



Mit großem
Sonderteil
Vakuumpumpen

AUSGABE 1 | FEBRUAR/MÄRZ 2016 | 22. Jahrgang

PUMPENMARKT

VDMA Pumpentagung 2016
Grundfos für Wasser
KSB 4.0
Renner individuell

SONDERTEIL VAKUUMPUMPEN

Pfeiffer für Weltraum
Oerlikon in F & E
Körting gegen Schmutz
Atlas Copco trotz Staub
Flowserve Sihi im Prozess
Busch hilft schlachten
Hycos linear
Rietschle schont Ressourcen
Aerzen bläst

PUMPENTECHNOLOGIE

Sager + Mack mit Röhren
Sulzer regelt neuartig
Siemens überwacht
Lewa minimiert LCC
Steinle mit Dämpfer
Seepex 2-stufig

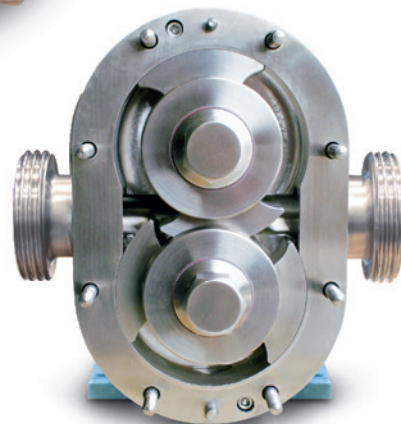
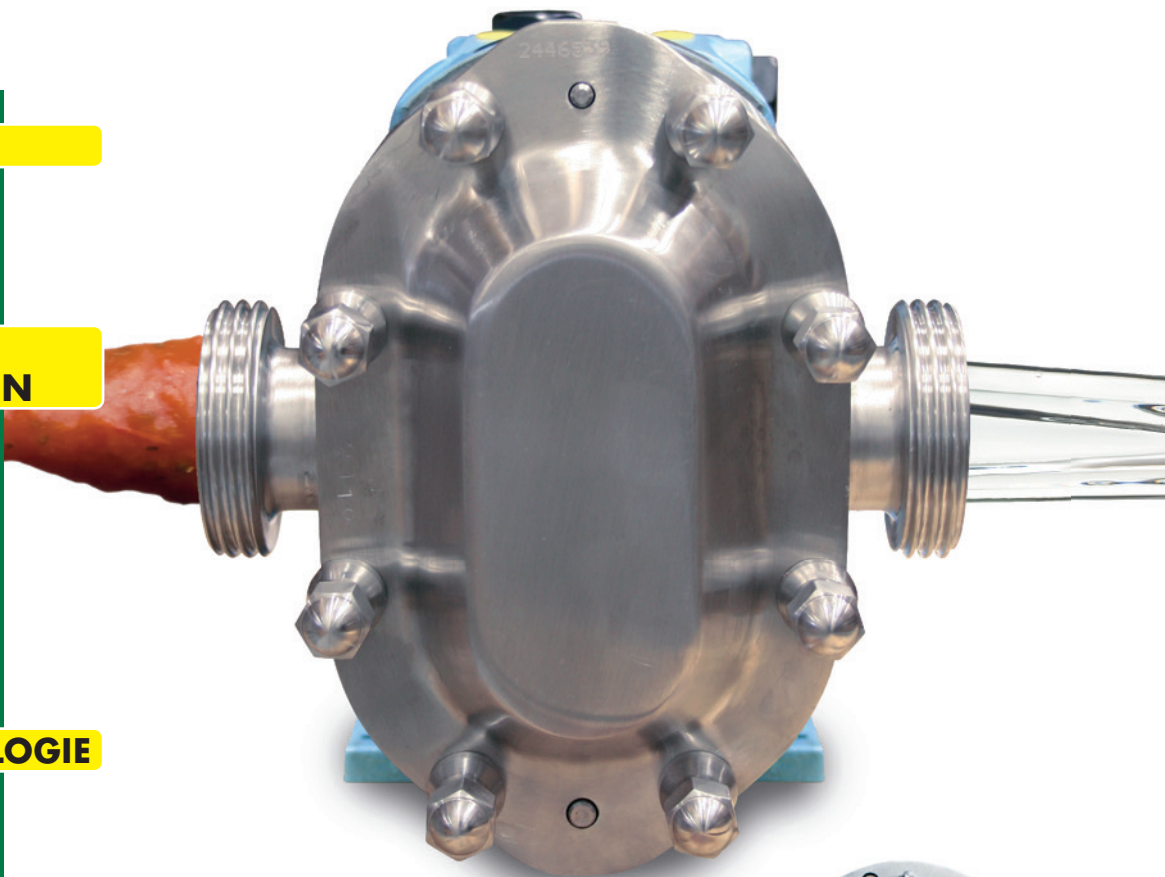
PUMPEN IM EINSATZ

