. Neben der Messung von Formabweichungen können faseroptische, interferometrische Sensoren auch für die Rauheitsmesstechnik genutzt werden [4].

**Faseroptisches Messsystem entwickelt**

Das Lösungskonzept für die faseroptische Rauheitsmesstechnik umfasst die hochdynamische An- und Abfahrbewegung einer

Messsonde, einen – verglichen mit taktilen Messverfahren – deutlich beschleunigten Messvorgang und eine Hard- und Softwareschnittstelle für die Anbindung eines Robotersystems zum automatisierten Zuführen der Teile.

Die Basis des Messsystems bildet ein faseroptischer Sensor, der gemeinsam von der fionec GmbH und dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT, beide Aachen, für die genaue, berührungslose Abstandsmessung entwickelt wurde (Bild 2, links). Die speziell für die optische Rauheitsmessung entwickelten Messsonden arbeiten verschleißfrei und sind in der Lage, auch in kleine Kavitäten oder Mikrobohrungen einzutauchen und zuverlässig die Rauheit zu messen.

Das faseroptische Messsystem basiert auf dem Prinzip der kurzkohärenten Interferometrie, wozu unter anderem auch die Weißlichtinterferometrie zählt. Es ermöglicht somit absolute Messungen auch auf technischen Oberflächen. »



Bild 1. Gehonte Zylinderlaufbahn

### Literatur

1. Seewig, J.; Hercke, T.: Lead Characterization by an Objective Evaluation Method. *Wear* 266 (2009), S. 530–33
2. Weckenmann, A.; Schmidt, H.; Schmitt, R.; König, N.; Zheng, H.: Evaluation of a Function Oriented Optical In-Process Measurement System for Cylinder Liners. In: 10th IMEKO Symposium Laser Metrology for Precision Measurement and Inspection in Industry (LMPMI) 2011, VDI-Berichte Nr. 2156, VDI-Verlag Düsseldorf, S. 31–37
3. Bosbach, C.; Pfeiffer, T.; Depiereux, F.: Neue Konzepte für ein faserbasiertes Messsystem zur absoluten Abstandsmessung. *tm – Technisches Messen* 70 (2003) 2, Oldenbourg Verlag München, S. 85–92
4. Schmitt, R.; König, N.; Manfrin de Araújo, E.: Surface profile analysis using a fiber-optic low-coherence interferometer. *Proc. SPIE* 7389 (2009), S. 738914-1–738914-8

### Autoren

**Dr.-Ing. Stephan Bichmann**, geb. 1975, ist Abteilungsleiter am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie (IPT), Aachen.

**Dr.-Ing. Frank Depiereux**, geb. 1973, ist Geschäftsführer der fionec GmbH, Aachen.

**Dipl.-Phys. Niels König**, geb. 1974, ist Gruppenleiter am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie (IPT), Aachen.

### Kontakt

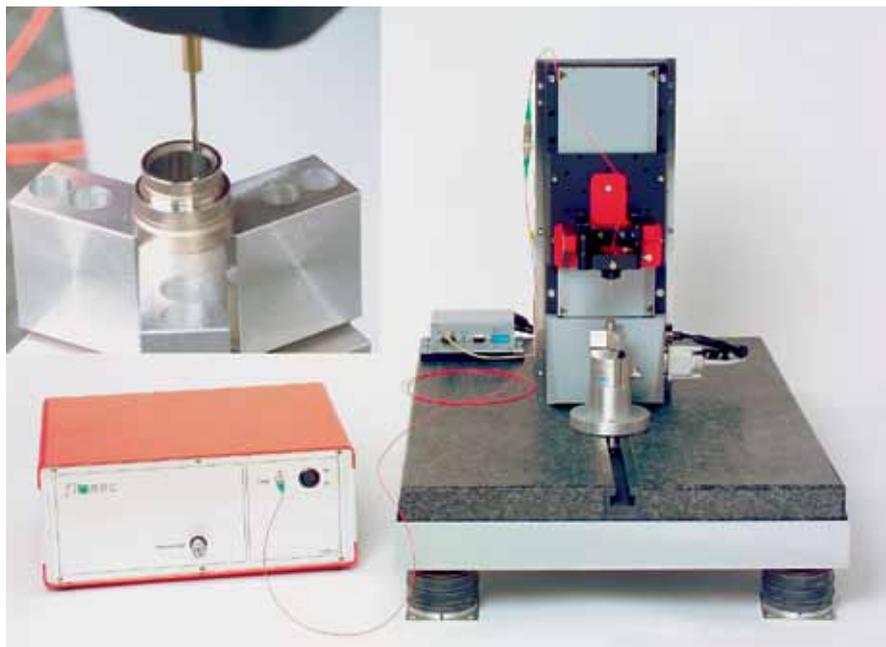
**Dr.-Ing. Stephan Bichmann**  
T 0241 8904-245  
stephan.bichmann@ipt.fraunhofer.de

