



# Wenn andere Messmethoden versagen

Wie lässt sich die Qualität kleinster Planetenräder für Mikro-Antriebssysteme sichern? Möglich macht dies die Kombination aus einem Multisensor-Koordinatenmessgerät, einem **FASERTASTER** sowie einer speziellen Software – wodurch selbst in den Zahnflanken im Scanningmodus normenkonform und hochgenau gemessen werden kann.

**Bild 1.** Messtechniker Ralf Nutto bedient das Werth-Multisensor-Koordinatenmessgerät ›VideoCheck HA‹, das mit einem telezentrischen 10-fach-Objektiv und Werth-Zoomoptik, dem schaltenden Taster ›TP200‹ und dem Fasertaster ›WFP‹ ausgestattet ist. Für Bedienung und Auswertung sind die Software ›Win-Werth‹ und das integrierte Modul ›Gear-Measure‹ im Einsatz



## WOLFGANG KLINGAUF

**E**xtrême Temperaturen von –100 bis +200 Grad, Vibrationen und Schläge – Antriebe von Maxon Motor aus dem schweizerischen Sachseln verrichten auch unter schwersten Bedingungen ihre Arbeit absolut zuverlässig. Daher sind sie häufig in außergewöhnlichen und besonders anspruchsvollen Branchen und Einsatzgebieten erste Wahl. Zum Beispiel in der Raumfahrt: Die Mars-Rover der NASA, ›Spirit‹ und ›Opportunity‹, sind mit jeweils 39 Maxon-Antrieben ausgestattet. Seit über zehn Jahren verrichten sie auf dem roten Planeten ihre Arbeit unter schwierigen Bedingungen.

## Antriebelemente werden kleiner und präziser

Nicht nur im Weltall, sondern auch auf der Erde funktionieren Maxon-Gleichstrommotoren hocheffizient mit bis zu 90 Prozent Wirkungsgrad. Sie sorgen in Mobilfunk-, Schiffs- und Flugzeugantennen für reibungslose Kommunikation, erhöhen in Stoßdämpfern die Fahrsicherheit, treiben die Automatisierung in der industriellen Fertigung voran, helfen in der Augen Chirurgie Sehfehler zu korrigieren und bei Diabetes-Patienten die Insulingabe exakt zu dosieren.

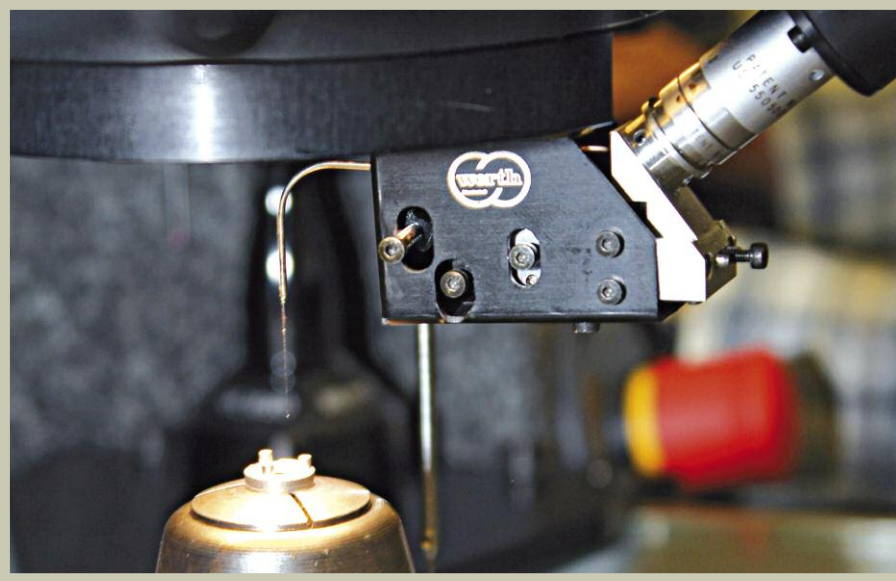
Über alle Branchen hinweg ist der Trend zur Miniarisierung zu spüren. Das bedeutet, dass auch die Antriebelemente immer kleiner werden müssen. Maxon Motor bietet unter der Bezeichnung ›micro drives‹ ein modulares Programm aus Motoren, Getrieben, Sensoren und Steuerelektronik, das sich zu kleinsten Antriebseinheiten von nur 6 mm Durchmesser kombinieren lässt.

