

## Einfluss von Kinematik und Last auf die Fettalterung in Wälzlagern

Über 80 Prozent der Wälzlager sind fettgeschmiert und in vielen Fällen bestimmt die Fettgebrauchsdauer das Wartungsintervall bzw. die Lagergebrauchsdauer. Während für die Vorhersage der Ermüdungslebensdauer von Wälzlagern mit ISO 281 eine genormte und in der Praxis bewährte Methode bereitsteht, kann die Fettgebrauchsdauer nur über empirische Katalogverfahren mit befriedigendem Aussagegehalt bestimmt werden. Praxisberichte legen offen, dass das tatsächliche Schmierstoffversagen früher eintreten kann als prognostiziert. Das gilt insbesondere für den Einfluss der Last sowie der kinematischen Teilsysteme.

Zu diesem Zweck fanden im Rahmen des Forschungsvorhabens Bauteilversuche statt, bei denen die Fettalterung sowohl im Gesamtsystem Wälzlager als auch in den tribologischen Teilsystemen Wälzkörper Laufbahn- und Wälzkörper-Käfig-Kontakt untersucht wurde. Ziel der Untersuchungen war es, ein tieferes Verständnis von Ursache und Wirkung auf das Fett in Bezug auf die Last und die tribologischen Teilsysteme zu erlangen. Dabei konnten an insgesamt vier Prüfständen systemübergreifende Zusammenhänge für bestimmte Aspekte der Fettalterung herausgearbeitet werden. Deutlich wurde, welche Betriebsbedingungen sowie welche Bauteilkomponenten bestimmte Alterungsaspekte begünstigen können. So konnte gezeigt werden, dass die Schmierstoffanwesenheit im Wälzkörper-Laufbahn-Kontakt eine prüfstandsübergreifende Begleiterscheinung darstellt. Im Gesamtlager gingen mit steigender Last sowie mit senkrechter Wellenlage zunehmende Probleme der Fetttanwesenheit einher. Diese werden von einem schwankenden Reibmomentverhalten begleitet, welches sich auch bei der Körperschallmessung bemerkbar macht. So konnte versuchstechnisch demonstriert werden, dass eine senkrechte Wellenlage zu einer erheblichen Verkürzung der Fettgebrauchsdauer führen kann (vgl. Bild).

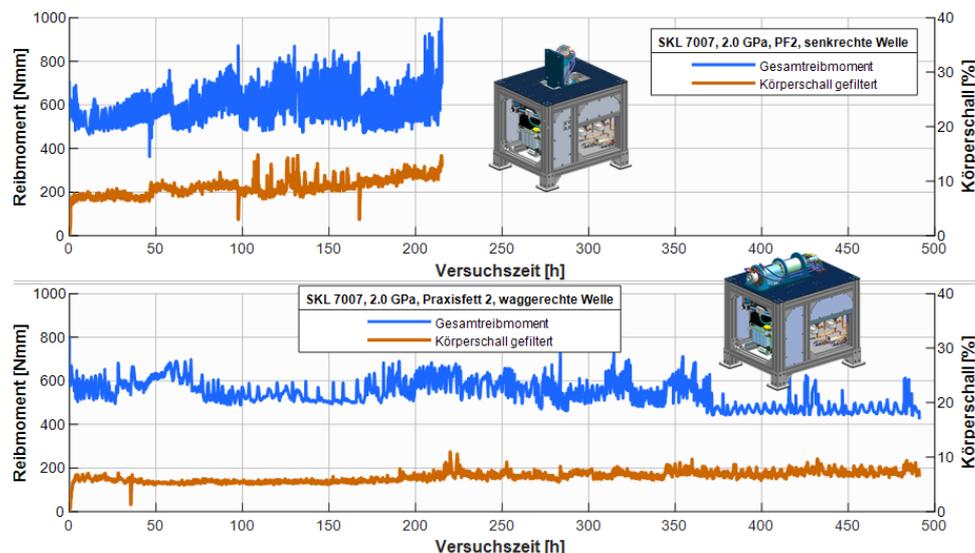


Bild: Wälzlagerversuche mit senkrechter (oben) und waagerechter Wellenlage (unten): 6.000 U/min, 90 °C am Außenring, je zwei Schrägkugellager in X-Anordnung (SKL 7007) und Praxisfett 2 (PF2)

Aus den Versuchen mit unterschiedlichen Käfigen ging hervor, dass bereits bei niedriger Drehzahl auch ohne die Bildung von Carbonsäure ein Abbau der Eindickerstruktur erfolgt (Eindicker-Degradation).

