

# Plansch- und Schleppverluste In Wälzlagern

## Einfluss der hydraulischen Verluste auf die Reibung von Wälzlagern

*D. Großberndt, H. Schwarze, Institut für Tribologie und Energiewandlungsmaschinen, TU Clausthal*

### Kurzgefasst

- Untersuchung des Einflusses hydraulischer Verluste auf das Gesamtreibmoment von Wälzlagern
- Analyse der Strömungsverhältnisse in Wälzlagern sowie ihrer Auswirkungen auf das Verlustverhalten
- Entwicklung technisch-mathematischer Modelle zur Berechnung hydraulischer Verluste an horizontal ausgerichteten, ölbadgeschmierten Wälzlagern

Für die in Wälzlagern auftretenden Verluste ist die Wälzlagerreibung verantwortlich. Die Gesamtreibung und damit die Gesamtverluste eines Lagers setzen sich aus mechanischen Anteilen, den Verlusten aus Roll- und Gleitreibung, und hydraulischen Anteilen, den durch die Schmierstoffreibung bedingten Verlusten, zusammen. Die hydraulischen Verluste können selbst weiter in Schlepp- und Planschverluste unterteilt werden. Erstere ergeben sich aus dem Widerstand den der Schmierstoff dem Wälzkörpersatz beim Durchlaufen entgegengesetzt, während Letztere aufgrund der Scherung des Schmierstoffs an den freien Oberflächen entstehen. Diese lastunabhängigen Verlustanteile können mehr als 50 % der Gesamtverluste verantworten und sind damit von wesentlicher Bedeutung 1.

Für die Berechnung des hydraulischen Verlustmoments existieren verschiedene Berechnungsansätze. Allerdings sind diese Ansätze entweder nur für eine grobe Abschätzung der hydraulischen Verluste geeignet oder beschränken sich auf einige wenige Wälzlager bei idealisierten Betriebsbedingungen 2. Im abgeschlossenen DFG Vorhaben „Entwicklung eines analytischen Modells zur Berechnung von Gesamtreibmomenten an Wälzlagerungen unter Ölschmierung“ wurde ein Berechnungsverfahren entwickelt, das auf technisch-mathematischen Modellen basiert und die Berechnung von Schlepp- und Planschmomenten an ölbadgeschmierten Schräg-, Rillenkugel- und Kegelrollenlagern in vertikaler Anordnung ermöglicht 1.

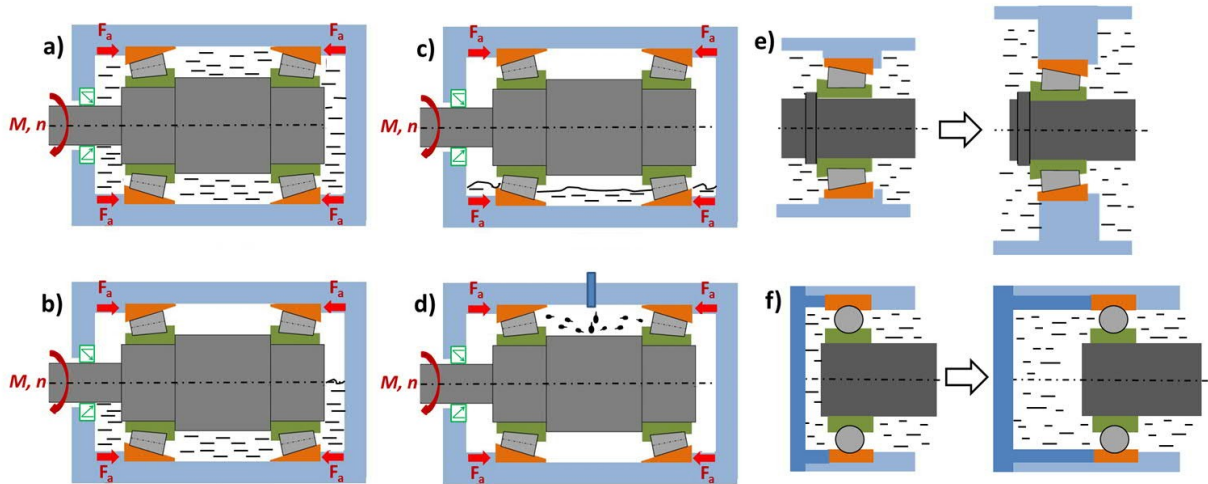
Ziel des DFG-Projekts „Einfluss der hydraulischen Verluste auf die Reibung von Wälzlagern“ ist es, technisch-mathematische Modelle zur Berechnung der hydraulischen Verluste an ölbadgeschmierten Wälzlagern in horizontaler Ausrichtung abzuleiten und damit die Modelle des Vorgängerprojekts zu erweitern. Weiterhin sollen, neben den hydraulischen

