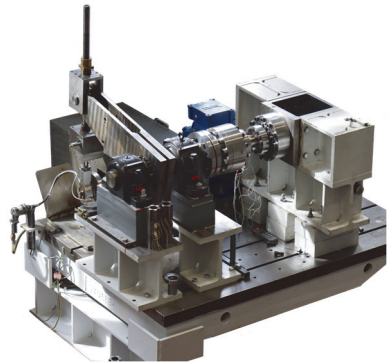


Erweiterung eines Prüfstands für Torsionswechsellastversuche unter Temperatur- und Öleinfluss

Quanz, M.; Gansel, R.; Barton, S.; Schäfer, G.; Lohrengel, A.

Einer der Schwerpunkte des Instituts für Maschinenwesen ist die experimentelle Prüfung von Maschinenelementen. Dafür stehen diverse Prüfstände zur Verfügung. Der Artikel stellt die Erweiterung eines Prüfstands zur Untersuchung von Wellen und Welle-Nabe-Verbindungen unter schwelender oder wechselnder Torsion bei Öl- und Temperatureinfluss vor.



One of the main research areas at the Institute of Mechanical Engineering is the experimental testing of machine elements. Various test benches are available for this purpose. This article describes an upgrade to a test bench designed to investigate the behavior of shafts and shaft-hub connections under pulsating or alternating torsion when subjected to oil and temperature.

Einleitung

Am Institut für Maschinenwesen (IMW) der Technischen Universität Clausthal stehen diverse Prüfstände für die Untersuchung der Wirkung von mechanischen Belastungen auf Wellen und Welle-Nabe-Verbindungen zur Verfügung. In diversen Leistungsklassen bis zu einem Gesamtdrehmoment von 500 kNm können wechselnde Torsionsmomente eingestellt werden. Im DFG Schwerpunktprogramm 2305 /1/ wird im Teilprojekt „Lastsensitive Zahnwelle mit sensorischem Werkstoff“ eine zur Drehmomentüberwachung sensorische Zahnwelle untersucht. Dazu kam in der ersten Förderperiode ein Prüfstand mit einem maximal nutzbaren Torsionsmoment von 30 kNm zum Einsatz (vgl. /2/). Die Versuche wurden mit unterschiedlichen Torsionswechsellasten durchgeführt, um die Integration und die Sensorfunktion von Werkstoffsensoren in der Zahnwelle zu untersuchen.

Für die zweite Förderphase des Projekts sind Untersuchungen unter realitätsnahen Einsatzbedingungen vorgesehen. Durch die Umlaufschmierung sind Zahnwellen im Getriebe dem Einfluss von Temperatur und Öl ausgesetzt. Diese äußeren Einflüsse sollen in den Prüfstand integriert werden, um die Funktionszuverlässigkeit der sensorintegrierenden Zahnwelle untersuchen und validieren zu können.

Bisheriger Prüfaufbau

Der bisherige Prüfaufbau ist in Abbildung 1 dargestellt. Eine rotierende Exzenter-scheibe führt eine Hubbewegung aus, die über die Gewindespindel an einen Hebelarm übertragen wird. Der Hebelarm übersetzt die Hubbewegung in eine Drehbewegung, die zur Aufbringung des Torsionsmoments genutzt wird. Die Höhe der Torsionsmomentamplitude wird weggesteuert durch die gewählte Exzenter-scheibe eingestellt. Das Torsionsmoment kann dabei schwellend oder wechselnd aufgebracht werden, da sich die Torsionsmittellast über die Gewindespindel einstellen lässt. Für die Erfassung der Bauteiltemperatur steht ein 8-kanaliges Temperaturerfassungssystem zur Verfügung. Bei Bedarf kann die Probe durch eine externe Luftkühlung gekühlt werden.

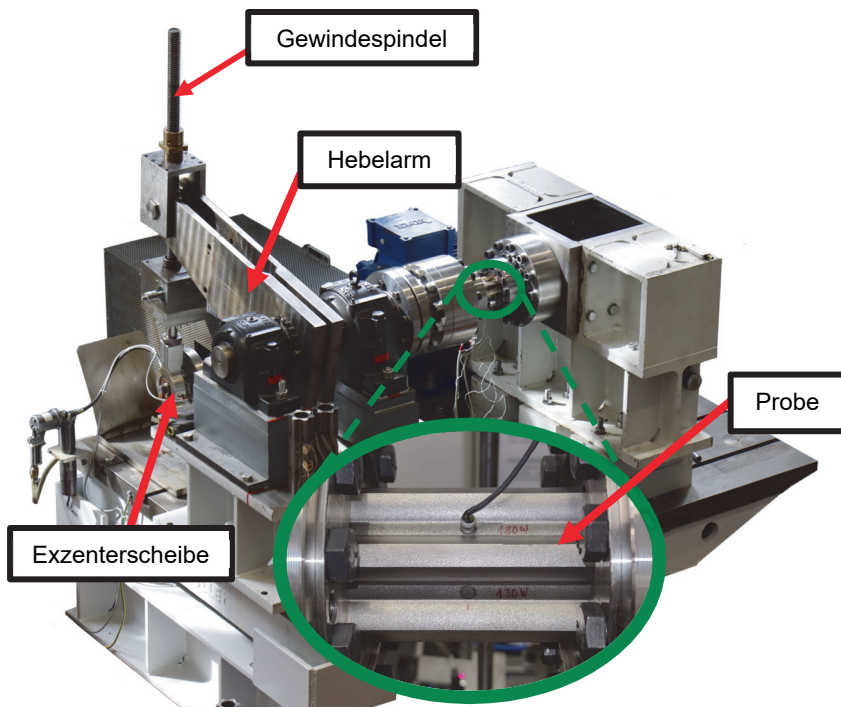


Abbildung 1: Prüfstand für Torsionswechsellasten bis zu 30 kNm, nach /3/

Erweiterungen des bisherigen Prüfaufbaus

Um den Öl- und Temperatureinfluss auf die Funktionszuverlässigkeit untersuchen zu können, wurde der Prüfstand konstruktiv erweitert, sodass ein Kryostat angeschlossen und eine Ölumlaufschmierung integriert werden kann. Über den Kryostaten kann das Öl sowohl geheizt, als auch gekühlt werden. Eine Regelung der Öltemperatur ist durch einen externen Temperaturfühler im Schmierölkreislauf realisiert.