Xylem in 96 Varianten
Alfa Laval selbstansaugend
Grundfos im Set
KSB selbstansaugend

ENERGIEEFFIZIENZ

ABB bis 6,3 MW
Mitsubishi ab 0,75 kW
Nord ab 0,12 kW
WEG bis 4 kW
Kostal gehäuselos
Yaskawa kompakt

ingenieur verlag nagel
Uhlandstraße 1
D-72631 Aichtal



Zwei in Einer

Kreiskolbenpumpen von Waukesha Cherry-Burrell, in fast allen Ländern Europas durch AxFlow vertreten, bieten eine Doppelfunktion. Sie arbeiten als Produktionspumpe und auch im CIP-Prozess – mehr dazu ab Seite 49

www.delta-p-online.de
www.pumps-directory.com

Ultraschall-Sonde überwacht Axialschub an Kreiselpumpen

Dipl.-Ing. (FH)
Lars Meisenbach

Die Laufzeit von Kreiselpumpen hängt entscheidend von der Belastung der Lager ab. Mit einem kalibrierfähigen Messverfahren lassen sich die Axialkräfte während des Betriebs erfassen, Service-Intervalle verlängern und Betriebsbedingungen auf Laufzeit optimieren.

Kreiselpumpen nutzen die Fliehkraft, um Flüssigkeiten zu fördern. Um die wirksamen Kräfte im Dauerbetrieb aufzufangen, verfügen diese Pumpen mit einem oder mehreren Laufrädern (→ Abb. 1 rot), ein Lager für die radiale Stützung (→ Abb. 1 grün) und ein Schrägkugellager (→ Abb. 1 hellblau), um die axialen Kräfte vom Laufrad aufzunehmen. Das vordere Lager (→ Abb. 1 grün), das nur Radialkräfte aufnimmt, ist in der Regel als Zylinderrollenlager oder als Gleitlager aufgebaut.

Die Hydraulik dieser Pumpen ist so ausgelegt, dass im Arbeitspunkt möglichst wenig Axialkraft entsteht. Dies wird durch bestimmte Geometrien und Querkanäle erreicht. Wird die Pumpe aber anders betrieben oder fährt sie durch bestimmte Ereignisse außerhalb des Arbeitspunktes (Ventil wird geschlossen, Pumpe wird hochgefahren usw.), führt dies

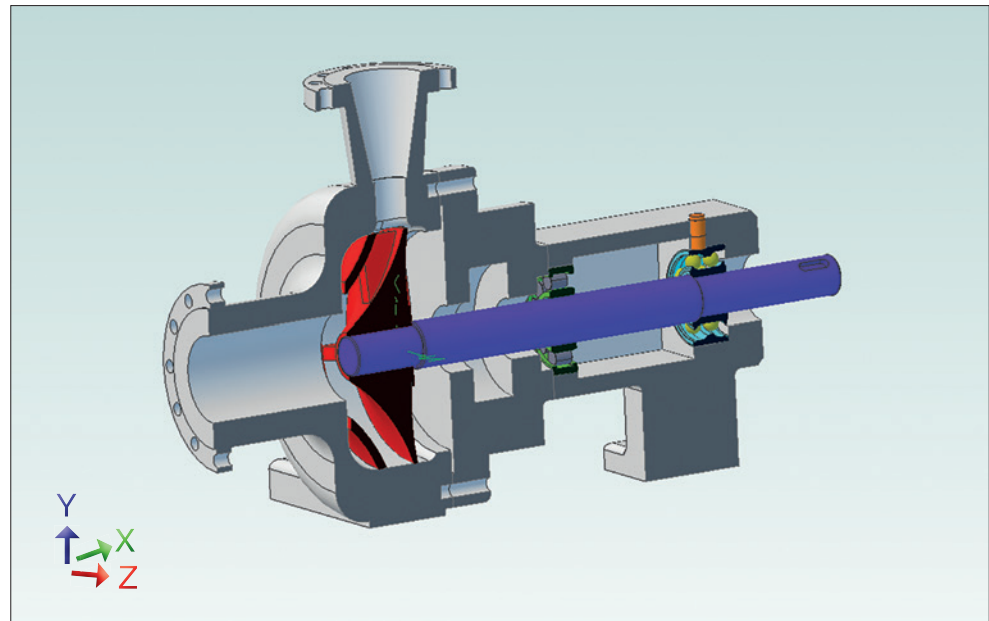


Abbildung 1 Kreiselpumpe im Schnitt; rot: Laufrad; grün: Zylinderrollenlager; hellblau: doppelreihiges Schrägkugellager

zu teils erheblichen Veränderungen der wirkenden Axialkraft.

