

Untersuchung des Einflusses axialer Belastungen auf das Schaltverhalten von Freiläufen

Nagler, N.; Lohrengel, A.



Klemmkörper- und Klemmrollenfreiläufe werden als reibschlüssig wirkende Kupplungen eingesetzt, um die Wirkrichtung eines Torsionsmoments festzulegen. Freiläufe können weder radiale noch axiale Führungsaufgaben übernehmen. Aus der Praxis sind Schadensfälle bekannt, die auftreten, wenn axiale Belastungen nicht vom Freilauf ferngehalten werden können. Im Rahmen eines laufenden FVA-Projekts sollen der qualitative und quantitative Einfluss der Axialbelastung auf die Funktionserfüllung bzw. das Versagen von Freiläufen untersucht und Berechnungsgrundlagen erstellt werden, die eine Berücksichtigung der Axialbelastung schon bei der Auslegung ermöglichen.

Sprag freewheels and roller freewheels are clutches based on the principle of friction-locked power transmission. They are used in order to ascertain the affective direction of a torsional moment. Due to their design principle they are unable to execute guiding tasks in neither axial nor radial direction. Damages occurred in case axial loads could not be prevailed. Within the scope of an FVA-project quantitative and qualitative influences of the axial load on the proper functioning or failing of freewheels are investigated respectively. Furthermore, a calculation basis will be developed that permits the consideration of axial loads already in the design stage of freewheels. In this article selected results of the first test series are presented.

1 Problemstellung

Freiläufe mit Schaltfunktion, Schaltfreiläufe, werden in vielfältigen Anwendungen, wie z. B. im Antriebsstrang von Automobilen, genutzt. Zu vermeidende Anregungen in axialer Richtung entstehen z. B. im Kraftfahrzeug mit Verbrennungsmotor, wo die Drehungleichförmigkeit des Prozesses zur Schwingungsanregung einzelner Komponenten führt. Dadurch werden beispielsweise Verzahnungen, Riementreibe und Lagerungen im Umfang ihrer fertigungsbedingten Axialspiele zu Schwingungen angeregt. Hier auftretende Axialkräfte und -schwingungen, welche nicht durch geeignete Lagerungen oder

andere Maßnahmen vermieden werden können, werden bei der Auslegung von Freiläufen nach gültigen Berechnungsvorschriften bislang nicht berücksichtigt (s. o.). In Folge der erhöhten Summenbeanspruchung des Reibkontakts führt dies zu Funktionsstörungen oder einem Funktionsverlust.

Die grundlegende, gültige Auslegungsvorschrift, das zentrale Funktionskriterium, für Freiläufe unter ausschließlicher Torsionslast lautet

$$\tan(\alpha) = \frac{F_t}{F_n} \leq \mu \quad (1.1)$$

Dieses besagt, dass für eine einwandfreie Funktionserfüllung des Freilaufs das Verhältnis aus Tangential- F_t und Radialkraft F_n immer kleiner als der Reibwert μ sein muss. Der Einfluss axialer Belastungen findet hierin bislang keinerlei Berücksichtigung. In der Praxis hat sich herausgestellt, dass das zentrale Funktionskriterium für Freiläufe unter kombinierter Torsions- und Axiallast nicht mehr gilt. Ziel des Projekts ist es daher, basierend auf theoretischen und experimentellen Untersuchungen, abgesicherte Berechnungsgrundlagen zur Auslegung zugleich tangential und axial belasteter Freiläufe zu entwickeln, sowie dem Anwender konstruktive Empfehlungen zur Gestaltung der Freilaufverbindung zu geben. Ferner sollen im Rahmen des Projekts

- die Ursachen für den Funktionsverlust des Freilaufs bei Axialbelastung sowie
- die wirkenden Versagensmechanismen bestimmt und
- die Parameter ermittelt werden, die das Versagen bzw. den Funktionsverlust des Freilaufs begünstigen.

Durch die dazu durchgeführten experimentellen und theoretischen Untersuchungen soll das Verständnis für die auftretenden Phänomene im „System Freilauf“ sowie dessen Reaktion auf Belastungsänderungen gemehrt werden.

2 Erzielte Ergebnisse

Im Forschungsvorhaben „Axiale Belastung der Freiläufe“ wurde der Einfluss zusätzlicher Axiallasten auf den Funktionszustand von Freiläufen untersucht. Es wurde u. a. untersucht, welche Versagensmechanismen im zusätzlich axial belasteten Freilauf wirken, wie sich dessen Dynamik ändert und vor allem, warum der Freilauf unter zusätzlicher Axialbelastung seine Funktion verliert. Daraus leitete sich das Hauptziel ab, neue Auslegungsgrundlagen zu entwickeln, die den Einfluss der Axiallast bereits bei der Freilaufauslegung berücksichtigen und mit denen schon in der Entwurfsphase eine erste Einschätzung zur Rutschgefährdung des Freilaufs getroffen werden kann. Im Rahmen

des Vorhabens wurden erste Antworten auf diese Fragen gefunden und vorgestellt. Als maßgebliches Ergebnis des Vorhabens liegen nun eine neue Auslegungsgrundlage sowie deren praktischer Umsetzung in Gestalt der Software FriDA vor. Damit wurden die gesteckten Ziele erreicht.