Doch auch diese Winzlinge und ihre Mikrokomponenten müssen höchste Qualitätsanforderungen erfüllen – was bei Maxon gewissermaßen Tradition

## > KONTAKT

HERSTELLER  
**Werth Messtechnik GmbH**  
 35394 Gießen  
 Tel. +49 641 7938-0  
 Fax +49 641 7938-719  
[www.werth.de](http://www.werth.de)

ANWENDER  
**maxon motor ag**  
 CH-6072 Sachseln  
 Tel. +41 4166 615-00  
 Fax +41 4166 616-50  
[www.maxonmotor.com](http://www.maxonmotor.com)



**Bild 2. Der Fasertaster ›WFP‹ ist ein Mikrotaster für hochpräzise Anwendungen. Er ermöglicht es, berührende Messungen extrem kleiner Geometrien mit kleinsten Antastkräften hochgenau durchzuführen**

hat: Schon 1988 wurde das Unternehmen nach ISO 9001 zertifiziert. Heute erfüllt der Antriebstechnik-Hersteller auch diverse andere Qualitätsnormen, zum Beispiel die EN 9100. Sie ist für Unternehmen konzipiert, die Komponenten für die Luft- und Raumfahrtindustrie entwickeln und produzieren. Der Geschäftsbereich ›maxon medical‹ ist nach der Medizinnorm ISO 13485 zertifiziert, die bestätigt, dass alle Prozesse und Abläufe dokumentiert werden und die Rückverfolgbarkeit gewährleistet ist.

### **Die Herausforderung: Zahnräder mit Modul 0,12**

Roland Rossacher ist schon seit über 20 Jahren für das Qualitätswesen bei Maxon Motor verantwortlich. Er erklärt: »Durch unsere Zertifizierungen sind wir verpflichtet, auch die kleinsten Antriebskomponenten zu prüfen. Das Messen unserer spritzgegossenen Kunststoff-Zahnräder mit Modul 0,12, die im Mikro-Planetengetriebe ›GP6‹ mit 6 mm Durchmesser enthalten sind, stellt eine besondere Herausforderung dar.«

Für den Qualitätschef und sein Team galt es vor einigen Jahren, geeignete Messmittel und Messmethoden zu finden, um die konstruktiven Vorgaben für diese verzahnten Kleinstteile im Detail überprüfen zu können. Eine Aufgabe, der sich insbesondere Adrian Burch, Leiter der QS-Montageprüfung, widmete. Der gelernte Feinmechaniker umreißt die Anforderung: »Wir brauchen Messergebnisse, mit denen der Werkzeugbau effektive Korrekturen durchführen und mit möglichst wenigen Änderungsschleifen ein serientaugliches Spritzgießwerkzeug produzieren kann. Außerdem muss sich die Messung sowohl für die Erstbemusterung der Mikrozahnräder als auch für Stichprobenprüfungen der Produktionslose eignen.«

Werkzeugbau, Produktion und das Messen dieser Mikro-Zahnräder sind Kernkompetenzen von Maxon Motor und daher im Stammwerk in Sachseln bei Luzern (Schweiz) angesiedelt. Im Produktionsbereich steht eine Mikro-Schneiderodiermaschine für Draht-

durchmesser von 0,02 bis 0,2 mm, die den Werkzeugeinsätzen die gewünschte Zahnkontur verpasst. Bis zu acht Kavitäten umfasst ein Werkzeug, mit dem im Mikrospritzgussverfahren die Kunststoffrädchen hergestellt werden.