Die verbleibende Axialkraft wirkt als Axialschub auf die hintere Lageranordnung (→ Abb. 1 hellblau) und wird dort vom Lager bzw. dem Pumpengehäuse aufgenommen. Um dieser Belastung dauerhaft

standzuhalten ist die hintere Lageranordnung entweder als doppelreihiges Schrägkugellager oder als zwei Schrägkugellager in O- bzw. X-Anordnung ausgeführt (in seltenen Fällen auch als Vierpunktlager). Weil es im Betrieb zu einer axialen Schubumkehr kommen kann, wobei das

Flügelrad dann zieht anstatt zu drücken, sind die Schrägkugellager doppelreihig ausgeführt.

Messaufgabe

In → Abbildung 2 ist eine Abschätzung der Lebensdauer eines Schrägkugellagers in Abhängigkeit von einer dauerhaft wirkenden Axialkraft skizziert. Der wirkende Axialschub beeinflusst maßgeblich die Lebensdauer des Schrägkugellagers. Selbst kleine Kräfte führen zu erheblichen Verschleißerscheinungen →

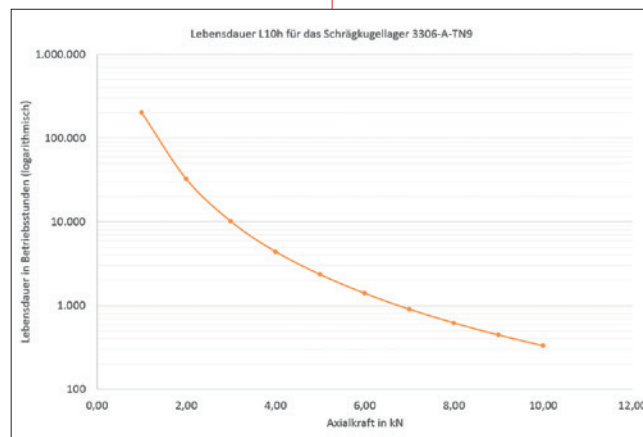


Abbildung 2 Lebensdauerabschätzung in Abhängigkeit von der Axialkraft

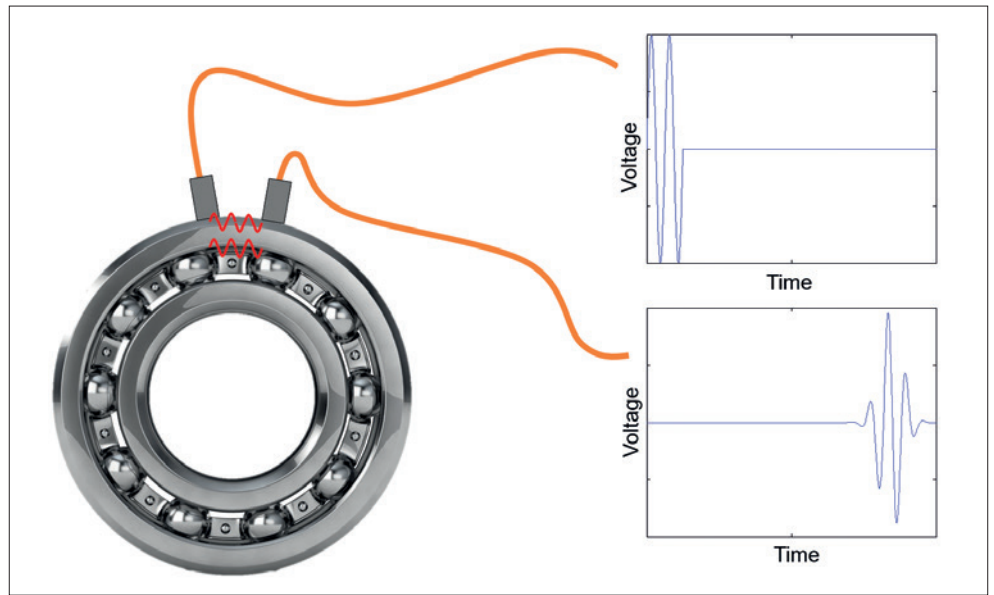
→
Abbildung 3 Ausbreitung
der akustischen Oberflächen-
welle am Außenring

und entsprechender Verkürzung der Serviceintervalle. Eine dauerhafte Messung der Axialkräfte im laufenden Betrieb könnte die Optimierung der Betriebsbedingungen erlauben und vor allem ungeplante Stillstände vermeiden.