**Dr.-Ing. Frank Depiereux**  
T 0241 8949-8840  
f.depiereux@fionec.de

**Dipl.-Phys. Niels König**  
T 0241 8904-113  
niels.koenig@ipt.fraunhofer.de

### www.qz-online.de

Diesen Beitrag finden Sie online unter der Dokumentennummer: **392650**



**Bild 2.** System zur optischen Rauheitsmessung in der Fertigung, links oben: faseroptische Messsonde in innengehohener Bohrung

Hauptbestandteile des Systems sind eine opto-elektronische Auswerteeinheit und eine fast beliebig lange faseroptische Messsonde, die für den jeweiligen Anwendungsfall ausgelegt wird. In der Auswerteeinheit wird der Abstand zwischen Sonde und Messobjekt optisch dekodiert und anschließend berechnet. Durch die hohe Messfrequenz von bis zu 5 kHz und eine Messunsicherheit von  $0,1 \mu\text{m}$  eignet sich dieses Verfahren für die schnelle und präzise Oberflächenmessung. Die Zustell- und Messbewegung der Sonde wird durch eine schnelle Linearachse realisiert, wobei die Zustellgeschwindigkeit bei  $100 \text{ mm/s}$  und die Messgeschwindigkeit bei  $3 \text{ mm/s}$  liegt (Tabelle 1). Über die Triggerfunktion der Achse wird während des Messvorgangs eine äquidistante Abtastung der Messstrecke in  $1\text{-Mikrometer-Schritten}$  gewährleistet.

Die Bauteile werden mit einem pneumatischen 3-Backen-Spannfutter positioniert, die Wiederholgenauigkeit ist dabei besser  $10 \mu\text{m}$ . Die Be- und Entladung des Messsystems erfolgt durch einen Roboter, dessen Einbindung in das Messsystem sowohl hard- als auch softwareseitig berücksichtigt wurde. Die manuelle Be- und Entladung ist optional ebenfalls möglich.

Für die Inline-Klassifikation von i.O.- und n.i.O.-Bauteilen wurde eine Mess- und Automatisierungssoftware entwickelt, die den neuesten Stand der Norm für Profilfilter (ISO 16610) und Oberflächenkenn-

größen (ISO 4287, ISO 13565) abdeckt. Die so erfassten Kenngrößen bilden die Basis für die Klassifikation des Teils. Die Software kann über TTL-Signale das Ausschleusen eines Gutteils bzw. das Aussortieren eines Fehlerteils initiieren.

### Für hohe Stückzahlen geeignet

Das Messsystem weist einen hohen Automatisierungsgrad auf und ist für die Messung hoher Stückzahlen geeignet. Mit dem Ziel einer Null-Fehler-Produktion setzt ein deutsches Familienunternehmen der Automobilzulieferbranche aus Ostwestfalen das Messsystem bereits in speziellen Fertigungslinien ein. Die Forderung nach hundertprozentiger Automatisierbarkeit und extrem kurzen Prüfzeiten wurde dabei vollständig erfüllt.

Stichprobenmessungen mit einem taktilen Tastschnittsystem zeigten eine gute Vergleichbarkeit mit den optisch gemessenen Profilkennwerten. Weitere Anwendungen der faseroptischen Sensorik finden sich beispielsweise in der Prüfung von Rundheit und Geradheit sowie von Durchmessern kleiner Bohrungen. Des Weiteren sind Applikationen in der Vielstellenmesstechnik denkbar, die mit verteilten Sensoren arbeiten, etwa zur Prüfung von Formtoleranzen (z. B. Rundlauf, Stufenhöhen, Parallelitäten) komplex geformter Bauteile. □