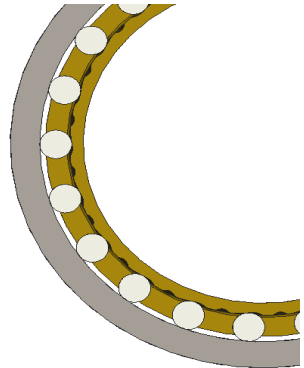


Tangentialdehnungsverlauf von gelagerten Klemmrollenfreiläufen

Martinewski, V.

Zur drehrichtungsabhängigen Übertragung eines Drehmomentes werden Überholkupplungen, sog. Freiläufe, eingesetzt. Bei Klemmrollenfreiläufen wird das Drehmoment reibschlüssig übertragen. Die Klemmrolle rollt hierbei in den enger werdenden Spalt zwischen Innen- und Außenring. Hierdurch resultiert eine Aufweitung des Außenringes. Diese Aufweitung führt wiederum zu einer Dehnung tangential zum Umfang. Einige Freiläufe haben integrierte Lager um die Belastung des Kupplungselementes zu reduzieren. Der belastungsabhängige Verlauf kann mittels Dehnungsmessstreifen aufgezeichnet werden. Ziel war es zu analysieren wann die Klemmrolle die volle Belastung trägt. Diese Untersuchung wurde im Rahmen eines Forschungsvorhabens in Kooperation mit dem Institut für Antriebstechnik und Fahrzeugtechnik der Universität Kassel durchgeführt.



For a direction-dependent transmission of torque, overrunning clutches (freewheels) are used. In pinch roller freewheels the torque is transmitted by friction. The rolls roll into the convergent gap between the outer ring and the inner ring. This leads to a widening of the outer ring and to an elongation tangential to the circumference. Some freewheels have integrated bearings to reduce the strain of the rolls. The load-dependent behavior can now be recorded using strain gauges. The aim was to analyze when the roll carries the full load. This research was conducted in cooperation with the Institute of drivetrain technology and automotive engineering of the University of Kassel.

1 Versuchsaufbau

Um den gewünschten Tangentialdehnungsverlauf aufnehmen zu können, wird zunächst ein geeigneter Prüfstand benötigt. In Abbildung 1 ist der konstruierte Prüfstand dargestellt. Dieser besteht aus zwei koaxial zueinander verlaufenden Wellen. Zwischen diesen Wellen sitzt der zu prüfende Freilauf (Abbildung 1 links). Die Drehmomenteinleitung an der inneren Welle erfolgt auf der gegenüberliegenden Seite über einen 300 mm langen Hebelarm. Der Freilauf überträgt dieses Moment reibschlüssig an die äußere fest eingespannte Welle. An der Stirnseite der inneren Welle wird die Radialkraft von bis zu 7000 N aufgebracht. Zur Aufnahme der Dehnung werden Dehnungsmessstreifen (DMS) verwendet. Es werden zwei DMS-Ketten mit je zehn Messpunkten á 1 mm Abstand über dem Freilauf appliziert (blau). Der Freilauf hat insgesamt eine Breite von 25 mm. Dadurch, dass die Gesamtlänge der DMS begrenzt ist, wird eine genauere Auflösung des Überganges von Rolle zu Lager gewünscht und auf zwei Messstellen direkt über der Klemmrolle verzichtet. Weiterhin wird zur Biegemomentmessung je eine DMS-Halbbrücke auf innerer und äußerer Welle appliziert.