Obwohl die axiale Kraft eine entscheidende Größe im Prozess ist, konnte sie bisher nur sehr aufwendig erfasst werden. In entsprechenden Versuchsanordnungen wurden zum Beispiel Kraftmessdosen in die Welle verbaut. Damit ist die Messsituation aber zwangsläufig verschieden von der realen Betriebssituation und lässt nur bedingt Rückschlüsse auf den Serieneinsatz zu.

Betriebsmessungen am Kugellager

Die relevante Messgröße, um axiale Schubkräfte auf ein Schrägkugellager zu erfassen, ist der Druckwinkel. Geht man davon aus, dass das Lager schlupffrei läuft, was bei einem vorgespannten Schrägkugellager der Fall ist, dann kann über einen mathematischen Zusammen-



hang zwischen Wellen- und Käfigdrehzahl auf einen effektiven Druckwinkel geschlossen werden. Der Effektivdruckwinkel ist für das Lager bauartbedingt, und wird durch Belastungen, Drehzahlen und thermische Ausdehnungen beeinflusst. Die Frage ist: wie lässt sich die Käfigdrehzahl im Kugellager bei laufender Kreiselpumpe erfassen?

Ein nutzbarer Messeffekt kann durch Verwendung akustischer Oberflächenwellen erwirkt werden. Das sind Schallwellen, die sich an Oberflächen von Festkörpern ausbreiten. Die Anwendung auf Wälzlager wurde vor einigen Jahren an der Hochschule Coburg entwickelt und mündete in die Gründung der BestSens AG, die dieses Messverfahren erfolgreich in

ein Serienprodukt für den Einsatz in der Prozessindustrie überführt hat. Das Messsystem BeMoS® CS nutzt spezielle Plattenschwingungen (Lambwellen), die am stehenden Ring des Wälzlagers angeregt werden. Diese Art von Schallwellen zeichnet sich durch ihre Sensitivität auf Oberflächenveränderungen aus. So reagiert die Schallwelle auch auf Flüssigkeiten, die die Ausbreitungsmöglichkeiten der Welle verändern. Daneben ist die Ausbreitung noch von vorhandenen mechanischen Spannungen im Material beeinflusst, wie sie durch unterschiedliche Belastungen des Lagerrings entstehen. Mit entsprechendem elektronischen Aufwand und geeigneten Algorithmen lassen sich zuverlässige Messsignale realisieren.

Die beiden Sensoren (→ **Abb. 3 und 4**) stellen ein Paar aus Sender und Empfänger dar und bilden zusammen mit dem Außenring des Wälzlagers eine akustische Messstrecke für Oberflächenwellen. Diese akustische Messstrecke zwischen Sender und Empfänger besteht aus einem Mehrschichtsystem u. a. aus Lageraußenring, Schmierfilm und Wälzkörper. Die Geschwindigkeit der akustischen Oberflächenwelle, die sich in diesem Mehrschichtsystem ausbreitet, hängt von der Zusammensetzung des Schichtsystems ab, wobei sich Schall in Flüssigkeiten in der Regel viel langsamer ausbreitet als in Metallen. Die Oberflächenwellen können über den Piezoeffekt und eine geeignete Signalverarbeitung als elektrische Signale sichtbar gemacht werden.

