

## Zustandsüberwachung von Schmierfetten in Wälzlagern

bedarfsgesteuerte Nachschmierung  
durch Fettanalyse im Betrieb

## Zustandsüberwachung von Schmierfetten in Wälzlagern

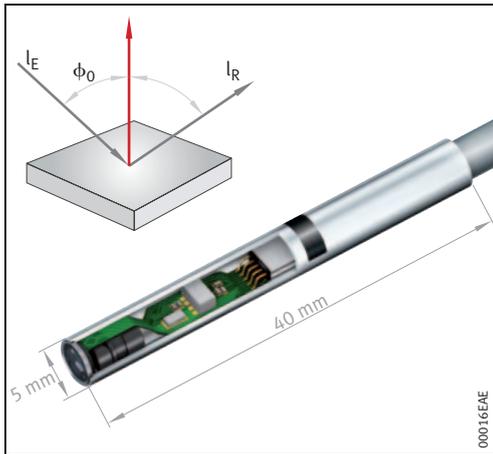


Bild 1: Grundsätzlicher Aufbau und Arbeitsweise des Schmierfettsensors

Etwa 95 Prozent aller Wälzlager werden mit Fett geschmiert. Das Schmierfett bildet an den Kontaktflächen einen ausreichend tragfähigen Schmierfilm und soll damit Verschleiß und vorzeitige Ermüdung des Lagers vermeiden. Daher ist eine zuverlässige Kenntnis über den Zustand des Fettes im Wälzlager von enormer Bedeutung. So stehen rund Dreiviertel aller Wälzlagerausfälle mit dem Schmierstoff in Verbindung, etwa durch Schmierstoff-Mangel, -Verschmutzung oder -Alterung. Bisher war es aber nicht möglich, Schmierfette während des Betriebs im Wälzlager zu analysieren. Aus diesem Grund werden Fette im Rahmen der vorbeugenden Instandhaltung üblicherweise lange vor dem Ende ihrer Gebrauchsdauer ausgetauscht, um Schäden an den Wälzlagern und somit teure Stillstände und Ausfälle von Maschinen oder Anlagen zu

vermeiden. Oder aber es wird aus falschem Sicherheitsverständnis eher überfettet, was sich negativ auf Funktion und Gebrauchsdauer des Lagers auswirkt. Die Schaeffler Gruppe hat in Zusammenarbeit mit Freudenberg Dichtungs- und Schwingungstechnik GmbH & Co. KG und dem Schmierstoffexperten Klüber Lubrication München KG einen Schmierfettsensor inklusive Auswertelektronik entwickelt, mit dem im Wälzlager bei laufendem Betrieb der Zustand des Fettes analysiert werden kann, Bild 1. Der Fettwechsel wird sich somit zukünftig am tatsächlichen Bedarf orientieren.

### Nachteile bisheriger Verfahren

Viele Lagerausfälle lassen sich auf verbrauchtes Fett zurückführen. Durch Zustandsüberwachung (Condition-Monitoring), wie zum Beispiel Überwachung von Körperschallspektren, können heute Fehler in Maschinen in

einem frühen Stadium detektiert werden. Hierdurch lassen sich Instandhaltungsmaßnahmen gezielt terminieren und somit Folgeschäden an Lagern und Getriebekomponenten vermeiden. Nachteil bei diesen Verfahren ist, dass schon eine Schädigung in der Maschine vorliegen muss, damit ein Signal erfasst werden kann. Somit muss zumindest ein Bauteil bei der nächsten Wartung ausgetauscht werden. Je nach gemessenem Signal variiert dabei die Vorwarnzeit bis zum tatsächlichen Ausfall der Maschine, Bild 2.

