

Untersuchung der Belastung von Gleitlagern in mehrstufigen SERO - Seitenkanalpumpen

Von : Andreas Weiten , Technische Universität Kaiserslautern
D.H. Hellmann , Technische Universität Kaiserslautern
Andreas Sander , SERO PumpSystems GmbH ; Meckesheim

Zu den normalen Betriebszuständen von SERO - Seitenkanalpumpen gehören neben der reinen Fluidförderung auch die Förderung von Medien mit hoher Gasbeladung und die Selbstansaugung. Bei den beiden letztgenannten Betriebszuständen ist die Pumpe nicht vollständig mit Fluid gefüllt. Damit besteht die Möglichkeit, dass die mediumsgeschmierten Gleitlager, die im Gehäuse einer jeden Seitenkanalstufe eingepresst sind, zumindest kurzzeitig trocken laufen.

Das Hauptaugenmerk dieser Untersuchung liegt daher auf der Belastung der Lager bei diesen beiden Betriebszuständen. Zusätzlich wurden noch der unzulässige Betrieb bei Nullförderung und der Betrieb mit fehlerhafter Ausrichtung von Pumpe und Antrieb mit einbezogen.

Da die Gleitlager in die Gehäuse der einzelnen Pumpenstufen eingepresst sind, ist die übliche Messmethode mit Dehnmessstreifen, die auf die Außenseite der Lagerschalen geklebt werden, nicht realisierbar. Stattdessen erfolgt die Messung der Lagerbelastung indirekt mittels Thermoelementen, die von außerhalb der Pumpe durch Bohrungen in Gehäuse und Nabe bis auf die Außenseite der Lagerbuchsen geführt werden. Die Abdichtung zur Umgebung erfolgt mittels Klemmverschraubung. Die einzelnen Messstellen sind in Abbildung 1 dargestellt.

Die Parameter für die einzelnen Versuche sind folgendermaßen festgelegt:

- Maximale Überlast: $Q_{\max}=1,4 \cdot Q_{\text{opt}}$
- Maximale Teillast : $Q_{\min}=0,6 \cdot Q_{\text{opt}}$
- Maximal zulässiger Gasanteil : 20 % (Anlagengrenze)
- Selbstansaugzeit: 600 Sekunden

Die Versuche bei Fluid- und Gasmitförderung wurden für drei verschiedene Betriebspunkte (Q_{\max} , Q_{\min} und Q_{opt}) durchgeführt.

Die Versuche zeigen, dass die höchsten Lagertemperaturen bei Überlast auftreten. Dies ist insofern bemerkenswert, da bei Überlast aufgrund der relativ geringen Förderhöhe weitaus geringere Kräfte auftreten als bei Teillast. **Es wirkt bei Teillast aufgrund des wesentlich höheren Druckniveaus in den Lagern eine deutlich höhere, der Wellenauslenkung entgegenwirkende Rückstellkraft (Lomakin-Effekt).** Absolut ist der Anstieg der Lagertemperaturen allerdings gering. Er liegt, abzüglich des Anstiegs der Förderguttemperatur bei 2°C oder noch darunter. Zum gleichen Ergebnis führen die Messungen bei Gasmitförderung. Allerdings ist hier der Temperaturanstieg noch geringer als bei reiner Fluidförderung. **Daher kann bei Gasmitförderung ein Trockenlauf der Welle in den Lagern ausgeschlossen werden.**

Der Vorgang der Selbstansaugung wurde anstatt der üblichen 60 oder 120 Sekunden auf eine Dauer von 600 Sekunden ausgedehnt. Um diese lange Ansaugzeit realisieren zu können, wurde an den Saugstutzen der Pumpe ein Rohr montiert und dieses dann mit einem Blindflansch verschlossen. Bei der Selbstansaugung folgte die Temperatur der Gleitlager exakt der Temperatur des Fluids in der Pumpe. Somit kann auch bei diesem Betriebszustand ein Trockenlauf in den Lagern ausgeschlossen werden.

