

Optimierung der Abwasserförderung

# Typische Störungen von Abwasserpumpen

Dipl.-Ing. Werner L. KRÖBER; Dipl.-Ing. Manfred TORNOW

Für eine zuverlässige und kostengünstige Abwasserförderung ist ein störungsfreier und energieoptimierter Betrieb von Abwasserpumpen und Anlagen die Grundvoraussetzung.

Parallel zur Trinkwasserversorgung in Städten ist heute auch eine umweltgerechte Entsorgung kommunaler Abwässer weithin Standard. Hierbei hat die Abwasserentsorgung nicht nur fortschreitend anspruchsvolleren umweltrechtlichen Forderungen zu genügen, sondern, da gebührenfinanziert, auch dem Anspruch auf eine Minimierung der aufzuwendenden Kosten zu folgen.

Ein wesentlicher Anteil am Aufwand der Abwasserentsorgung liegt in Regionen mit relativ flacher Topographie, wie z.B. in Berlin, bei der Abwasserförderung mittels Abwasserpumpwerken.

Da die wesentlichen Kostenanteile, wie aus den Lebenszykluskosten-Betrachtungen bekannt, erst im fortlaufenden Betrieb solcher Anlagen, als Betriebskosten für Personal, Energie und Instandhaltung entstehen [1], ist das Potenzial zur Kosteneinsparung dort zu erwarten.

## Problemstellung

Im Gegensatz zur Trinkwasserförderung können bei der Förderung von Abwasser die darin mitgeführten Inhaltsstoffe zu Störungen in Pumpen und Anlagen führen. Störungen stehen jedoch einem zuverlässigen, vollautomatischen und effizienten Betrieb der Abwasserpumpwerke aus folgenden Gründen entgegen:

- Die zur Wiederherstellung der vollen Verfügbarkeit durchzuführende Beseitigung dieser Störungen erfordern meist einen erhöhten personellen Aufwand, der wiederum mit zusätzlichen Kosten einhergeht.
- Resultieren aus den Störungen Schäden, sind weitere Kosten für Instandsetzungsleistungen und Material die Folge.

## Zielsetzung

Im praktischen Pumpwerksbetrieb sind Störungen möglichst frühzeitig zu behe-

ben. Noch besser wäre es, ein Hilfsmittel zu haben, um sich anbahnende Störungen im Vorfeld erkennen zu können. Hierzu ist es unumgänglich, typische Störungen von Abwasserpumpen sowie deren Ursachen und Randbedingungen zu kennen, um eine möglichst präzise Detektion zu ermöglichen.

## Stand der Technik

### Die technische Entwicklung

Die Anfänge der pumpenbasierten Abwasserförderung reichen bis ins 19. Jahrhundert zurück. Zu dieser Zeit nutzten die Vorgänger der Berliner Wasserbetriebe (BWB) dampfbetriebene Kolbenpumpen zur Förderung der Abwässer zu den Rieselfeldern.

Der technischen Entwicklung folgend, entwickelte sich die für die Abwasserförderung eingesetzte Maschinenteknik hin zu elektromotorisch angetriebenen Abwasserpumpen, im weiteren Verlauf lösten dann Kreiselpumpen die Kolbenpumpen ab (Bilder 1 und 2).

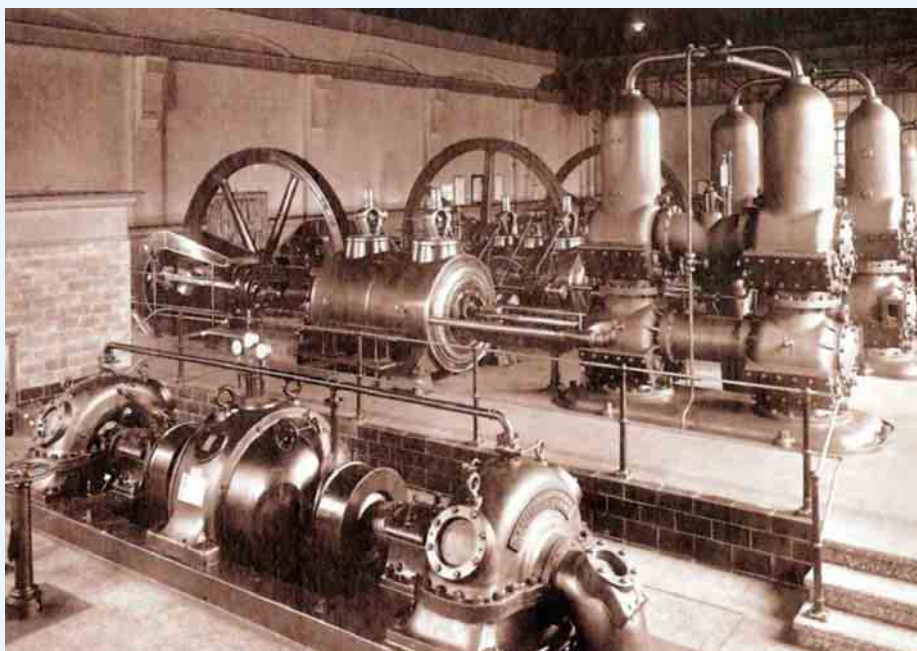
Seit der Abschaffung der den Abwasserpumpen vorgeschalteten Rechen, gelangen alle im Rohabwasser mitgeführten Inhaltsstoffe zu den Pumpen und müssen diese auf dem Weg zum Klärwerk passieren. Der drehzahlgeregelte Betrieb der Rohabwasser fördernden Pumpen ersetzt nun zunehmend den bisher üblichen intermittierenden Betrieb der Abwasserpumpen mit konstanter Betriebsdrehzahl.