Das neue Funktionskriterium und dessen Validierung fußen auf zwei durchgeführten Versuchsreihen mit zwei verschiedenen Klemmrollenfreiläufen. Die beiden Versuchsreihen wurden auf einem dynamischen Schaltprüfstand durchgeführt. Dabei wurden je 3 Lastkombinationen untersucht und insgesamt etwa 1200 Versuche durchgeführt. Aufgrund der geringen Versuchsdauer je einzelner Versuch wurden dazu vollfaktorielle Versuchspläne genutzt, da diese statistisch gesehen die bestmögliche und gesichertste „Ergebnisausbeute“ und Ergebnisdeutbarkeit ermöglichen.

Vor Beginn der ersten Versuchsreihe wurde der Prüfstand zunächst mechanisch angepasst und eingerichtet, die Messtechnik sowie die Messwerterfassung aufgebaut und kalibriert, Testversuche vorgenommen und schließlich der Prüfstand „eingefahren“. Für die zweite Versuchsreihe waren zur Vorbereitung der eigentlichen Versuchsreihe nur noch die Anpassung der Prüflingsaufnahme im Freilaufträger sowie Testversuche mit dem neuen Prüfling erforderlich. Eine große Bedeutung kam den entwickelten Programmen zur Versuchsauswertung zu, da mit diesen der Rutschzeitpunkt ermittelt wurde. Im Laufe der Auswertung der ersten Versuchsreihe fiel ein gewisses, wiederkehrendes Schema mit Hinblick auf die Rutschzeitpunkte auf.

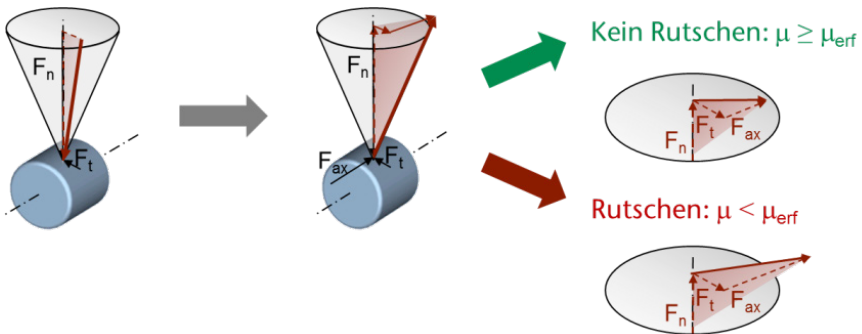


Abbildung 1: Erweitertes Funktionskriterium

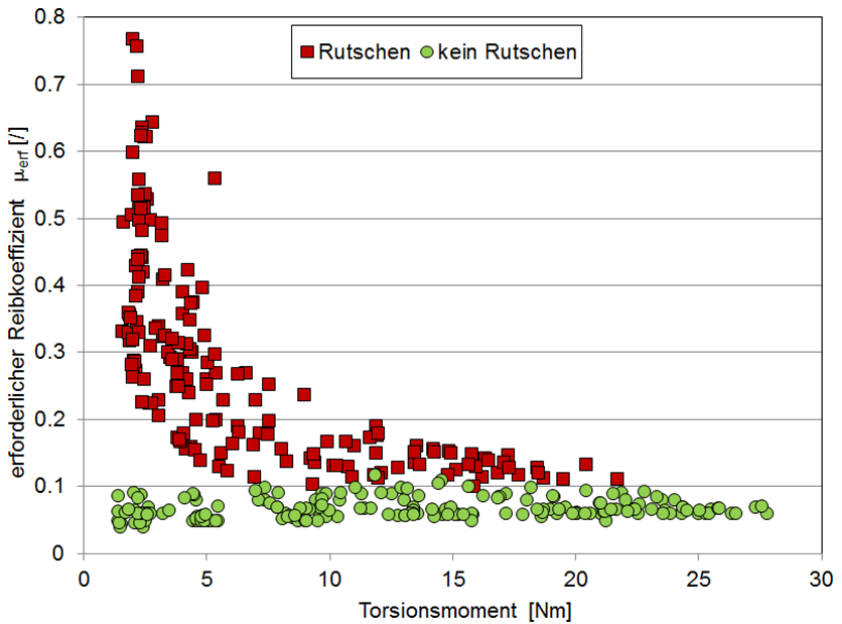


Abbildung 2: Qualitatives Ergebnis eines Schaltversuchs

Aus den zahlreichen Versuchsergebnissen wurde das spätere neue Funktionskriterium abgeleitet und anhand der Ergebnisse weiterer Versuchsreihen bestätigt. Das neue Funktionskriterium berücksichtigt im Betrieb auftretende zusätzliche Axiallasten.

3 Danksagung

Die Autorin bedankt sich bei der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) und ihren Mitgliedern für die inhaltliche Betreuung sowie bei der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) für die finanzielle Unterstützung des Projekts „Axiale Belastbarkeit von Freiläufen“ (FVA 653, IGF-Nr. 17083 I)