Die Versuche legen einen großen Einfluss der Wellenlage auf die Fettanwesenheit als auch die Fettgebrauchsdauer nahe. Allerdings lassen sich nicht alle beteiligten Einflussfaktoren versuchstechnisch isoliert untersuchen, weshalb zum Ende des Vorhabens nur eine qualitative Ableitung verschiedene Einflussfaktoren erfolgen kann:

- Wellenlage
- Fettanwesenheit
- Drehzahl
- Temperatur
- Last
- Käfigmaterial und Käfiggeometrie
- Dichtkonzept bzw. Deckelgeometrie

Zusätzlich wurden im Vorhaben zahlreiche Erkenntnisse zur Schmierstoffanalyse mit Blick auf die Fettalterung erarbeitet. Im Rahmen der Modell- und Wälzlagerversuche kam es nur bedingt zu schmierstoffbedingtem Versagen (Ausfälle). Deshalb war es im Vorhaben von zentraler Bedeutung den Grad der Fettalterung, der in den Versuchen erreicht wurde, zu bemessen. Das gilt sowohl für Ausfälle als auch bei nicht-Ausfällen. Zu diesem Zweck kam eine große Bandbreite von Analyseverfahren zum Einsatz. Dazu zählen die Infrarot-Spektroskopie, die Atom-Emissionsspektroskopie, die Filterpapier-Ring-Methode und die NMR-Spektroskopie (Nuclear Magnetic Resonance“). Da sich bei einigen Versuchen die Ölverarmung im Fett mit über 50 % als kritisch herausstellte, wurde für diesen Alterungsaspekt ein Schwerpunkt gesetzt. Dafür wurden für die vier letzten genannten Verfahren umfassende Qualifizierungsmaßnahmen durchgeführt, um aus dem Ergebniswert des jeweiligen Analyseverfahrens auf den verbleibenden Ölanteil (Restölgehalt) schließen zu können. Auf diese Weise wurde für jedes Analyseverfahren ein mathematisch abgeleiteter Zusammenhang erarbeitet, wobei für vier Prüffette jeweils die fettspezifischen Gleichungskoeffizienten angegeben sind. Im Kontext dieser Qualifizierungsmaßnahmen zur Ölverarmung wurden mit den Untersuchungen mittels NMR-Spektroskopie im Bereich der Forschung neue Methoden entwickelt. Diese wurden in zwei Veröffentlichungen und einer Dissertation dokumentiert. Zusammenfassend liegen durch dieses Forschungsvorhaben Anwendern eine Vielzahl von Verfahren und Auswertungsmethoden vor, die genutzt werden können, um gezielte Fragestellungen zu einzelnen Alterungsaspekten mit verschiedenen Analyseverfahren beantworten zu können.

**Autor:** **Ricardo Lühe**  
Institut für Maschinenkonstruktion, Lehrstuhl für Maschinenelemente und Tribologie, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

**Kontakt:** Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)  
**Dirk Arnold**  
T 069- 6603 -1632

**Das IGF-Vorhaben IGF-Nr. 21406 BR der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) wurde im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit den Mitteln der [IGF](#) gefördert.**

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



## Die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF)

Die [Industrielle Gemeinschaftsforschung \(IGF\)](#) ist ein europaweit erfolgreiches, themenoffenes und vorwettbewerbliches Förderprogramm des [Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz \(BMWK\)](#), das kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) einen einfachen Zugang zu praxisorientierter Forschung und zu aktuellen Forschungsergebnissen ermöglicht. In der IGF bestimmen Unternehmen bzw. Verbände, Forschungsvereinigungen und Forschungseinrichtungen gemeinsam den Forschungsbedarf und die Forschungsthemen ihrer Branche. Die Begleitung der Forschungsprojekte durch die Unternehmen garantiert die Praxisnähe der Forschungsprojekte. Die Ergebnisse der IGF-Projekte sind öffentlich und stehen allen interessierten Unternehmen zu gleichen Bedingungen zur Verfügung. So stärkt die IGF die Wettbewerbsfähigkeit des Mittelstands in Deutschland und trägt damit maßgeblich zu Deutschlands Innovationsouveränität bei.

**Die FVA (Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V.)** ist das weltweit erfolgreichste und größte Forschungs- und Innovationsnetzwerk in der Antriebstechnik. Zusammen mit rund 200 Unternehmen und 100 Forschungsinstituten haben wir bisher weit über 2.000 Projekte realisiert. Die Antriebstechnik voranzubringen – das ist das Ziel der FVA. Dazu bringen wir Industrie und Forschung zusammen. Dies zu moderieren, neues Wissen zu erforschen, Effizienz und Erkenntnisse zu schaffen – das macht uns zum Innovationsförderer unsere Branche. Für unsere Mitglieder bedeutet das einen mehrfachen Return-on-Invest: Austausch und Kenntnistransfer in der FVA-Community, Mitgestaltung an der Forschung, Teilhabe an neuestem Wissen, Ausbildung von jungen Ingenieur\*innen, passgenaue Weiterbildung, Reduzierung von F+E Kosten. Das kommt unseren Mitgliedsunternehmen, dem Forschungsstandort Deutschland und allen Beteiligten Menschen zu Gute. Denn unsere vorwettbewerbliche Gemeinschaftsforschung, finanziert über die IGF und Eigenmittel ist etwas ganz Besonderes. Gemeinsam geht einfach mehr. Dafür bündeln wir Ressourcen, auch finanzielle, moderieren Kommunikation und Prozesse. Wir helfen, Ideen zu verwirklichen. Weitere Informationen unter [www.fva-net.de](http://www.fva-net.de).