Mit dem entwickelten Schmierfettsensor und der zugehörigen Auswertelektronik ist es möglich, Zustandsänderungen des Fettes zu detektieren, lange bevor es zu Schädigungen im Wälzlager kommt. Somit lässt sich der Schmierfettaustausch genau planen, wobei der Kunde entscheiden kann, ab welchem Zustand des Fettes (von 100 Prozent für neuwertig bis theoretisch 0 Prozent

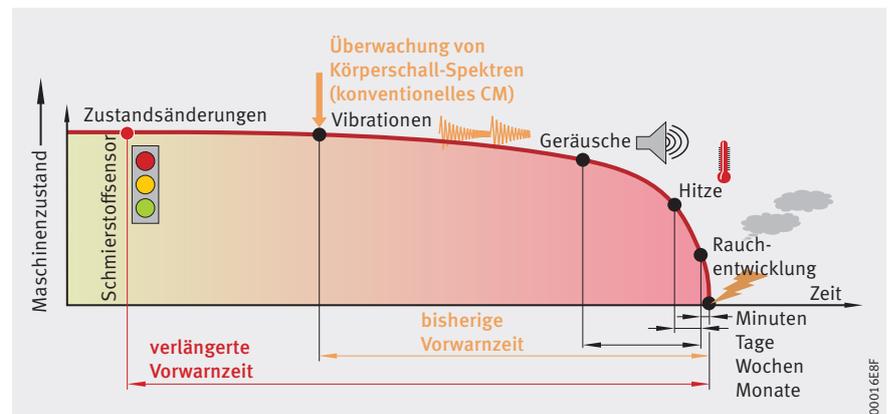


Bild 2: Mit dem Schmierfettsensor und der Auswertelektronik lassen sich Zustandsänderungen des Fettes erkennen, lange bevor Schäden im Wälzlager auftreten

für unbrauchbar) die Nachschmierung oder der Fettwechsel erfolgen soll. Durch den neuen Schmierfettensensor erfolgt der Wechsel von der zeit- zur bedarfsgesteuerten Nachschmierung.

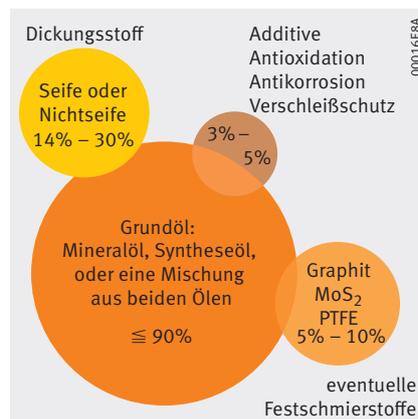
### Von der zeit- zur bedarfsgesteuerten Nachschmierung

In schwer zugänglichen Anlagen, wie zum Beispiel Offshore-Windenergieanlagen oder in Produktionsstraßen, können bei Ausfall eines Wälzlagers hohe Folgekosten entstehen, die den Wert des Wälzlagers weit übersteigen.

Die verstärkte Berücksichtigung tribologischer Kenntnisse ermöglicht daher beträchtliche Einsparungen durch:

- Reduzierung von Ausfallzeiten, die auf Betriebsstörungen zurückzuführen sind
- Reduzierung der Schmierstoffkosten
- Reduzierung der Instandhaltungs- und Ersatzteilkosten
- Reduzierung der Anlagekosten durch höhere Nutzungsgrade.

Die optimale Schmierung von Wälzlager ist dabei eine Wissenschaft für sich, denn Schmierfette sind hochkomplexe Gemische, die auf die jeweiligen Anwendungsbedingungen optimal abgestimmt werden müssen. So bestehen Fette in der Regel aus einem Grundöl, Dickungstoffen sowie Additiven; eventuell werden noch Festschmierstoffe beigemischt, *Bild 3*.



*Bild 3:* Grundsätzliche Zusammensetzung von Schmierfetten

Die Fettgebrauchsdauer wird dabei im Rahmen der vorbeugenden Instandhaltung zur bestimmenden Größe, wenn sie kleiner ist als die Lagerlebensdauer. In diesem Fall werden Lager in der Regel nachgeschmiert, wenn die Hälfte der Fettgebrauchsdauer erreicht wird.

