

# Experimentelle und numerische Modellbildung zur Bestimmung der Reibkraft translatorischer Dichtungen<sup>1</sup>

Oliver Heipl<sup>2</sup>

Hydraulische und pneumatische Linearantriebe zeigen instationäres Bewegungsverhalten, wenn diese aus dem Stillstand anfahren oder aufgrund des begrenzten Hubs eine Richtungsumkehr erfolgt. Bei hochdynamisch betriebenen Sonderanwendungen kommt der Reibung aufgrund der Bewegungsbeeinflussung eine besondere Bedeutung zu. Im Gegensatz zu den bislang üblichen stationären Betrachtungen der Dichtungsreibung wird diese im Rahmen der Arbeit in Abhängigkeit der Dynamik experimentell ermittelt und mit numerischen Berechnungen nachgebildet. An einem Prüfstand für hydraulische Stangendichtungen, der mit einem Kurbeltrieb angetrieben wird, werden die Reibkräfte für unterschiedliche Dichtungsgeometrien unter Variation von Druck und Temperatur bei Geschwindigkeiten bis zu 10 m/s gemessen und diskutiert. Darüber hinaus wird mit einem neu entwickelten Prüfstand für pneumatische Stangendichtungen, welcher auf einem bislang nicht realisiertem Messprinzip basiert, der Einfluss von Dichtungsgeometrie, Material, Einbausituation, Druck, Schmierfett und Dichtungsabmessungen auf die Reibung systematisch analysiert. Aufgrund der zunehmenden Bedeutung von analytischen und numerischen Methoden im Entwicklungsprozess von Dichtsystemen, werden zwei Simulationsansätze zur Spalthöhenberechnung und der daraus abgeleiteten Reibkraft vorgestellt. Der aus der Literatur bekannte inverse hydrodynamische Ansatz (IHL) stellt eine sehr vereinfachte Berechnungsmethode dar, wohingegen das entwickelte elastohydrodynamische Modell (EHD bzw. EHL) eine physikalisch genauere Abbildung ermöglicht. Im abschließenden Vergleich zwischen Reibkraftmessungen an einem O-Ring und zugehörigen Simulationen wird die Eignung der Berechnungsmodelle bei einem hydrodynamischen Schmierzustand aufgezeigt.

Schlagworte: Stangendichtung, Elastomer, Hydraulik, Pneumatik, Reibung, Prüfstand, Messverfahren, Simulation, Finite-Elemente-Methode, Viskoelastizität, Elastohydrodynamik

---

<sup>1</sup> <http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2013/4714/>

<sup>2</sup> [oliver.heipl@rwth-aachen.de](mailto:oliver.heipl@rwth-aachen.de)

# Experimental and Numerical Modelling to Determine the Friction Force of Reciprocating Seals<sup>1</sup>

Oliver Heipl<sup>2</sup>

Hydraulic and pneumatic linear actuators move unsteady when they start-up from a standstill or a reversal of the direction occurs at the end of the stroke. In high dynamic special applications, the friction significantly affects the moving behaviour. In contrast to previous steady-state investigations, the seal friction is considered in the context of this work as a function of acceleration. For this purpose, experimental as well as numerical methods are developed. Measurements of the friction forces of hydraulic rod seals are carried out using a test rig driven by a crank mechanism. The results for different seal geometries, varying pressures and temperatures at speeds of up to 10 m/s are discussed. In addition, a newly developed measurement principle for pneumatic rod seals is designed and enables to detect the seal friction with minimised disturbances. The influence of seal geometry, material, installation situation, pressure, grease and seal dimensions are systematically investigated using the pneumatic test rig. Due to the increasing importance of analytical and numerical methods in the development process of sealing systems, two simulation approaches are presented to calculate the friction force. The well-known inverse hydrodynamic approach (IHL) is a simplified calculation method, whereas the developed elastohydrodynamic model (EHD or EHL) allows a physically more accurate reproduction. Finally, comparisons between measurements using an O-ring operated at different conditions and corresponding simulations show the suitability of the numerical models for hydrodynamic lubrication conditions.

**Keywords:** rod seal, elastomer, hydraulics, pneumatics, friction, test rig, measurement method, simulation, finite element method, viscoelasticity, elastohydrodynamics

---

<sup>1</sup> <http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2013/4714/>

<sup>2</sup> [oliver.heipl@rwth-aachen.de](mailto:oliver.heipl@rwth-aachen.de)