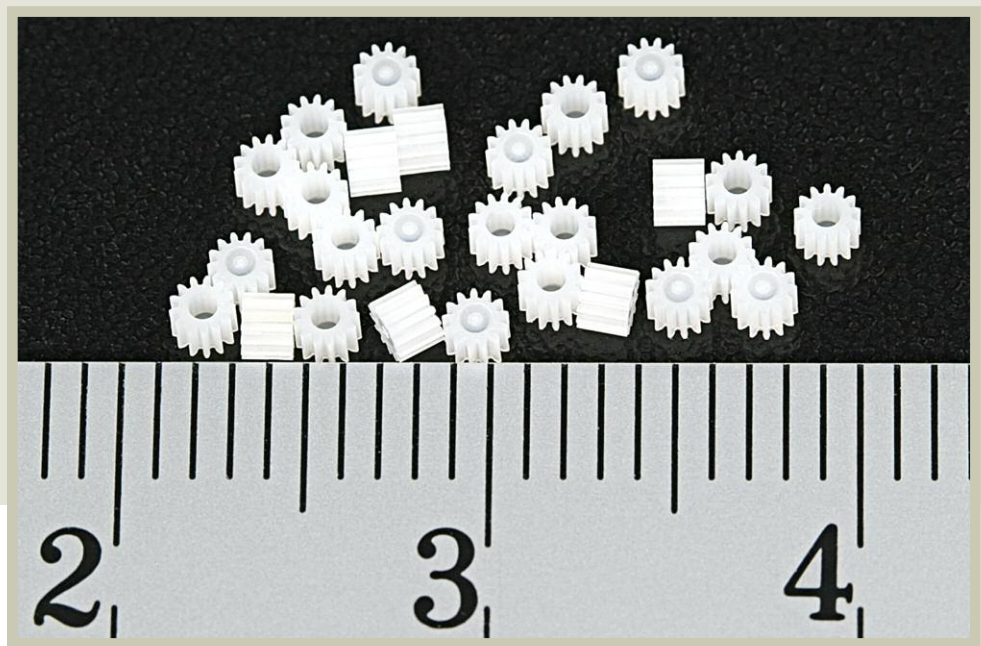
### **Übliche Methoden scheitern bei kleinen Kunststoffrädern**

Die bisherige Verzahnungsmessung fand größtenteils mittels klassischer Zweiflankenabwälzprüfung statt – ein für Zahn- und Planetenräder übliches Prüfverfahren, das in der Richtlinie VDI/VDE 2608 beschrieben ist. Für jede Verzahnung wird jeweils ein spezielles Meisterrad benötigt, das mit geringer Kraft mit dem Prüfling in Eingriff gebracht wird und dann mit ihm kämmt und gemeinsam rotiert. Spielfrei rollen nun die beiden Räder über den ganzen Umfang ab. Dabei wird die Änderung der Achsabstände und die Gleichförmigkeit der Bewegung gemessen und mittels Software ausgewertet. Doch bei den kleinen Kunststoffrädern mit Modul 0,12 führte die Zweiflankenabwälzprüfung zu keinem zufriedenstellenden Ergebnis. Denn schon bei geringstem Andruck wurden die Zähne der winzigen Rädchen verformt und falsche Ergebnisse ausgegeben.

Für Burch war klar, dass herkömmliches taktilen Messen mit einem schaltenden oder messenden Taster ebenfalls keine Chance hat: »Auch hier benötigen wir zum Messen einen Antastdruck, um das Tastersignal zu generieren. Außerdem sind die Durchmesser solcher Tastkugeln viel zu groß, um die Zahnflanken bis zum Fußkreis zu messen.« Optische Verfahren würden sich grundsätzlich schon für die Messungen eignen, allerdings sind die Flanken der Mikrozahnräder für optische Sensoren nicht zugänglich.