Der große Nachteil bei diesem gängigen Verfahren ist, dass absolut nichts über den Zustand des Fettes bekannt ist. Wäre es vielleicht noch lange einsetzbar gewesen? War es durch äußere Einwirkungen wie Temperatur oder Wassereintritt schon so stark verändert, dass bereits Schädigungen im Lager aufgetreten sind? Wollte der Anwender Angaben über das Fett im Lager haben, standen ihm bisher nur die Entnahme einer Probe und die anschließende, teure und zeitaufwändige Analyse im Labor zur Verfügung.

Mit dem neuen Schmierfettensensor erfolgt der Wechsel von der zeit- zur bedarfsgesteuerten Nachschmierung. Die Überwachung des Schmierfettzustandes im Betrieb ist dabei grundsätzlich bei jedem Wälzlager sinnvoll. Der Schmierfettensensor ist aber insbesondere für den Einsatz in Maschinen und Anlagen prädestiniert. Hier entstehen durch den Ausfall und durch die außerplanmäßige Wartung des Wälzlagers große Stillstandskosten und Reparaturkosten. Durch einen Einsatz des Schmierfettensensors würde hier der präventive Schmierfettwechsel überflüssig, da genau ersichtlich wäre, wann der Schmierstoff nicht mehr optimal schmiert. Hierdurch könnten erhebliche Kosten und Ressourcen gespart und die Umwelt entlastet werden.

### Aufbau und

#### Funktion des Schmierfettensensors

Das optische Nahinfrarot-Reflexionsverfahren kristallisierte sich als optimales Verfahren zur Ermittlung des Schmierstoffzustandes im laufenden Betrieb des Wälzlagers heraus. Das in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut ENAS in Chemnitz entwickelte Verfahren lehnt sich an das im Labor eingesetzte Infrarotverfahren zur Messung der Fettqualität an, wurde aber für die im Betrieb stattfindende Messung im Wälzlager angepasst. Das Know-how liegt dabei nicht nur im Aufbau des Sensors, sondern

insbesondere in der Auswertung der gemessenen Signale. Bei dem eingesetzten Verfahren erfolgt unter dem Einsatz bestimmter Wellenlängen innerhalb des Infrarotspektrums die rotations-symmetrische Anstrahlung des Schmierfettes unter  $45^\circ$  durch den Sensor, *Bild 1*. Der Sensorkopf ist hierzu in den Schmierstoff eingebettet. Das reflektierte Licht wird dann senkrecht zum Fett gemessen. Hierdurch werden Schatteneffekte und Oberflächeninhomogenitäten vollständig ausgeschlossen. Parallel dazu besteht ein Referenzsystem, das die Alterung mitmacht, derselben Temperatur ausgesetzt ist, aber keinen Kontakt zum Fett hat. Mit diesem Referenzsystem wird das gemessene Signal abgeglichen. Das reflektierte Licht wird anschließend bezüglich der Qualität des Fettes ausgewertet. Ein aus der Laborpraxis bekanntes Verfahren ist die IR-Spektroskopie von Schmierstoffproben, bei der neben der Trübung die Entwicklung

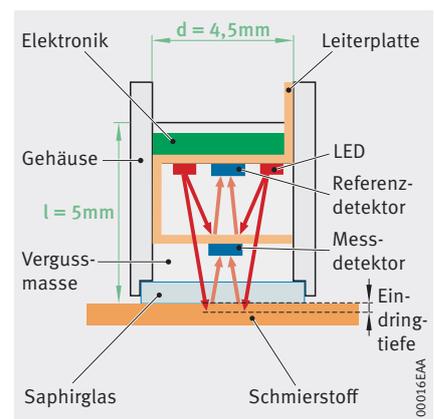
verschiedener Banden über die Zeit ausgewertet wird. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse liefern dem erfahrenen Experten Informationen zur Beurteilung der Schmierstoffqualität, *Bild 5* rechts. Bei der Überwachung von Schmierfetten werden charakteristische Veränderungen im Nahinfrarotspektrum für eine automatische Qualitätsbeurteilung herangezogen, *Bild 5* links.

Die Strom- und Signalübertragung vom Sensor zur Auswertelektronik erfolgt über Kabel. Bei Bedarf kann aber auch eine Funklösung realisiert werden.

