

1, 2 Sensoreinheit zur Geradheitsprüfung. Fotos: Fraunhofer IFF

## GERADHEITSPRÜFUNG PROFILIERTER MATERIALIEN

### Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h.  
Dr. h. c. mult. Michael Schenk

Sandtorstraße 22  
39106 Magdeburg

Ansprechpartner  
Geschäftsfeld Mess- und Prüftechnik

Dr.-Ing. Dirk Berndt  
Telefon +49 391 4090-224  
dirk.berndt@iff.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Ralf Warnemünde  
Telefon +49 391 4090-225  
ralf.warnemuende@iff.fraunhofer.de

[www.iff.fraunhofer.de](http://www.iff.fraunhofer.de)

### Ausgangssituation und Motivation

Bei der Fertigung vieler Produkte werden profilierte Materialien, wie U-, I-, Vierkant- oder Rundprofilstäbe als Ausgangsmaterial eingesetzt. Diese Halbzeuge werden in der Regel durch Ziehen und Walzen oder im Extrusionsverfahren hergestellt. Für unterschiedliche Anwendungen ergeben sich erhöhte Anforderungen an die Geradheit des Rohmaterials. Die Geradheit des Rohmaterials ist Voraussetzung für die Funktionalität der Endprodukte.

Eine Möglichkeit zur Prüfung der geometrischen Produktqualität direkt im Fertigungsprozess bietet die OptoInspect 3D-Technologie. Darauf basierende, aufgabenspezifisch angepasste, optisch berührungslos arbeitende Messsysteme prüfen die Geradheit profilierter Stabmaterialien direkt in der Fertigungslinie. Die automatisierte Messung und Datenauswertung

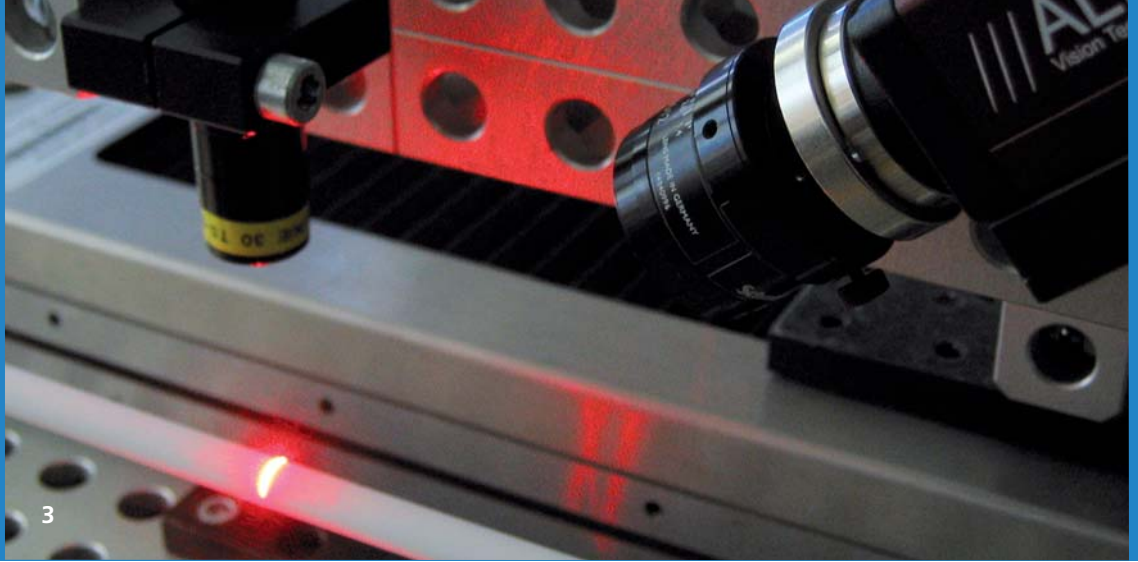
schaffen die Voraussetzung für eine schnellste Bereitstellung der Prüfergebnisse und ermöglichen somit eine unmittelbare Prozessrückkopplung.

### Die Messtechnologie

Die Prüfung profilierter Materialien wird in zwei Schritten durchgeführt. Zuerst erfolgt eine 3-D-Digitalisierung relevanter Bereiche der Profilloberfläche. In einem zweiten Schritt werden die Daten ausgewertet, die Geometrieparameter bestimmt und eine Gut-Schlecht-Klassifikation vorgenommen.

### Messprinzip

Für die Digitalisierung der Bauteiloberfläche kommt das Laserlichtschnittverfahren zum Einsatz. In Abhängigkeit von der Form des Profilquerschnitts werden Kamera-Laser-Anordnungen zu Lichtschnittsensoren



konfiguriert, welche die Bauteiloberfläche linienhaft abtasten. Mit jeder Messung werden die Daten für jeweils einen Profilquerschnitt erfasst.