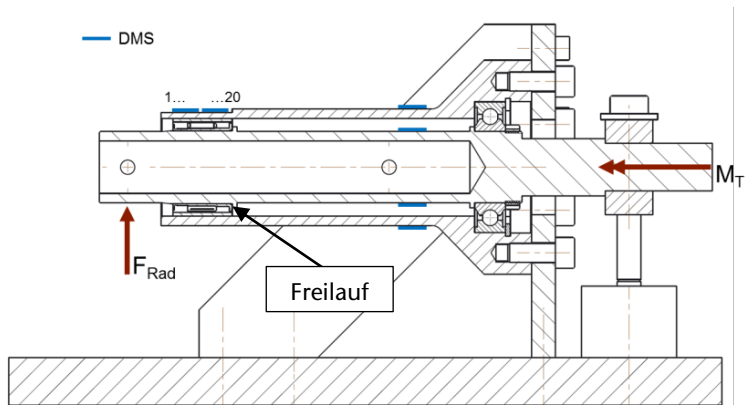


Abbildung 1: Prüfaufbau

2 Versuchsdurchführung

Die Torsions- und Radiallasten werden in äquidistanten Schritten aufgebracht und die Messwerte der Dehnungsmessstreifen aufgezeichnet. Durch die Differenz der Biegemomentmesswerte wird geprüft ob die beiden Belastungen ein Unterschied der Aufweitung des Freilaufs erkennen lassen. Über die Messwerte der DMS-Ketten wird der Tangentialdehnungsverlauf abhängig der aufgebrachten Last aufgenommen und der Lastzeitpunkt bestimmt ab dem die Klemmrollen die volle Last tragen.

Um zu prüfen ob die Belastungsreihenfolge einen Einfluss auf die Beanspruchung hat, wurde diese während der Versuche variiert. Im Wechsel wurden Torsionsmoment und Radiallast aufgebracht. Weiterhin wurde geprüft welche Belastungsverläufe der Freilauf ohne Lager bzw. ohne Rollen erzeugt.

3 Auswertung

Mit der Verwendung von DMS ist keine direkte Messung einer Spannung möglich. Erfasst wird die Widerstandsänderung des Konstantandrahtes aufgrund seiner Dehnung bei Belastung des Bauteils. Diese Widerstandsänderung kann bei Bekanntsein bestimmter DMS-spezifischer Kenngrößen einem genauen Dehnungswert zugeordnet werden. Die Umrechnung der Tangentialdehnung in die zugehörige, handlichere Tangentialspannung erfolgt mit der Formel des Hookeschen Gesetzes.

$$\sigma_T = \varepsilon \cdot E \quad 3.1$$

Hierbei beschreibt ε die Dehnung in $\mu\text{m}/\text{m}$ und E den E-Modul. Mit dem Standard-E-Modul für Stahl von 210.000 MPa entspricht eine Dehnung von 100 $\mu\text{m}/\text{m}$ einer Spannung von ca. 21 MPa.

Abbildung 3 stellt den Dehnungsverlauf über dem Freilauf für den Fall dar, dass dieser ohne Lagerung eingebaut ist. Es wurde zunächst die Radiallast und anschließend zusätzlich das Moment aufgebracht. Wie in Kapitel 1 bereits geschildert, sind die Messpunkte direkt über der Klemmrolle nicht messtechnisch erfasst worden. Für einen kontinuierlichen Verlauf der Kurven wurden für diese Stellen die jeweiligen Nachbarwerte angenommen. Die Zahlen 1 bis 20 stellen hierbei die Messpunkte dar (vgl. Abbildung 1). Die Bereiche des Übergangs von Lager zu Rolle stellen die Punkte 5 & 6 bzw. 15 & 16 dar.