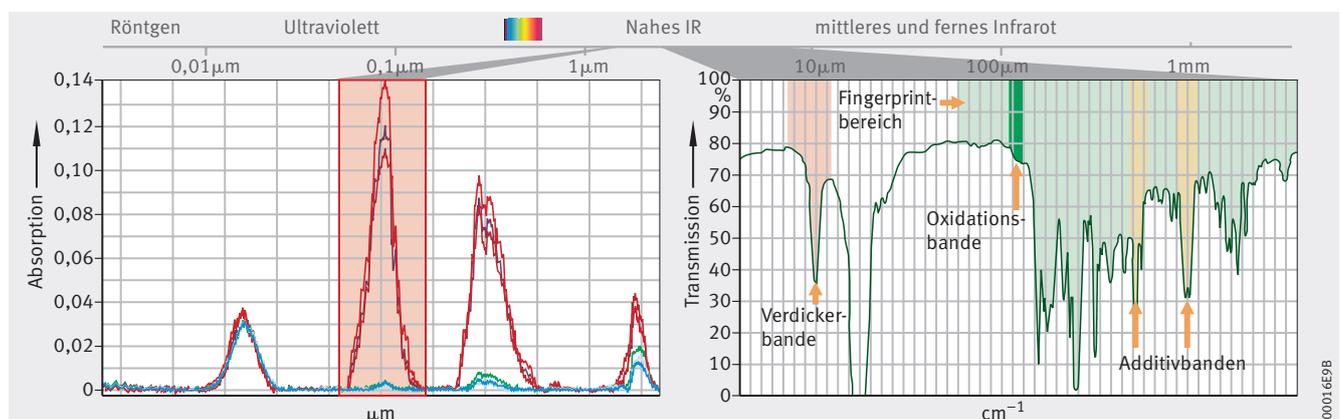
Die Eindringtiefe des Signals reicht von der Oberfläche des Saphirglases, an dem sich auch der Schmierstoff befindet, bis wenige Millimeter in den Schmierstoff, *Bild 4*.

Der optimale Messpunkt variiert dabei von Anwendung zu Anwendung. Hier ist das Know-how der Anwendungstechniker der Schaeffler Gruppe gefragt, die genau

spezifizieren können, wo der Sensor in der jeweiligen Anwendung eingesetzt werden soll. Dabei haben Versuche im Wälzlagerschmierstoff-Prüfergerät FE8 (nach DIN 51819-1) ergeben, dass der Sensor nicht das Fett im Wälzkontakt erfassen muss, da auch in Bereichen neben der Laufbahn sehr homogene Fettverhältnisse herrschen und dort somit vergleichbare Messergebnisse erzielt werden können.



*Bild 4:* Prinzipieller Aufbau des Sensorkopfes



*Bild 5:* Sensorsignal und anschließende Analyse des Schmierfettes durch die Auswertelektronik des Schmierstoffsensors

In der Validierungsphase wurde genau analysiert, wie sich die einzelnen Verunreinigungen von Fetten auf das Signal auswirken.

Mit dem Sensor können vier Parameter des Schmierstoffes erfasst werden:

- Wassergehalt
- Trübung
- Verschleiß (thermisch, mechanisch)
- Temperatur.

Aus diesen Parametern wird in der Auswertelektronik ein analoges Signal (4–20 mA) generiert, aus dem für den Kunden der Zustand des Fettes schnell und einfach ersichtlich wird, *Bild 6*.

Durch Setzen einer Triggerschwelle (Grenzwert) ist es des Weiteren möglich, ein Digitalsignal zu erzeugen, das die Zustände Fettqualität gut oder schlecht ausgibt.

Das Messverfahren kann bei den meisten Schmierfetten angewandt werden.

Etwa 95 Prozent der allgemein verfügbaren Produkte eignen sich aufgrund ihrer Zusammensetzung hierfür.

Die Schaeffler Gruppe sowie die Firmen Freudenberg und Klüber haben das Verfahren inzwischen für eine Vielzahl von Fetten validiert. Durch die im Betrieb stattfindende Auswertung des Schmierfettzustandes kann man bei plötzlich auftretenden Veränderungen auch Rückschlüsse auf deren Ursachen treffen und über den Digitalausgang schnell

darauf reagieren. Auch Optimierungsmöglichkeiten hinsichtlich Auslegung und Auswahl des Wälzlagers werden mithilfe des Verfahrens schnell ersichtlich.

