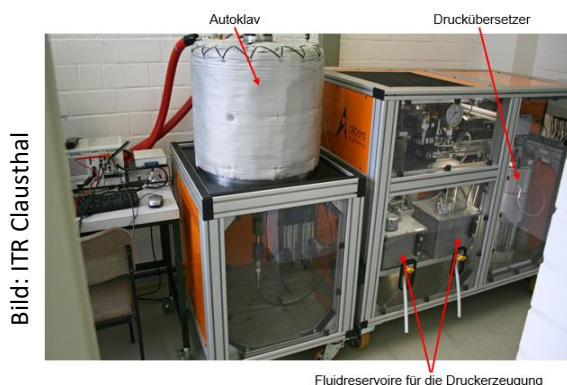


Tribologische Fluidmodelle für Antriebsstrangkomponenten

AiF Projekt 19427 BG

Aufgabe/ Zielsetzung

Zur Effizienzsteigerung geschmierter tribologischer Systeme werden enorme Anstrengungen unternommen, die Reibungsverluste zu minimieren. Für einen erfolgreichen Produktentwicklungsprozess sind numerische Kontakt- und Reibungssimulationen ein wichtiges Werkzeug geworden. Neben vielen Aspekten spielt die Modellierung des Schmierstoffs, insbesondere der Viskosität, für valide Berechnungsergebnisse eine zentrale Rolle. Hierfür ist es erforderlich, die teils komplexen Abhängigkeiten von Temperatur, Druck und Scherrate bei extremen Bedingungen durch geeignete Modellgleichungen zu beschreiben und die erforderlichen Kennwerte auf Basis von Messungen zu ermitteln. Infolge der Betriebsstrategien der Antriebsstrangkomponenten unterliegen die eingesetzten zunehmend niedrigviskosen Fluide einer stark instationären Belastung in sehr dünnen Schmierespalten bei hohen Schergefällen. Hierfür existieren bisher keine ausreichenden Kenntnisse des rheologischen Fluidverhaltens. Die notwendige Messtechnik zur Erfassung dieses Verhaltens ist dabei derzeit noch nicht so weit entwickelt, die Zustände unter Realbedingungen direkt messtechnisch zugänglich zu machen. Aufbauend auf den im Projekt "FVV 1138 Tribologische Fluidmodelle für Nebenantriebsaggregate in Hybrid- und Elektrofahrzeugen" erzielten Erkenntnissen standen die bisher nicht betrachteten Fragestellungen der Fluid- bzw. Systemelastizität sowie der Zeitabhängigkeit der Fluidparameter im Fokus, welche sich charakteristisch auf das Traktionsverhalten auswirken.



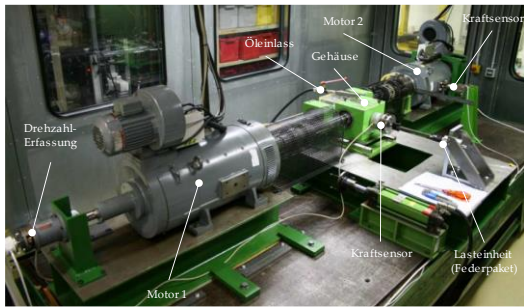
Rheometrische Messungen

Am Institut für Tribologie und Energiewandlungsmaschinen (ITR) wurden die Fluideigenschaften von sechs Schmierstoffen auf Hochdruckrheometern bestimmt und die gewonnenen Daten mit Interpolationsgleichungen für die Verwendung in numerischen Simulationsprogrammen beschrieben.