Beim unzulässigen Betrieb bei Nullförderung ($Q=0 \text{ m}^3/\text{h}$) zeigte sich, dass innerhalb kurzer Zeit sehr hohe Temperaturen erreicht wurden. Nach nur 80 Sekunden war die Temperatur um bis zu 30°C angestiegen. Wird die Förderguttemperatur von der Temperatur in den Lagern subtrahiert, so zeigt sich, dass Lager- und Förderguttemperatur kurzzeitig in gleichem Maße ansteigen. Nach etwa 40 Sekunden steigt die Lagertemperatur steil an, um sich anschließend wieder der Mediumtemperatur anzunähern (Abbildung 2). Der Grund für dieses Verhalten ist der, dass die Welle aufgrund zu großer exzentrisch wirkender Kräfte in den Kohlelagerbuchsen anstreift und durch Abrieb eine Aufweitung des Spaltes bewirkt. Dadurch sinkt der hydraulische Widerstand des Spaltes und die Gegenkraft im Lagerspalt wächst. Dieser Selbstschutzeffekt der Pumpe führt allerdings zu Verschleiß in den Lagerbuchsen und einer Verschlechterung des rotordynamischen Verhaltens.

Sind Pumpe und Antrieb nicht exakt zueinander ausgerichtet, so bewirkt dies, wie die Messungen zeigen, vor allem eine starke Belastung des antriebsseitig montierten Wälzlagers. In den Gleitlagern ist im Mittel kein übermäßig hohes Temperaturniveau festzustellen, doch deuten kurze, starke Ausschläge im Temperaturverlauf darauf hin, dass die Welle in den Lagerbuchsen kurzzeitig anstreift, was ebenfalls zu erhöhtem Verschleiß in den Lagerbuchsen führt und die rotordynamischen Eigenschaften negativ beeinträchtigt.

Aus der Untersuchung ergeben sich somit folgende Schlussfolgerungen:

- Beim Betrieb bei Fluidförderung, Gasmitförderung und Selbstansaugung ergeben sich bei Einhaltung der Grenzwerte für Teil- und Überlast keine unzulässig hohen Lagerbelastungen.
- Bei Nullförderung treten innerhalb sehr kurzer Zeit hohe Temperaturen auf und der Verschleiß in den Lagern steigt an.
- Bei Fehlausrichtung kommt es zu kurzem Anstreifen der Welle in den Lagerschalen; zudem wird das Wälzlager stark belastet.

Sowohl **Nullförderung** als auch **Fehlausrichtung** sind daher durch geeignete anlagenseitige Maßnahmen zu vermeiden. **Es empfiehlt sich daher der Betrieb mit einem Lastwächter am Antrieb oder einer Bypassleitung** um das druckseitige Drosselorgan, so dass die Unterschreitung eines bestimmten Teillastpunktes auszuschließen. Bei der Montage der Pumpe ist auf eine **korrekte Ausrichtung** von Pumpe und Antrieb zu achten. **Dagegen ist der häufig befürchtete Trockenlauf in den Lagern bei Gasmitförderung oder Selbstansaugung nicht zu erwarten.**