Eine passende Lösung zum zuverlässigen Messen der Mikrozahnräder fanden die Qualitätsverantwortlichen schließlich bei Werth Messtechnik. Das Gießener Unternehmen ist führend in der Koordinaten-

**Bild 3.** Im Planetengetriebe ›GP6‹ stecken solche winzigen Planetenräder, deren Messung eine besondere Herausforderung darstellt: Zahnräder mit Modul 0,12 (Kopfkreisdurchmesser 1,908 mm, Fußkreisdurchmesser 1,347 mm, Zähnezahl 13, Material Delrin 100)



messtechnik mit optischen Sensoren, Multisensorik und Röntgentomografie sowie auf dem Gebiet der Messung von Mikromerkmalen.

### Die Lösung: Taktil-optische Messung mit Fasertaster

Die Qualitätsverantwortlichen bei Maxon Motor entschieden sich für das hochgenaue 3D-Multisensormessgerät Werth ›VideoCheck HA‹ (**Bild 1**), dessen bidirektionale Längenmessabweichung MPE E1 mit dem Bildverarbeitungssensor unter guten Messraumbedingungen lediglich  $(0,5 + L/900)$  µm beträgt. Als Ausstattung wählten sie ein telezentrisches 10-fach-Objektiv, den schaltenden Taster ›TP200‹, außerdem die Werth-Zoomoptik, den ebenfalls patentierten Fasertaster ›WFP‹ (Werth Fiber Probe) sowie die Software ›WinWerth GearMeasure‹. »Ausschlaggebend für unsere Wahl war in erster Linie der Werth-Fasertaster«, verrät Rossacher. »Mit ihm können wir selbst die Flanken von Mikrozahlrädern, auch im Scanningbetrieb, normenkonform messen.«

Der WFP besteht aus einer Glasfaser, an deren Ende eine Tastkugel mit einem Durchmesser von bis zu 20 µm angebracht ist (**Bild 2**). Im Gegensatz zum taktilen Messen mit einem konventionellen Taster arbeitet der Fasertaster taktil-optisch. Der Tasterschaft dient lediglich zur Positionierung der kleinen Tastkugel, nicht jedoch zur mechanischen Signalübertragung an die Elektronik im Messkopf. Die Kugelposition wird optisch über das telezentrische Objektiv erfasst. Hierdurch wird der Einsatz kleinster Tastergeometrien bei entsprechend hoher Genauigkeit überhaupt erst möglich (Antastabweichung  $\leq 0,3$  µm). Wie beim konventionellen Taster errechnet die Software über den Tastkugelradius den jeweiligen Messpunkt. Die Antastkräfte sind selbst bei kleinsten Tastkugeln durch den dünnen Tasterschaft vernachlässigbar gering. Dadurch

ist sichergestellt, dass sich auch das empfindlichste Kunststoffzahnrad nicht verformt.

### Konturvergleich zur Werkzeugkorrektur

Ein weiterer Vorteil: Da so gut wie keine Kräfte auf den Prüfling wirken, ist keine aufwendige Vorrichtung notwendig. Der Messtechniker Ralf Nutto ist seit zwei Jahren für das Messen mit dem Werth VideoCheck HA zuständig. Er erklärt: »Wir fixieren das Rädchen lediglich mit einem Klebeband auf einem Sockel, den wir auf der Messplatte ausrichten. Dann erfassen wir zunächst die Kontur der Verzahnung mit dem optischen Sensor.« Die Messsoftware ›WinWerth‹ errechnet aus den 2D-Daten die Bahn, die der Fasertaster beim Scanning abfährt. Das wäre zwar nicht zwingend nötig, da der Fasertaster auch unbekannte Konturen sofort scannen kann, aber beim Scanning auf einer Vorgabebahn kann schneller gescannt werden. Da das Zahnrad eine Höhe von etwa 1 mm aufweist (**Bild 3**), legt der Messtechniker fest, dass die Kontur der Verzahnung in einer Tiefe von 0,5 mm mit dem Fasertaster gescannt wird, wo der größte Traganteil liegt. Eine Position, die mit keinem anderen Verfahren erreicht werden könnte. Auch der Innendurchmesser des Wellensitzes wird vom Fasertaster erfasst, um später den Rundlauf zu ermitteln.