Verlusten in den Lagerungen, auch die Verluste der lagernahen Umgebung berücksichtigt werden. Hierfür erfolgen experimentelle und simulative Untersuchung von Kegelrollen- und Rillenkugellager mit jeweils zwei Bohrungskennzahlen. Die im Rahmen dieses Projekts anfallenden Experiment werden am MEGT der TU Kaiserslautern realisiert, während die CFD-Simulation am ITR der TU Clausthal erfolgen. Die experimentellen Untersuchungen werden für Lagerungen mit Vollflutung, Teilflutung und Minimalmengenschmierung durchgeführt. So können möglichst viele Schmierzustände untersucht und Eingabegrößen für die Simulation wie die dynamische Viskosität, die Ölsumpftemperatur oder die Wälzlageraußenringtemperatur bestimmt werden. Außerdem kann so aus der Differenz des Gesamtreibmoments bei einem ausgewählten Ölstand und dem Gesamtreibmoment bei Minimalmengenschmierung auf die hydraulischen Verluste geschlossen werden 3. Weiterhin werden Versuche mit unterschiedlichen Größen des Ölreservoirs angestellt, um Verluste der lagernahen Umgebung bestimmen zu können. Die verschiedenen zu untersuchenden Schmierzustände sowie die Unterschiede in der Ölreservoirgröße können Abbildung 1 entnommen werden.

Die simulative Untersuchung der vollgefluteten Lagerungen ermöglicht einerseits den Vergleich mit den Ergebnissen des Vorgängervorhabens und andererseits die Identifikation der einzelnen Anteile der Plansch- und Schleppverluste an den hydraulischen Verlusten der Lagerung. Aufgrund der in diesem Fall auftretenden gleichmäßigen Schmierstoffverteilung, genügt für die numerische Modellierung der Strömungszustände eine einphasige Betrachtungsweise. Anders ist es im Fall der Teilflutung. Hier bedarf es, aufgrund der ungleichmäßigen Schmierstoffverteilung und der Verschäumung des Öls, einer dreidimensionalen, zweiphasigen und transienten Modellierung. Diese Komplexität der Simulationsmodelle führt zu einem sehr hohen Bedarf an Rechenzeiten und -ressourcen 2.

Mit den aus den experimentellen und simulativen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnissen können die Berechnungsmodelle aus dem Vorgängervorhaben erweitert und somit technisch-mathematische Modelle zur Berechnung von hydraulischen Verlusten in Wälzlagern bereitgestellt werden.

In 4 wurden bereits die ersten Ergebnisse veröffentlicht. Es konnte gezeigt werden, dass die verwendete numerische Modellierung der untersuchten strömungsmechanischen Zustände zu simulativen



**Abbildung 1:** Randbedingungen hinsichtlich Schmierung und Ausführung des Ölreservoirs zur experimentellen Untersuchung des Gesamtreibmomentes a) Vollflutung, b) Teilflutung und c) Teilflutung (Mitte unterster WK), d) Minimalschmierung an beiden Lagern, e) und f) Ölreservoir groß vs. klein 2

Ergebnissen führt, die sehr gut mit den Ergebnissen aus dem Experiment übereinstimmen. Weiterhin wurde ersichtlich, dass die im Vorgängerprojekt hergeleiteten technisch-mathematischen Modelle in analoger Weise zur Berechnung der hydraulischen Verluste des betrachteten Kegelrollenlagers mit einer horizontalen Wellenanordnung genutzt werden können.

#### Projektpartner

Lehrstuhl für Maschinenelemente und Getriebetechnik, TU Kaiserslautern

#### Förderung

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

#### WWW

[www.itr.tu-clausthal.de](http://www.itr.tu-clausthal.de)

#### Weitere Informationen

- [1] DFG Projekt-Abschlussbericht, *Entwicklung eines analytischen Modells zur Berechnung von Gesamtreibmomenten an Wälzlagerungen unter Ölschmierung*, 2016
- [2] DFG Projekt-Antrag, *Einfluss der hydraulischen Verluste auf die Reibung von Wälzlagern*, 2016
- [3] J. Liebrecht, X. Si, B. Sauer, H. Schwarze, *Investigation of Drag and Churning Losses on Tapered Roller Bearings*, *Strojnik i vestnik Journal of Mechanical Engineering*, 2015, p. 399-408
- [4] A. Gonda, D. Großberndt, B. Sauer, H. Schwarze, *Experimentelle und numerische Untersuchungen der hydraulischen Verluste in Wälzlagern unter praxisrelevanten Bedingungen*, *Tribologie + Schmierungstechnik*, 6/2018, p. 5-11