←
Abbildung 4 BeMoS®
Sensoren – erzeugen und
messen akustische
Oberflächenwellen

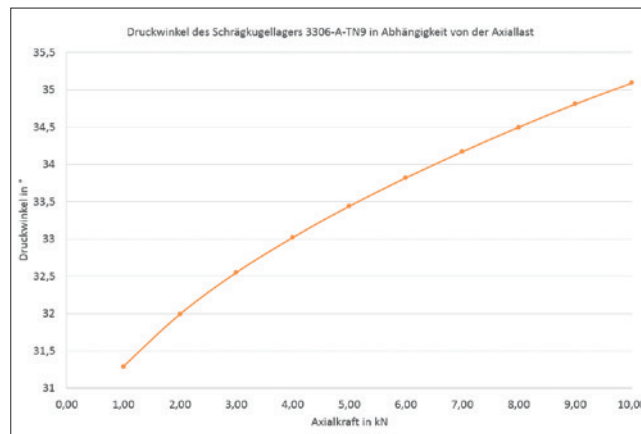


Mit dem System BeMoS CS wird sowohl die Käfigdrehzahl des Lagers, als auch die Wellendrehzahl sehr genau bestimmt. Aus dem Verhältnis der beiden Drehzahlen kann dann der Druckwinkel des Schrägkugellagers berechnet und der Axialschub berechnet werden. Der große Vorteil: BeMoS CS ist in der Serie einsetzbar und der Pumpenaufbau wird durch die Messung nicht verändert. Sind entsprechende Bohrungen am Lagerblock vorhanden, kann das Messsystem auch nur bei speziellen Wartungseinsätzen Verwendung finden.

Best Practice

Um die Leistungsfähigkeit des beschriebenen Messprinzips voll auszuschöpfen, ist es erforderlich, über eine bauartspezifische Kalibrierung einen Zusammenhang zwischen dem gemessenen Druckwinkel und der axialen Kraft auf der Welle der Kreiselpumpe herzustellen.

In der Regel sind Kreiselpumpen so aufgebaut, dass der Lagerträger eine eigenständige Baugruppe darstellt. Diese Baugruppe gilt es im Ganzen zu kalibrieren. Dafür werden mindestens drei verschiedene Messpunkte angefahren und die Ergebnisse als Stützpunkte für eine quadratische Funktion verwendet. Für diese Kalibrierung wird ein



entsprechender Messaufbau erstellt, der neben Kraftmessdosen auch eine Mechanik zur Erzeugung der benötigten Kräfte enthält. Diese Kräfte werden dann über die Welle in den Lagerträger eingeleitet. Die Kräfteerzeugung kann dabei durch einen einfachen mechanischen Aufbau erfolgen. Über die BeMoS-Sensorik wird dann der Druckwinkel des Schrägkugellagers im Lagerträger bestimmt, während der Antrieb für einen gleichmäßigen Lauf sorgt. Mit diesem Messaufbau werden Messungen bei mindestens drei Lasten durchgeführt und anschließend für die drei Last-Druckwinkel-Paare eine quadratische Ausgleichskurve ermittelt (→ **Abb. 5**).

Mit der Fertigstellung der Kalibrierkurve ist der Kalibriervorgang für diesen Lagerträger abgeschlossen. Jetzt kann der Lagerträger vom Messaufbau demontiert werden. Die Kalibrierkurve kann auf baugleiche

Lagerträger übertragen werden. Es ist dabei nur zu beachten, dass die ursprünglichen Fertigungstoleranzen eingehalten werden.

Wird der Lagerträger an die Kreiselpumpe angebaut, so kann über die kalibrierte Druckwinkel-messung erfasst werden, wie sich der Pumpenbetrieb in unterschiedlichen Betriebszuständen auf die Lageranordnung und die Belastung der Lager auswirkt. So können auch verschiedene Laufrad-Geometrien, Gehäuseabmessungen, Ansaugdrücke, Ausgleichsbohrungen, usw. getestet werden.

Lager-Überwachung kontinuierlich oder sporadisch

Der Axialschub kann nach Auslieferung zum Kunden sporadisch oder kontinuierlich gemessen werden, ohne dass dafür ein Umbau

Abbildung 5 Abhängigkeit des Druckwinkels von der axialen Kraft (alle Abbildungen: BestSens AG)

der Pumpe nötig ist. Zudem ist die Lebensdauer der Lager anhand des herrschenden Axialschubs abschätzbar und das nächste Wartungsintervall planbar. Überraschende Betriebsausfälle wegen Lagerschaden gehören der Vergangenheit an.

Bei Messungen im Rahmen der Qualitätssicherung bei Pumpenherstellern können Produktionsabweichungen gemessen und dokumentiert werden. Dadurch besteht die Möglichkeit den Axialschub noch zu reduzieren, bevor die Schrägkugellager im Dauerbetrieb beim Pumpenbetreiber eine verkürzte Lebensdauer aufweisen.

Mit der kontinuierlichen Überwachung des Axialschubs wird es sogar möglich, frühzeitig Handlungsempfehlungen auszusprechen, falls die Pumpe in unvorteilhaften Arbeitspunkten betrieben wird. Durch Summation der axialen Lasten lässt sich auch die Restlebensdauer für das Lager abschätzen. Ein entscheidender Schritt zur zustandsorientierten Instandhaltung.

● www.bestsens.de

Noch mehr Pumpenfirmer finden Sie auf www.pumps-directory.com