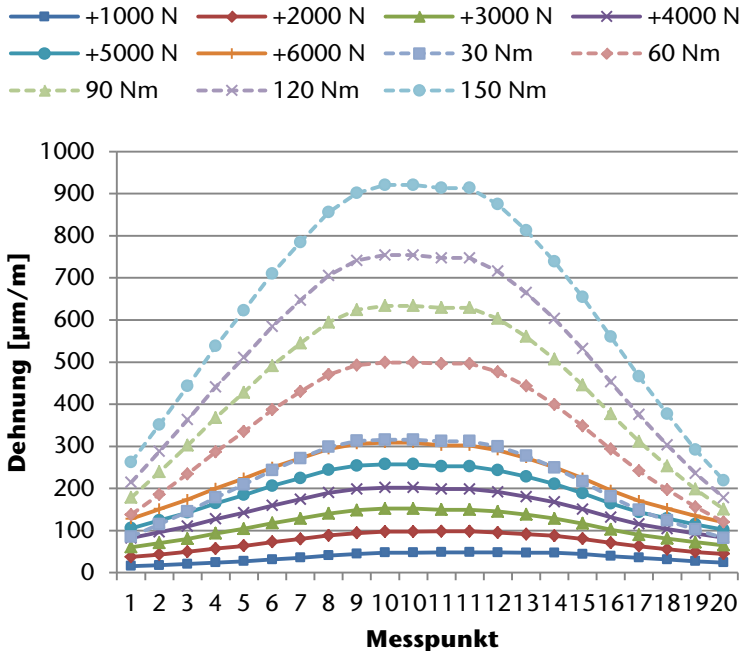


Abbildung 2: Tangentialdehnungsverlauf: Freilauf ohne Lager (F_R , M_T)

Abbildung 3 ist zu entnehmen, dass der Einfluss des Steigerns der Radiallast um 1000 N (ca. 17% der Maximallast) eine Erhöhung der Dehnung um ca. $50 \mu\text{m}/\text{m}$ zur Folge hat ($\sim 11 \text{ MPa}$). Das Aufbringen des Torsionsmomentes in 30-Nm-Schritten (20% des Maximalmoments) führt zu einer Dehnungserhöhung von ca. $120 \mu\text{m}/\text{m}$ ($\sim 25 \text{ MPa}$). Der Einfluss des Torsionsmomentes ist somit größer als der der Radiallast. Bei maximaler Belastung ($M_T = 150 \text{ Nm}$, $F_R = 6000 \text{ N}$) entsteht eine Tangentialspannung von ca. 193 MPa . Der Ort der maximalen Tangentialspannung befindet sich in der Mitte des Freilaufs direkt über der Klemmrolle. Der Maximalwert der Spannung könnte jedoch aufgrund der 2 fehlenden mittleren Messpunkte theoretisch höher liegen.

Werden die Verläufe der Abbildung 3 nun mit dem Fall, dass die Freilauflager eingebaut sind (Abbildung 4) verglichen, so wird auf den ersten Blick kaum ein Unterschied deutlich. Die maximalen Spannungen befinden sich in beiden Diagrammen an derselben Stelle. Weiterhin ist den Diagrammen zu entnehmen, dass nicht nur bei Aufbringen des Momentes die Tangentialspannung aufgrund der Aufweitung der Ringe über der Rolle steigt, sondern, dass auch schon die Er-

höhung der Radiallast zu einer höheren Steigerung der Tangentialdehnung und -spannung über der Rolle führt. Hier liegt die Vermutung nahe, dass die im Freilauf eingebaute Lagerung nur eine untergeordnete Rolle spielt und die Klemmrollen auch im Freilaufbetrieb den größten Teil der Lasten auffangen.

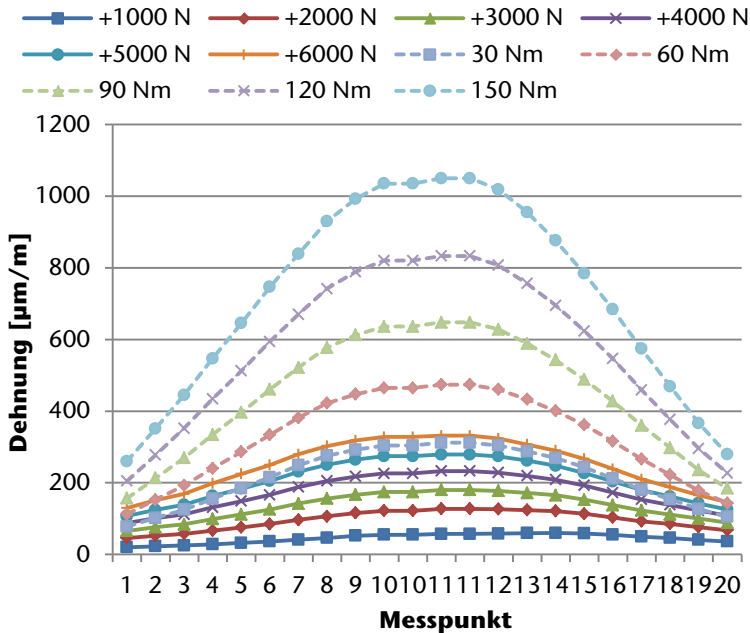


Abbildung 3: : Tangentialdehnungsverlauf: Freilauf mit Lager (F_R , M_T)

