

**Diss. ETH 6527**

# **Das Schwimmbüchsenlager bei stationärem Betrieb**

ABHANDLUNG  
zur Erlangung  
des Titels eines Doktors der Technischen Wissenschaften  
der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE  
ZÜRICH

vorgelegt von  
**BRUNO BULUSCHEK**  
Dipl. Masch.-Ing.  
geboren am 24. Februar 1942  
von Deutschland

Angenommen auf Antrag von  
Prof. Dr. H. H. Ott, Referent  
Prof. Dr. B. Chaix, Korreferent

## 8. Z u s a m m e n f a s s u n g

Zur experimentellen Untersuchung von Schwimmbüchsenlagern wurde eine Prüfanordnung entworfen und gebaut. An einem Schwimmbüchsenlager, das axial von der Seite her mit Schmieröl versorgt wird und einen Bohrungsdurchmesser von 130 mm aufweist, wurden bei verschiedenen

Lasten, Wellendrehzahlen, Oeleintrittstemperaturen, Ölzufuhrdrücken und Herstellungsspielen die sich einstellenden

Büchsendrehzahlen, Wellenlagen, Reibungsmomente, Öltemperaturen, Druckverteilungen und Schmieröldurchsätze gemessen.

Im untersuchten Drehzahlbereich zwischen ca. 500 und 8000 U/min wurden beim Versuchslager 3 Drehzahlbereiche mit unterschiedlichem Betriebsverhalten festgestellt. Ein erster Bereich, ungefähr zwischen 500 und 3500 U/min, war gekennzeichnet durch ruhigen Lauf bei Büchsendrehzahlen, die etwa einen Drittel der Wellendrehzahlen ausmachten. Im anschließenden zweiten Bereich, dessen Grenzen von den Betriebsparametern abhängen, der aber grob zwischen 3500 und 4500 U/min angesetzt werden kann, traten Instabilitäten auf, die eine Messung der Büchsendrehzahlen unmöglich machten. In diesem Bereich änderte die Büchse mit hoher Frequenz ihre Drehzahl; der auf einem Oszilloskop abgebildete Büchsenmittelpunkt ändert ebenfalls sehr schnell seine Lage. Dieser instabile Bereich trat bei jeder der oben angegebenen Variation auf. Im folgenden dritten Bereich ergab sich wieder ein ruhiger Lauf des Versuchslagers bei Büchsendrehzahlen, die nur noch ca. 20% der Wellendrehzahlen ausmachten.

Zur Erklärung für das beobachtete Verhalten wurde ein Modell für die Nachrechnung von Schwimmbüchsenlagern geschaffen. Das Rechenverfahren bestimmt

für eine vorgegebene Büchsendrehzahl iterativ die zugehörige Wellendrehzahl so, dass bei stationärem Lauf an der Schwimmbüchse ein Gleichgewicht der angreifenden Reibungsmomente vom inneren und äußeren Schmierpalt herrscht. Das Modell beinhaltet die Bestimmung einer repräsentativen Öltemperatur für jeden Spalt und die Wirkung einer nicht für Vollmengenschmierung ausreichenden Ölversorgung. Aus den Messungen ergab sich, dass die im Versuch bestimmten Öldurchsätze, je nach Betriebszustand, nur einen Bruchteil der für Vollmengenschmierung notwendigen Öldurchsätzen ausmachen.

Die erhaltenen Rechenresultate geben das im Versuch beobachtete Lagerverhalten befriedigend wieder. Die Erklärung für das Entstehen des instabilen Bereichs (und damit der Aufteilung in 3 Betriebsbereiche) kann wie folgt gegeben werden: Mit zunehmender Wellendrehzahl steigt die Öltemperatur im inneren Schmierpalt stark an. Die dadurch verringerte Ölviskosität verkleinert das auf die Büchse ausgeübte Antriebsmoment. In gleicher Weise wirkt sich der mit zunehmender Drehzahl wachsende Fehlbetrag an Schmieröl im inneren Spalt aus. Der hieraus resultierende kürzere Druckberg führt ebenfalls zu einer Verringerung des Reibungsmomentes an der Innenseite der Büchse. Das aus den angeführten Gründen in einem begrenzten Drehzahlbereich mit zunehmender Wellendrehzahl abnehmende Reibungsmoment an der Büchse verursacht, neben anderen Einflüssen, das instabile Verhalten des Schwimmbüchsenlagers. Das festgestellte instabile Verhalten des Schwimmbüchsenlagers wurde bis jetzt in der bekannt gewordenen Literatur nicht erwähnt.

Die erhaltenen Versuchs- und Rechenresultate lassen Aussagen über eine vorteilhafte konstruktive Gestaltung und Wahl der Betriebsparameter zu.

The Floating-Ring Bearing  
at Steady-State Conditions

Abstract

An investigation was performed to determine the operating characteristics of a 132 mm-bore floating-ring bearing. Within the experimentally tested range of up to 8000 rpm shaft speed, 3 regions of different operating properties were observed. A first range between 500 and approximately 3500 rpm shaft speed gave good stability at ring speeds of about one third of shaft speed. The next shaft speed range showed irregular rotation of the ring, accompanied by an unstable indication of the ring center locus on an oscilloscope. When exceeding about 4500 rpm shaft speed, ring speed and center locus became stable again at an equilibrium ratio of shaft to ring speed of only one fifth.

An analytic model considering representative oil-temperatures in both inner and outer film and the effects of bearing operation in a starved lubricant supply condition was developed. The calculations reproduced the experimentally observed behavior satisfactorily. The unstable operating range is due to a limited shaft speed regime where increasing speed leads to a reduced friction torque on the ring.