

Ultra-präzise, berührungslose Erfassung von Rundlauffehlern mit dem FPS3010

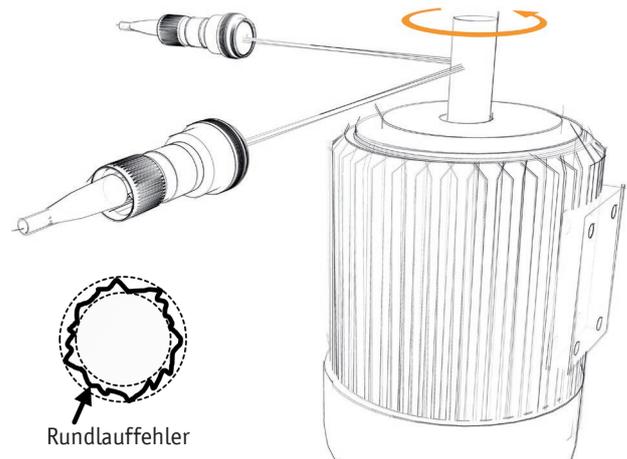
P.-F. Braun, M. Handloser, T. Sieben, M. Huber,
C. Bödefeld
attocube systems AG, München

Der Rundlauffehler schnell rotierender Objekte ist nicht nur im hoch-präzisen Maschinenbau von großem Interesse. Selbst Sub-Nanometer Abweichungen von einer perfekten rotationssymmetrischen Form bzw. kleinste Lagefehler stellen minimalste Unwuchten dar, die bei Hochgeschwindigkeitsspindeln ungewollte Vibrationen oder Fehlbewegungen im größeren Maßstab generieren können. Eine typische Anwendung ist die Erfassung des Rundlaufs einer Antriebsspindel in einer CNC Maschine: Sobald die rotierte Masse und/oder die Rotationsgeschwindigkeit zunehmen, ist durch Exzentrizitäten der Welle nicht nur die Genauigkeit der produzierten Teile gefährdet, sondern die Instabilität der Welle kann auch zu erhöhter Abnutzung führen.

Auch in der Nanotomographie Forschung ist dies von äußerster Wichtigkeit: um eine typische, hochauflösende kristallographische Analyse in einem Synchrotron durchzuführen, muss die Achse, um die der Kristall rotiert wird, genau bekannt sein. Jeder Fehler oder jede Abweichung führt zu erheblichen Ungenauigkeiten in der Datenanalyse. Kurz: Bei allen Anwendungen, die auf höchstpräzisen, rotierenden Bauteilen beruhen, stellt sich die Frage, ob deren Rundlauffehler bekannt ist und wie man ihn mit Sub-Nanometer Genauigkeit bestimmen kann. attocube's einfach zu bedienendes Interferometer ist die Lösung zu diesem bis jetzt ungelösten Problem, wie in [1] dargestellt wird: Hier wurden Rundlauffehler eines Rotors nicht nur mit einem attoFPS3010 vermessen, sondern auch attocube Stellmotoren verwendet, um diesen Rundlauffehler zu korrigieren.

Um das Problem zu lösen, muss man es kennen.

Um solche Ungenauigkeiten zu beheben, müssen diese zuerst einmal geeignet erfasst werden. Berührungsfreie Methoden sind hierbei zu bevorzugen, da sie das Objekt nicht beeinflussen und keinerlei Verschleiß und Abrieb unterliegen. Weiterhin sollte die Messmethode sehr kompakt und flexibel sein, um Fehlerquellen klein zu halten und schnell einsetzbar zu sein. Aufgrund des großen Messbereichs und der hohen Genauigkeit werden für die Messung *linearer* Abstandsänderungen im Nanometerbe-



Rundlauffehler

Abb. 1: Schematischer Aufbau einer Rundlaufmessung an einem rotierenden Objekt. Der Rundlauf einer Welle wird rechtwinklig zur rotierenden Achse von zwei Sensorköpfen des FPS3010 Interferometers gleichzeitig gemessen. Abhängig von der Objektgröße und -form können unterschiedliche Sensorköpfe eingesetzt werden.

reich üblicherweise optische Interferometer benutzt. Allerdings benötigen diese in der Regel *ebene Oberflächen*, während bei der Überwachung von *rotierenden Körpern auf gekrümmten Flächen* gemessen werden muss. Mit Hilfe neuester Innovationen der Firma attocube ist es nun möglich, lineare Abstandsänderungen auch auf stark gekrümmten Oberflächen zu messen!

attocube's berührungsfreie Sensorik

Im folgenden Beispiel wurde der Rundlauffehler einer Servomotorwelle mit 10 mm Durchmesser detektiert. Auf der Antriebswelle wurde ein handelsüblicher, feingeschliffener Zylinder montiert. Aufgrund des großen Akzeptanzwinkels der Sensoren gestaltet sich die Justage der zwei „xs“ Sensorköpfe des FPS3010 Interferometers sehr einfach und „schnell“. Direkt im Anschluss kann schon die Messung gestartet werden. Ein großer Vorteil der sehr kompakten xs Sensorköpfe für das FPS3010 Interferometers ist, dass sie nur optische und mechanische Komponenten enthalten und somit unter extremen Bedingungen (Hitze, Kälte, Vakuum, etc.) eingesetzt werden können. Auf Grund ihrer Kompaktheit sind die xs Sensorköpfe generell für Anwendungen an engen und schwer zugänglichen Stellen sehr gut geeignet.

Der Servomotor wurde mit 2160 U/min rotiert, wobei die zwei Sensoren den Rundlauffehler der Welle im rechten Winkel zur Achse erfassten (siehe Abb. 1). Nachdem die mit 10 MHz Abtastrate gesammelten Daten um die Exzentrizität der Zylinderachse bezogen auf die Rotationsachse korrigiert wurden, können Synchron- und Asynchronfehler, wie in Abb. 2 gezeigt, dargestellt werden. Dies ermöglicht eine weitergehende Analyse der Fehlerursachen, wie Kugellagerfehler, Maschinenvibrationen, etc.

Mit dem FPS3010 Interferometer von attocube sind Messungen des Rundlaufes, sowie die Detektion von Synchron- und Asynchronfehlern einfach und benutzerfreundlich auch für Nicht-Interferometrie-Experten zu erfassen, obwohl es sich um höchstpräzise Messungen im Sub-Nanometer Bereich handelt. Detailliertere Informationen zum FPS3010 Laser-Interferometer von attocube gibt es auf der Webseite www.attocube.com.

[1] Jungdae Kim *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **84**, 035006 (2013).

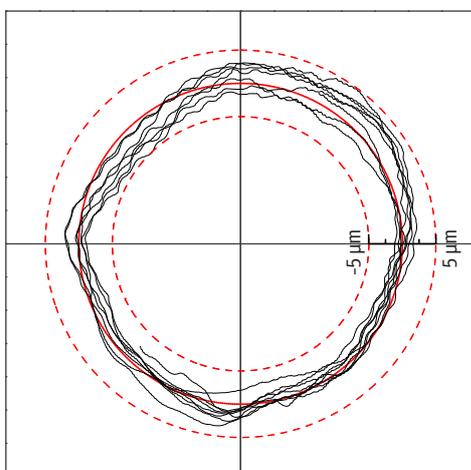


Abb. 2: Rundlauffehler (schwarz) einer rotierten Welle zeigt Fehler im μm Bereich. Die zentrale rote Linie kennzeichnet die gemittelte Position (um die Exzentrizität bereinigt). Die gepunkteten Linien kennzeichnen einen Fehler von $\pm 5 \mu\text{m}$.