In Abbildung 2 ist ein Querschnitt durch den Prüfaufbau dargestellt. Zwei Naben (grau-blau) und zwei Deckel (blau) fixieren die Zahnwelle (hellgrau) im Prüfstand. Über zwei Spannelemente (rot) kann die Passung der Zahnwelle eingestellt werden, falls eine Spielpassung zwischen Welle und Nabe vorliegt. Über die Hülse (dunkelgrau) zwischen den beiden verzahnten Naben wird das temperierte Öl ein- und ausgeleitet.

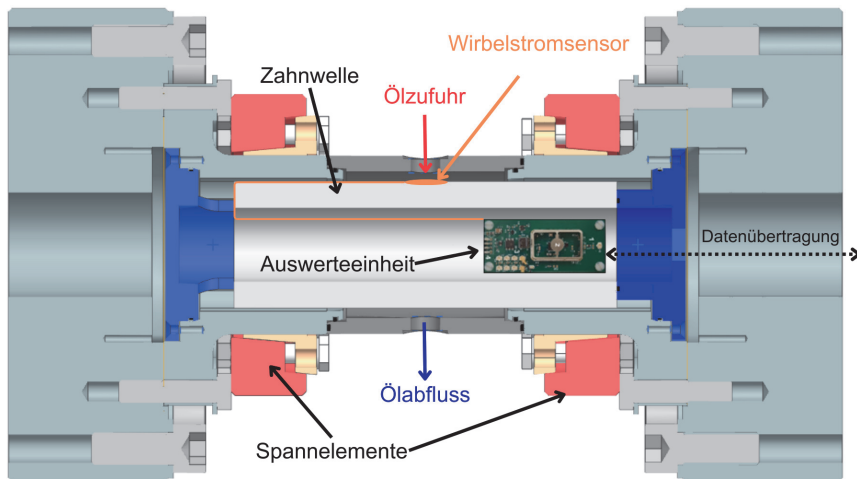


Abbildung 2: Querschnitt durch den Prüfaufbau

Die Besonderheit im Teilprojekt der lastsensitiven Zahnwelle stellt die Integration einer Auswerteelektronik in die Zahnwelle dar. An die Auswerteelektronik sind Wirbelstromsensoren angeschlossen, die auf der Oberfläche der Zahnwelle auf den Werkstoffsensoren befestigt werden. Über das Kopfspiel können die Kabel in die Zahnwelle geführt werden, sodass eine direkte Kabelverbindung (orange) besteht. Diese Verbindung und die Elektronikkomponenten im Inneren der Zahnwelle werden zusätzlich durch einen Silikonwerkstoff abgedichtet (nicht dargestellt), um den Kontakt mit dem Schmieröl zu vermeiden. Über den rechten Stahldeckel kann eine kabelgebundene oder drahtlose Datenübertragung aus der Zahnwelle erfolgen. Der

Deckel hat dazu eine zentrale Bohrung, die im Rahmen der Versuchsreihen mit Verschlüssen aus unterschiedlichen Werkstoffen abgedichtet wird.

Zusammenfassung

Durch die Erweiterung des Torsionswechsellaastprüfstands um eine temperierte Ölumlaufschmierung ist es möglich, Zahnwellen und andere Welle-Nabe-Verbindungen mit einem Torsionsmoment von bis zu 30 kNm unter Einfluss von Öl und Temperatur zu untersuchen. Gleichzeitig ist die Anbringung von Sensoren auf der Probengeometrie und deren Anschluss möglich.

Danksagung

Die Forschungsarbeiten wurden gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Projekt „Lastsensitive Zahnwelle mit sensorischem Werkstoff“ mit der Projektnummer 466760574. Das Projekt ist Teil des DFG Schwerpunktprogramms 2305 mit der Projektnummer 441853410.

Literatur

- /1/ „Sensorintegrierende Maschinenelemente – Wegbereiter der flächendeckenden Digitalisierung“. Zugriffen: 25. November 2025. <https://www.spp2305.de/>
- /2/ Gansel, R.; Quanz, M.; Heinrich, C.; Zwoch, S.; Schäfer, G.; Barton, S.; Maier, H. J.; Lohrengel, A.: „Design and development of a load-sensitive autonomous splined shaft with material sensors, integrated evaluation unit, wireless data transmission and energy harvesting“, *Forschung im Ingenieurwesen*, Bd. 89, Nr. 145, 2025, DOI: 10.1007/s10010-025-00909-9.
- /3/ Quanz, M.; Lohrengel, A.; Gansel, R.; Barton, S.: „Zahnwelle mit konditionierbarem Lastsensor und integriertem Energy Harvesting“, in *10. VDI-Fachtagung Wellen und Welle-Nabe-Verbindungen 2024 - Dimensionierung, Fertigung, Anwendungen und Trends*, in VDI-Berichte, Nr. 2443, Düsseldorf: VDI Verlag GmbH, 2024, S. 193–200.