Ergebnisse

Im Projekt wurde eine Berechnungssoftware auf Grundlage der Reynolds'schen Differentialgleichung um ein elastisches Systemverhalten erweitert. Darüber hinaus wurde ein Workflow erarbeitet, wie für ein gegebenes Fluid ein vollumfängliches Modell abgeleitet werden kann. Dieser wurde auf 4 Praxisöle sowie 2 Reinstsubstanzen angewendet. Grundlage bildeten hierfür Messungen der thermophysikalischen Fluideigenschaften auf Hochdruckrheometern. Die Messdaten wurden mit verschiedenen Interpolationsgleichungen zur Verwendung in numerischen Berechnungsprogrammen angenähert. Da rheometrischen Fluiduntersuchungen, insbesondere aufgrund der in konzentrierten Kontakten auftretenden extremen Drücke, messtechnische Grenzen gesetzt sind, wurden zusätzlich auf einem Zweiseibenprüfstand und einem Ring-Wälzkörper-Ring-Tribometer Traktionsmessungen durchgeführt.

Bild: IMKT Hannover

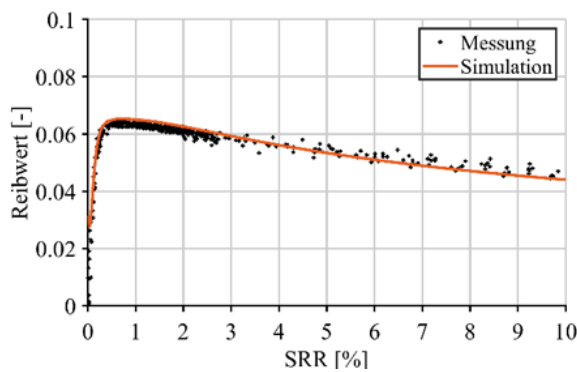


Traktionsmessungen auf Modellprüfständen

Am Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie (IMKT) wurden Versuche unter Realbedingungen auf verschiedenen Modellprüfständen durchgeführt, welche zur Ermittlung von Fluidparametern sowie zur Validierung des Simulationsmodells dienen. Weiterhin wurden thermographische Messungen im Kontakt durchgeführt.

Der gemessene Reibwert, als integrale Größe, bildete zum einen die Grundlage zur Validierung der numerischen Simulationen bzw. der Modelliergenauigkeit des Fluidverhaltens, zum anderen konnten direkt erste Abschätzungen von Parametern des Fließverhaltens erfolgen. Nicht bestimmbare Modellkonstanten mussten aus einem iterativen Abgleich von Versuch und Simulation ermittelt werden. Unterstützend wurde eine vereinfachte Parameteridentifikationsmethode entwickelt. Insgesamt konnten für alle Fluide ganzheitliche Modelle abgeleitet werden, mit welchen für alle untersuchten Betriebspunkte sehr gute Übereinstimmungen von Versuch und Simulation erzielt werden können.

Bild: IMK Magdeburg



Numerische Kontaktsimulationen

An der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg wurde ein Berechnungsprogramm auf Basis der Reynolds'schen Differentialgleichung um ein elastisches Systemverhalten erweitert. Weiterhin wurde ein CFD-Simulationsmodell zur Berechnung von konzentrierten Kontakten entwickelt und die Ergebnisse mit Modellversuchen verglichen.

Um nachzuweisen, dass die neuen Fluidmodelle auch in kommerzieller Software, wie sie von vielen KMU genutzt werden, angewendet werden können, wurde zudem ein CFD-Simulationsmodell mit der Software ANSYS17.1 aufgebaut. Die Validierung des Modells erfolgte zum einen durch Vergleich mit der Lösung der Reynolds'schen DGL, zum anderen wurde die Schmierstathöhe mit Messungen an einem EHD2-Tribometer verglichen. Zwischen den Berechnungsansätzen und den Messungen konnten sehr gute Übereinstimmungen erzielt werden.

Förderung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 19427 BG der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Der Abschlussbericht des Vorhabens kann über das [Forschungskuratorium Maschinenbau \(FKM\)](#) e.V. bezogen werden (Postanschrift: Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt am Main, E-Mail: info@fkm-net.de, Tel.: +49 69 6603 16 81).