

- 1 Innenkonturmessung in einem Gussbauteil.
- 2 Freiforminnenkonturmessung einer V-Nut.
- 3 Einmessvorgang mit Präzisionskugeln. Fotos: Fraunhofer IFF

## TECHNOLOGIE FÜR INTEGRIERTE 3-D-INNEN-KONTURMESSUNG

### 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

Die Prüfung geometrischer Merkmale im Inneren von Bauteilen mit einer begrenzten Zugänglichkeit von außen stellt häufig eine Herausforderung dar. Beispiele sind Nuten und Kanäle in Bohrungen, Innengewinde oder die Innenkonturen extrudierter Profile. Gängige Praxis bei der Qualitätsprüfung derartiger Innenkonturen ist der Einsatz von taktilen Messmitteln, Messmikroskopen oder Profilprojektoren.

Für den fertigungsintegrierten Einsatz ergeben sich Nachteile durch eine schwierige Automatisierbarkeit derartiger Systeme. Einen Lösungsansatz dafür bieten angepasste optische berührungslos arbeitende 3-D-Innenkonturmesssysteme.

### Die Messtechnologie

Das Laserlichtschnittverfahren stellt für derartige Innenkonturmesssysteme eine im industriellen Einsatz vielfach bewährte Messtechnologie dar. Ein Lichtschnittsensor ermöglicht eine schnelle Erfassung der Objektoberfläche mit einer hohen Messpunktdichte und Genauigkeit. Die Messdatenerfassung und Geometriemerkmalsbestimmung sind automatisierbar und bieten somit die Möglichkeit für eine direkte Maschinen- bzw. Fertigungsintegration. Die Zugänglichkeit bestimmt, ob der Strahlengang von Laser und Kamera von schräg außen oder über eine in die Kavität eingeführte Strahlumlenkung das Merkmal erfasst. In beiden Fällen ist es notwendig eine aufgabenangepasste Messfeldgröße und -auflösung zu wählen. Mit einem entwickelten »Entwurfsbaukasten« zur Dimensionierung und Gestaltung derartiger Sensoren können anwendungs-

spezifische Lösungen für fertigungsintegrierbare Qualitätssicherungslösungen effizient erstellt und umgesetzt werden.

---

## Anwendungsspezifische Lösungs-entwicklung

---

### Sensorentwurf

In einem ersten Schritt des Sensorentwurfs werden passende Triangulationswinkel und Messfelder ermittelt. Die kleinste Breite der Bauteilöffnung, in der gemessen werden soll, beschränkt die Größe des Messfeldes in der Kavität. Der Triangulationswinkel beeinflusst die Messunsicherheit. Größere Triangulationswinkel ermöglichen eine geringere Messunsicherheit, erfordern jedoch mehr Raum für die Zugänglichkeit. In einem zweiten Schritt werden geeignete Bildsensoren (Bildrate, Pixelanzahl, Empfindlichkeit), Objektive (Abbildungsverhältnis, Arbeitsabstand) sowie Laserlinienprojektoren ausgewählt und für die geforderte Auflösung in der Tiefe des Messfeldes eine Konfiguration errechnet. Durch Platzieren von Spiegeln kann eine geeignete Strahlumlenkung entworfen werden, welche eine Anordnung der Komponenten in Abhängigkeit vom vorhandenen Bauraum ermöglicht. Ergebnis dieses Entwurfsschritts sind Parameter, welche die geometrische Anordnung der Komponenten (Kamera mit Objektiv, Laserprojektor, Strahlumlenkung) beschreiben. Damit erfolgt die Erstellung eines CAD-Modells, die Fertigung und Montage der Komponenten zu einer Lichtschnittsensoranordnung.

### Messbewegungen und mehrere Sensoren

Für die meisten zu bestimmenden Prüfmerkmale ist in der Regel eine einzelne Messung entlang eines Profilschnitts nicht ausreichend. Bewegungssysteme aus Rotations- und Translationsachsen ermöglichen es, Oberflächen scannend flächig zu erfassen. In Abhängigkeit von der Anwendung werden entweder das Messobjekt oder die Sensoranordnung bewegt. Mehrsensoranordnungen können schnelle Messungen ohne Relativbewegung zwischen Sensoren und Messobjekt ermöglichen.

### Kalibrieren und Einmessen

Die Kalibrierung der Abbildung zwischen dem Bildsensor einer Kamera und den Punkten des Messfeldes in Sensorkoordinaten kann z.B. auf einem Koordinatenmessgerät mit einer geeigneten Tastkugel durchgeführt werden. Nach dem Einbau der Sensoren in das Messsystem werden diese bzgl. der Koordinatensysteme der Achsen oder anderen Sensoren mit aus Präzisionskugeln zusammengesetzten Normalen eingemessen.

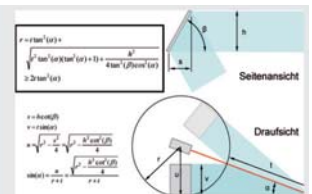
---

### Nutzen

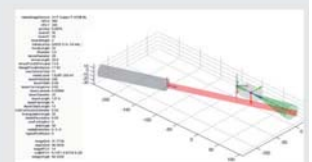
---

Für die beschriebenen Entwurfsschritte wurden Entwicklungswerkzeuge geschaffen, welche den Entwurfsprozess automatisieren und somit die Möglichkeit für eine effiziente Konzipierung und Realisierung von aufgabenspezifischen Lichtschnittsensoranordnungen und darauf basierender Innenkonturmesssysteme schaffen.

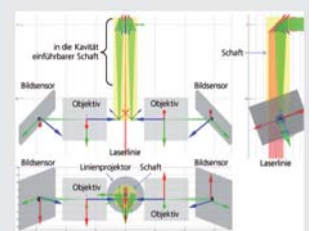
### Dimensio- nierung Messfeld



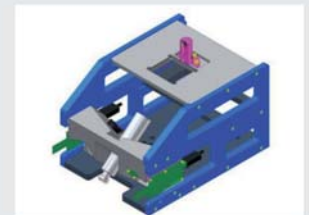
### Konfigura- tion Sensor



### Strahlum- lenkung



### Konstruk- tion und Fertigung



### Kalibrieren und Einmessen



### Anwen- dungsbei- spiel