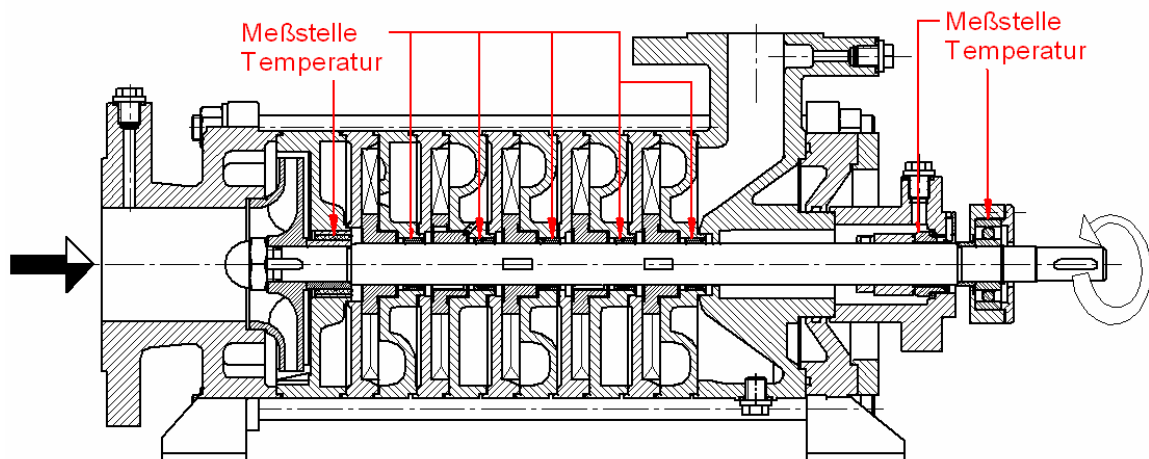


Abbildung 1: Messstellen an der SERO-Versuchspumpe

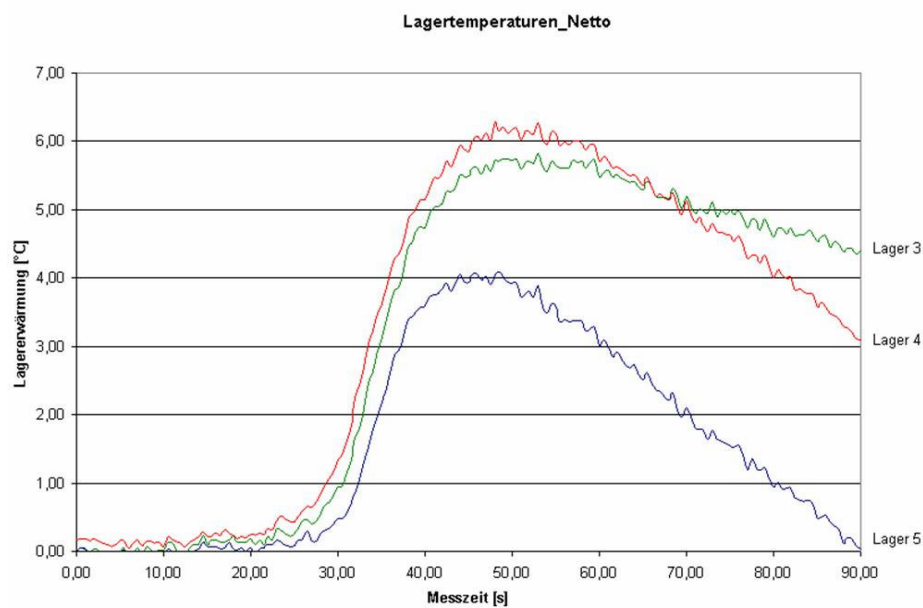
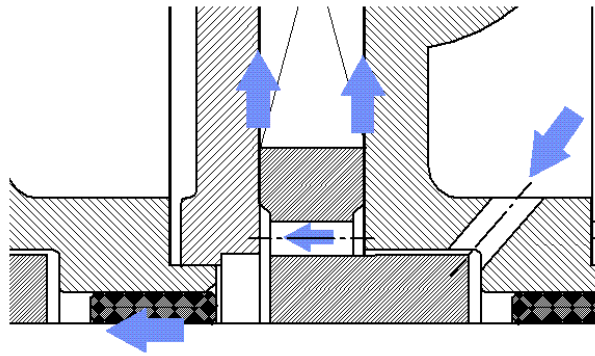


Abbildung 2: Verlauf der Differenz von Lager- und Mediumtemperatur bei Nullförderung



↑ ↑
Blickrichtung

Abbildung 3: Spaltstrom durch das Gleitlager einer Seitenkanalstufe