### Scanbewegung

Die Erfassung der gesamten Bauteiloberfläche erfordert eine Relativbewegung zwischen dem Prüfling und der Lichtschnittsensoreinheit. Die Sensoreinheit wird dafür entlang der Profillängsachse bewegt. Aus der Positionsinformation der Bewegungseinheit werden Triggersignale generiert, welche die Messdatenaufnahme steuern und eine äquidistante Folge von Profilquerschnitten entlang des Bauteils erzeugen. Die Festlegung des notwendigen maximalen Abtastabstandes erfolgt auf Basis einer Betrachtung der möglichen Geradheitsabweichungen (Nyquist-Bedingung).

Für die Führung der Sensoreinheit entlang des Profils ist eine präzise Linearbewegung wichtig. Abweichungen von einer exakt linearen Bewegung gehen ansonsten direkt als Fehler in das Digitalisierungsergebnis ein. Hochgenaue Führungen, z. B. in luftgelagerter Ausführung und die Verwendung von Führungsträgern aus Hartgestein erfüllen diese Anforderungen, sind jedoch sehr aufwendig. Ein alternativer Lösungsansatz verzichtet auf eine sehr hohe Präzision von Linearführung und Träger. Stattdessen werden Linearachsen mit Standardgenauigkeiten eingesetzt. Ein zusätzliches Messsystem erfasst und kompensiert die Abweichungen von einer ideal linearen Bewegungsbahn. Ein Lagemesssystem, bestehend aus Punktlasern und flächig positionsempfindlichen Diodenarrays in Form von PSD-Elementen (PSD=position sensing

device) wird dafür verwendet. Die PSDs werden an den Schlitten der Linearachse und die Laser ortsfest am Maschinengestell angebracht. Die Ortsveränderung des projizierten Laserpunktes liefert ein Maß für die Abweichung von der linearen Bewegung. In Abhängigkeit von der Konfiguration des Lagemesssystems können somit typische Fehler der Lineareinheit, wie Höhen- und Seitenschlag, Rollen, Nicken und Gieren, erfasst und kompensiert werden.

### Messdatenauswertung

Die Basis der Messdatenauswertung bildet die durch das Scannen des Bauteils generierte Folge von Profilschnitten entlang der Profilachse. Diese liegen in Form von Kamerabildern vor. In einem ersten Schritt erfolgt nach einer Vorverarbeitung der Messdaten die Berechnung von 3-D-Daten. Dazu wird jeweils die Laserlinie im Kamerabild in ihrer Position bestimmt und unter Nutzung der Parameter aus der Kalibrierung der Lichtschnittsensoren 3-D-Daten für jeden Profilschnitt berechnet. Durch Projektion der Daten in eine zur Profilachse senkrechte Ebene entsteht eine Folge von exakten Querschnitten entlang des Profils. Im Folgenden wird für jeden Querschnitt ein Merkmalspunkt mit einem festen Bezug zur Profilachse berechnet. Mittels mathematischer Approximation werden Referenzgeometrielemente (Geraden, Kreissegmente, Kurven) in entsprechende Bereiche der Profilquerschnitte eingepasst und daraus für jeden Profilquerschnitt ein Merkmalspunkt bestimmt. So entsteht eine Folge von Merkmalspunkten, welche wie eine Perlenkette den räumlichen Profilverlauf und somit die Geradheit repräsentiert.

### Geradheitsbestimmung

In Abhängigkeit von der Profilform, entweder symmetrisch oder rotationssymmetrisch, erfolgt die Betrachtung der Merkmalspunktekette. Die Perlenkette wird in unterschiedlichen Projektionsebenen, z. B. in der horizontalen und vertikalen Ebene, untersucht. Dazu werden entsprechend der Normvorgabe (DIN ISO/TS 12780-1, Geometrische Produktspezifikation, Geradheit) für die unterschiedlichen Ebenen mittlere, innere oder äußere Referenzgeraden nach einer festgelegten Regel in das Geradheitsprofil eingepasst. Darauf basierend werden die Geradheitskenngrößen bestimmt.

---

### Vorteile und Nutzen

---

Die Messtechnologie OptoInspect 3D bietet die Möglichkeit einer automatisierten Prüfung der Geradheit profilierter Materialien direkt in der Fertigung. Die Flexibilität bei der Gestaltung der Sensoreinheit ermöglicht die Realisierung anwendungsspezifischer Messunsicherheiten und eine große Vielfalt verschiedener Profilformen. Die Technologie eignet sich für alle Materialien, die intransparent sind und keine spiegelnde Oberfläche aufweisen. Durch eine Vielzahl bereits realisierter Systemlösungen konnte die industrielle Tauglichkeit der Technologie nachgewiesen werden.

Weitere Informationen zum Thema finden Sie unter [www.mpt.iff.fraunhofer.de](http://www.mpt.iff.fraunhofer.de).