

WIE SIE DEN EINSATZ VON RÖNTGENTOMOGRAFIE ERWEITERN

## Über die Grenzen hinaus

**In der Koordinatenmesstechnik mit Röntgentomografie muss oft zwischen ausreichender Auflösung und ausreichendem Messbereich gewählt werden. Beides hängt wesentlich von den Komponenten des verwendeten Koordinatenmessgeräts mit Röntgensensorik ab. Verfahren zur Auflösungssteigerung erweitern die Einsatzmöglichkeiten der Röntgentomografie-Messgeräte über die Grenzen der Gerätekomponenten hinaus.**

Die Röntgentomografie gewinnt in der Qualitätssicherung aufgrund der Möglichkeit, Werkstücke schnell und vollständig zu messen, immer mehr an Bedeutung. Anfangs waren Geräte für die industrielle Röntgentomografie nur für die Inspektion von Werkstücken geeignet. Dann stellte Werth Messtechnik, Gießen, im Jahr 2005 mit dem TomoScope ein Gerät speziell für den Einsatz der Röntgentomografie in der Koordinatenmesstechnik, optional mit Multisensorik, vor. Durch kontinuierliche Entwicklung können heute selbst Mikromerkmale mit engen Toleranzen an großen Werkstücken gemessen werden.

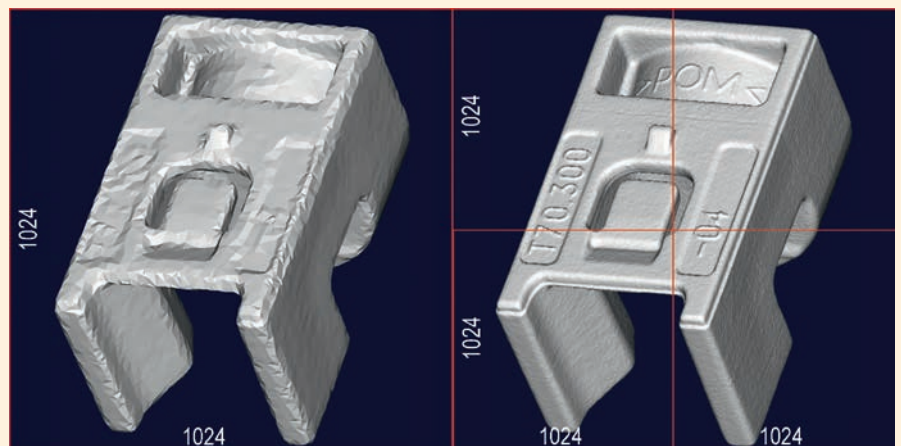
### Grundprinzip der Röntgentomografie

Das Grundprinzip der Röntgentomografie besteht in der Aufnahme von vielen 2D-Durchstrahlungsbildern des Werkstücks in verschiedenen Drehstellungen. Hieraus wird durch Rückprojektion (Rekonstruktion) ein digitales 3D-Abbild des Werkstücks

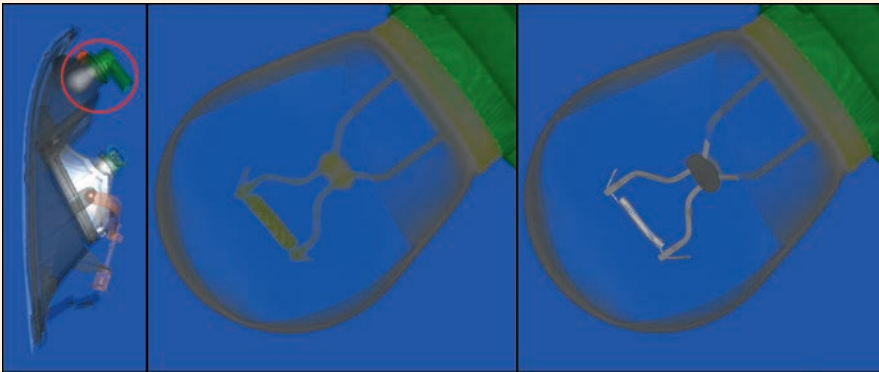
berechnet. Dieses ist in kleine Volumeneinheiten (Volumen-Pixel – Voxel) ähnlich den Pixeln in der Fotografie unterteilt, die die lokale Absorption der Röntgenstrahlung und damit die lokale Dichte des Werkstücks repräsentieren.

Für die Auflösung kleinster Details sind Voxelgrößen erforderlich, die noch deutlich kleiner sind als die Größe der Details selbst (Faktor 2 bis 10). Um diese sinnvoll zu erzeugen, ist ein kleiner Brennfleck der Röntgenröhre erforderlich. Dies kann durch eine kleine Strahlungsleistung (nur für kleine bzw. leicht zu durchstrahlende Werkstücke) oder mit speziellen Röntgenröhren erreicht werden. Selbstverständlich muss auch die Gerätemechanik den hohen Anforderungen genügen (Drehachse, Drift etc.).