### Zusammenfassung und Ausblick

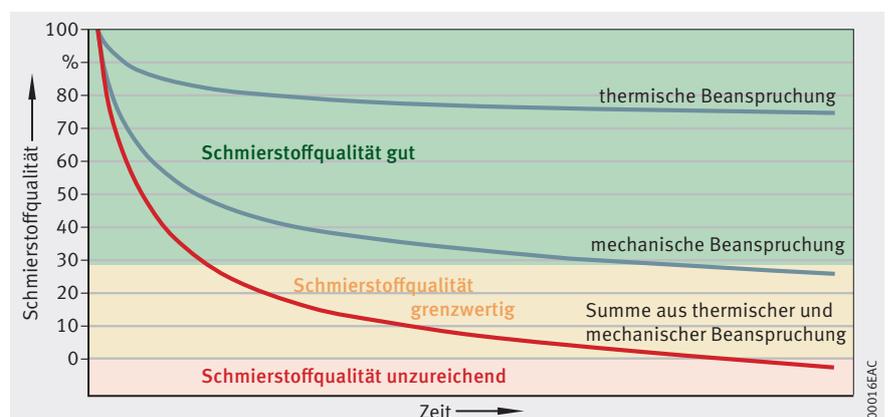
Durch die intensive Zusammenarbeit wurde ein praxistauglicher Sensor inklusive Auswertelektronik entwickelt, mit dem sich die Fettqualität während des Betriebs im Wälzlager für die unterschiedlichsten Fette erfassen lässt.

Die laufende Analyse des Schmierstoffes ermöglicht es, Änderungen des Fettes frühzeitig zu erkennen. Somit kann ab einer vom Kunden definierbaren Qualität der Austausch des Schmierstoffes erfolgen, bevor Schäden am Wälzlager durch mangelnde Schmierung auftreten können. Eine zeitgesteuerte Nachschmierung mit ihren vielen Nachteilen ist hierdurch nicht mehr notwendig.

Die mit dem Fettsensor realisierbare bedarfsgesteuerte Nachschmierung ermöglicht einen kostenoptimalen und umweltfreundlicheren Einsatz des Fettes.

Weitere Vorteile des neuen Schmierfettensors sind die Optimierungsmöglichkeiten von Wälzlager und Lagerstellen, da es möglich ist, aus dem Verlauf der Schmierstoffqualität abzulesen, ob zum Beispiel ein Wälzlager überdimensioniert wurde. Sollte ein plötzlicher, kritischer Schadensfall beispielsweise durch Wassereintritt in das Wälzlager auftreten, lässt sich auch eine Notabschaltung realisieren. Dadurch können Beschädigungen von weiteren Bauteilen abgewendet werden.

Der Sensor wird direkt im Wälzlager platziert. Zusätzlich wird eine Lösung entwickelt, den Sensor in die Wälzlagerdichtung zu integrieren.



*Bild 6:* Das ausgegebene Analogsignal informiert den Kunden schnell und übersichtlich, wie der Zustand des Fettes im Wälzlager ist

**Schaeffler Technologies  
GmbH & Co. KG**

Georg-Schäfer-Straße 30  
97421 Schweinfurt  
Internet [www.fag.de](http://www.fag.de)  
E-Mail [FAGinfo@schaeffler.com](mailto:FAGinfo@schaeffler.com)

In Deutschland:

Telefon 0180 5003872  
Telefax 0180 5003873

Aus anderen Ländern:

Telefon +49 9721 91-0  
Telefax +49 9721 91-3435

Alle Angaben wurden sorgfältig erstellt und überprüft. Für eventuelle Fehler oder Unvollständigkeiten können wir jedoch keine Haftung übernehmen. Technische Änderungen behalten wir uns vor.

© Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG  
Ausgabe: 2010, September

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.  
SSD 21 D-D