Um nun zu überprüfen ob die Klemmrolle in beiden Fällen (mit und ohne Lager) bei Aufbringen der Radiallast den größten Teil dieser Last trägt, wurden zu Vergleichszwecken die Rollen des Freilaufs entfernt (Abbildung 5). In diesem Verlauf ist zu erkennen, dass nicht in der Mitte die höchsten Spannungen liegen, sondern, dass die Lager nun wirklich die Last tragen.

Werden die Dehnungen in Abbildung 3 und Abbildung 4 bei 6000 N radialer Belastung verglichen, so ist zu erkennen, dass der Wert bei allen Versuchen jeweils ca. 300 $\mu\text{m/m}$ ($\sim 63 \text{ MPa}$) entspricht. Die gleiche Belastung führt somit am jeweiligen Kontakt zu gleicher Beanspruchung.

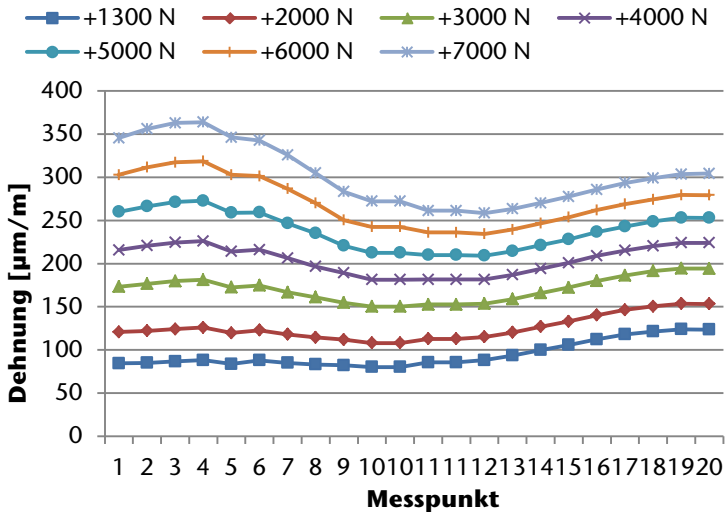


Abbildung 4: Tangentialdehnungsverlauf: Freilauf ohne Rollen (F_R)

Ein weiterer Punkt der zu nennen ist, ist die Steigerung der Dehnung zwischen den Lagern trotz ausgebauter Klemmrollen. Der Dehnungswert an diesem kontaktlosen Messpunkt resultiert aus der Beanspruchungsabnahme hin zur Mitte, ausgehend von den Maxima an den Lagern. Hierauf basierend könnte eine weitere Schlussfolgerung sein, dass die äußeren Messwerte der Abbildungen ebenfalls lediglich die Abnahme der Tangentialspannung über dem Bauteil darstellen und die Freilauflager keinen signifikanten Kontakt zum Außenring aufweisen.

4 Ergebnis/ Zusammenfassung

Mit einem geeigneten Prüfstand kann mit Hilfe von DMS-Ketten der Tangentialdehnungsverlauf über der Freilaufbreite messtechnisch erfasst werden. Diese Dehnung resultiert aus der Aufweitung des Außenringes bei Kraftaufbringung. Aus den Ergebnissen ist zu erkennen, dass bei einem Freilauf mit eingebauter Lagerung die Klemmrollen speziell während der Momentbelastung den vollen Anteil der Beanspruchung übertragen. Den Ergebnissen ist zu erkennen, dass bei einem Freilauf mit eingebauter Lagerung die Klemmrollen speziell während der Momentbelastung den vollen Anteil der Beanspruchung übertragen. Ein Übergang von der Belastung der Lager (Verlauf Abbildung 5) zu einer Belastung der Klemmrolle (Abbildung 3 und 4) war nicht zu erkennen.