Durch das Scanning wird eine hohe Punktdichte der Kontur mit Genauigkeiten kleiner 1 µm erreicht. Diese Ist-Kontur kann anschließend im 3D-CAD-Vergleich, basierend auf dem CAD-Datensatz, als farbkodierte Abweichungsdarstellung visualisiert werden. Eine Auswertung, die in erster Linie für den Werkzeugbau interessant ist, um bei Abweichungen das Werkzeug ganz gezielt an den jeweiligen Problemstellen entsprechend zu korrigieren.





**Bild 4.** Roland Rossacher (li.), Leiter Qualitätswesen bei Maxon Motor, und Adrian Burch, Leiter der QS-Montageprüfung, begutachten die Messergebnisse anhand eines Ausdrucks mit farbkodierter Abweichungsdarstellung

**Einfache Abläufe, exakte Daten**

Das Zahnmessprogramm ›GearMeasure‹ ist komplett in die WinWerth-Software integriert. Nach Eingabe der Nominal- und Messdaten wird der Messablauf inklusive Verfahrenswegen vollautomatisch erstellt und ausgeführt, und die Software berechnet die üblichen Verzahnungsabweichungen wie Profilabweichungen der Evolventen und Flanken, Einzel- und Summenteilung, Flächentopografie, Zahndickenabweichungen und Rundlauf.

Auch mit dem benötigten Zeitaufwand für die Messung ist der Leiter der QS-Montageprüfung, Adrian Burch, sehr zufrieden: »Die Messzeit pro Prüfling liegt bei rund zehn Minuten, die Programmerstellung nimmt einmalig pro Zahnradtyp etwas mehr Zeit in Anspruch. Anschließend können wir die Daten offline auswerten.« Dass sich die Erweiterung der Messkompetenz bei Maxon Motor durch Zahnradmessungen mittels Fasertaster gelohnt hat, steht für ihn und Qualitätschef Rossacher außer Frage (**Bild 4**). Schließlich ließen sich dadurch die Korrekturschleifen im Werkzeugbau reduzieren, und aufgrund der Erstbemusterung und Prozessbeurteilung ging auch der serienbegleitende Prüfaufwand stark zurück. Rossacher ist zufrieden: »Wir haben bereits Zigtausende dieser Zahnräder im Einsatz, und die Messungen funktionieren tadellos.« ■ MI110352

**AUTOR**

WOLFGANG KLINGAUF ist Fachjournalist bei k+k PR in Augsburg; info@kk-pr.de

Bild: maxon/Werth

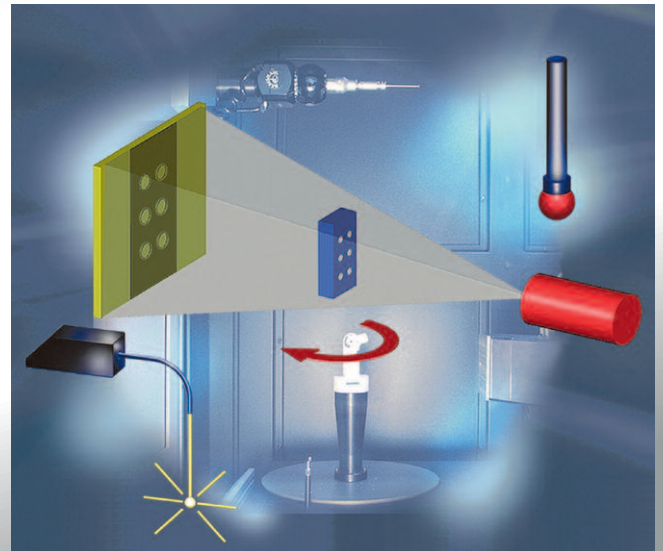


**Kompetenz durch Innovation und Erfahrung**

**65 Jahre Optik**

**25 Jahre Multisensorik**

**10 Jahre Tomografie**



**Koordinatenmesstechnik für Fertigung, Messraum und Labor**

Weitere Informationen unter:  
Telefon +49 641 7938519

[www.werth.de](http://www.werth.de)