Die Voxelgröße hängt unter Berücksichtigung der Vergrößerung bzw. des Abbildungsmaßstabs auch direkt von der Größe der Pixel des eingesetzten Röntgendetektors ab. Es ist also eine relativ hohe Vergrößerung erforderlich. Dies führt aufgrund der verfügbaren Pixelzahl der Detektoren (praktisch maximal 4 000 x 4 000) zu Einschränkungen im Messbereich. Für ein Mikrometer große Voxel ergibt sich hieraus beispielsweise ein Messbereich von ca. 40 mm, der bei Detektoren mit weniger Pixeln entsprechend kleiner ist. Durch Berechnung der Messpunkte mit lokalen Subvoxelverfahren (Werth-Patent) kann dieses Verhältnis für die metrologische Auswertung verbessert werden. Die grundsätzliche Forderung an ein ideales Koordi-



**Bild 1.** Punktwolken (STL-Darstellung), gemessen mit einer Tomografie in geringer Auflösung (links) und mit Raster-Tomografie mit hoher Auflösung (rechts)



**Bild 2. Voxelvolumen eines Autoscheinwerfers: Tomografie mit geringer Auflösung (links), Teilansicht (Mitte) und hochaufgelöste Region-of-Interest-Tomografie des Leuchtmittels (rechts)**

natenmessgerät zur hochgenauen Messung großer Werkstücke – möglichst kleine Voxelgröße bei großem Messbereich – bleibt jedoch bestehen.

### **Auflösung nach Wunsch mit Rastertomografie**

Insbesondere bei Werkstücken mit vielen kleinen, über den gesamten Messbereich verteilten Merkmalen ist es sinnvoll, das komplette Werkstück mit hoher Auflösung, d.h. geringer Voxelgröße, zu messen. Die Rastertomografie (Patentanmeldung) ermöglicht es, das Verhältnis von Messbereich zu Auflösung unabhängig von der Pixelzahl des Röntgendetektors für das gesamte Werkstück zu erhöhen. Hierzu werden Teilbereiche des Werkstücks nacheinander tomografiert und automatisch zusammengefügt (Bild 1).

Die Präzision des Koordinatenmessgeräts erlaubt das sehr genaue Zusammenfügen der Informationen aus den verschiedenen Teilbereichen zu einem einzigen, hochaufgelösten 3D-Volumen des gesamten Werkstücks. Mit diesem Verfahren ist es möglich, Werkstücke zu messen, die größer als der verwendete Röntgendetektor sind. Die weitaus häufigere Anwendung liegt jedoch im vollständigen Messen von Werkstücken mit einer an die Merkmalsgröße angepassten Voxelgröße und somit Auflösung.

### **Konzentration auf das Wesentliche durch Ausschnitts-Tomografie**

Besitzt ein Werkstück nur einige wenige Merkmale mit engen Toleranzen oder geringer Größe, die in hoher Auflösung gemessen werden müssen, können Messzeit und Speicherplatz gespart werden. Bei der Ausschnitts-Tomografie oder auch ROI-Tomografie werden eine oder mehrere Messun-

gen der interessierenden Teilbereiche (Region of Interest – ROI) in hoher Vergrößerung durchgeführt und mit einer Übersichtstomografie des gesamten Objekts gemeinsam ausgewertet (Bild 2).

Bei der Multi-ROI-Tomografie (Werth-Patent) können die interessierenden Bereiche im Messvolumen frei gewählt werden, ohne dass jeder Teilbereich des Werkstücks hierfür separat mittig auf dem Drehtisch platziert werden muss. Hierdurch können in einer Aufspannung mehrere Teilbereiche nacheinander hochaufgelöst gemessen werden. Zur Auswertung werden die Teilmessungen zu einer einzigen Punktwolke zusammengeführt. So können alle Merkmale des Werkstücks aus den verschiedenen Messungen miteinander verknüpft werden. Auch ist es möglich, die Daten aus der Übersichtstomografie in niedriger Vergrößerung gleichzeitig zur Messung der gröber tolerierten Merkmale zu verwenden.

Größtmögliche Flexibilität ergibt sich aus der Kombination beider Verfahren. Hierbei können mittels Rastertomografie Werkstücke gemessen werden, die größer sind, als es der Messbereich des Detektors zulassen würde. Teilbereiche mit kleinen Merkmalen und engen Toleranzen können dann mittels ROI-Tomografie bzw. Multi-ROI-Tomografie hochaufgelöst tomografiert werden. □

► **Werth Messtechnik GmbH**  
**Dr. rer. nat. Henning Stoschus**  
**T 0641 7938-0**  
**mail@werth.de**  
**www.werth.de**

### **QZ-Archiv**

Diesen Beitrag finden Sie online:  
[www.qz-online.de/1073325](http://www.qz-online.de/1073325)