### Fehlerzustände

Die auftretenden Pumpenstörungen lassen sich in zwei Gruppen aufteilen – in mechanische und hydraulische Fehlerzustände (Tabelle).

### Pumpenstörungen

Bei den genannten Pumpenstörungen ist das Bestreben, neben der Beschreibung



Pumpwerkstechnik um 1930

Bild 1



**BERLINER WASSERBETRIEBE: moderne Pumpwerkstechnik**

Bild 2

der Störung auch die Möglichkeiten der Diagnose sowie angemessene Abhilfemaßnahme zu nennen. Teilweise bestehen sogar Abhängigkeiten oder ursächliche Zusammenhänge zwischen den einzelnen Störungen.

**Schäden an der Wellenlagerung**

Auftretende Schäden an der Wellenlagerung von Pumpenwellen, wie exemplarisch in den Bildern 3 und 4 dargestellt, lassen sich häufig auf ein Versagen der Lagerschmierung zurückführen. Hauptursachen dafür sind zum einen Mangelschmierung, d.h. das Lager wurde nicht ausreichend mit Schmiermittel – Fett oder Öl – versorgt. Zum anderen kann in den Lagerträger eindringendes Wasser den nötigen Schmierfilm auswaschen oder emulgieren bzw. „verdünnen“. Bei längerem Betrieb eines Pumpenlagers mit gestörtem Schmierzustand, erhitzt sich das Lager

aufgrund der Reibungswärme bis zur völligen Zerstörung.

Eine angemessene Maßnahme gegen unerwartet auftretende Lagerschäden ist die Überwachung der Wellenlager. Neben der Messung der Lagertemperatur hat sich die Überwachung der Lagerschwingungen als zuverlässige Analysemöglichkeit bewährt. Beide Arten der Lagerüberwachung eignen sich auch zur Ferndiagnose.

Messungen der Lagerschwingungen können je nach Betriebsdauer und Wichtigkeit einer Maschine in zeitlichen Ab-

ständen oder kontinuierlich erfolgen. Diese Art der Maschinendiagnose lässt über die Amplitude charakteristischer Schwingfrequenzen und deren zeitlicher Entwicklung eine relativ genaue Beurteilung des Lagerzustandes zu, um meist rechtzeitig geeignete Instandhaltungsmaßnahmen zu ergreifen.

**Schäden an Wellen- und Gleitringdichtungen**

Der Betrieb drehzahl geregelter Pumpen stellt, im Vergleich zum Pumpenbetrieb mit konstanter Drehzahl, erhöhte An-

**Mechanische und hydraulische Fehlerzustände bei Abwasserpumpen**

Mechanische Fehlerzustände	Hydraulische Fehlerzustände
Lagerschäden	Laufgradverschmutzung
Dichtungsschäden	Kavitation
Schwingungen	luftziehende Wirbel
Spaltverschleiß	blasenförmiger Lufteintrag



**Wellenlager einer Abwasserpumpe**

Bild 3



**Schaden an einem Wellenlager**

Bild 4

forderungen insbesondere an die Wellendichtung. Früher wurde zur Dichtung der Abwasserpumpenwellen üblicherweise die Stopfbuchsichtung (SBD) mit Weichstoffpackung (Bild 5, unterer Teil) verwendet. Vermehrte Lagerschäden (vgl. oben) bestätigten jedoch, dass Pumpen mit drehzahlvariabler Betriebsweise nicht mehr wartungsarm und betriebssicher mit SBD gedichtet werden können. Abwassertaugliche Gleitringdichtungen (GLRD) eignen sich besser (Bild 5, oberer Teil). Zahlreiche Schäden an GLRDs, in Form zerbrochener Gleitringe (Bild 6) oder pulverisierten Gleitringpaarungen zeigen allerdings, dass der einfache Austausch einer SBD gegen eine GLRD nicht vorbehaltlos bei jeder Abwasserpumpe zum Ziel führt. Vielmehr ist der Erfahrungen Rechnung zu tragen, dass GLRD relativ empfindlich auf erhöhte, von Laufrad und Welle ausgehende, Radialkräfte reagieren. Bei Abwasserpumpen mit Ein- oder Zwei-Kanallaufträgern kann, insbesondere bei Teillast  $Q/Q_{opt} < 0,7$  und Überlast  $Q/Q_{opt} > 1,2$  /2/, die aus den Radialkräften resultierende Wellenbiegung zu einem unerwünschten Öffnen der Gleitringpaarung führen.

Öffnet sich eine Gleitringpaarung können sich Sand oder andere abrasive Partikel zwischen die Gleitringe setzen und diese schleifend zerstören. Bei doppelten GLRD kann ein Öffnen der Gleitringpaare darüber hinaus dazu führen, dass die zur Schmierung und Kühlung notwendige Quench-Flüssigkeit verloren geht und die atmosphärenseitige GLRD infolge mangelnder Kühlung thermisch zerstört wird.

Unterstützend für lange Standzeiten von GLRD und damit große Verfügbarkeit der Abwasserpumpe haben sich verwindungssteife Pumpenkörper mit biegesteifer Welle und Wälzlager bewährt. Zur Kontrolle von GLRD nutzen die Berliner Wasserbetriebe ein mittelbares System bei dem auf eine mögliche Leckage hin überwacht wird. Zum einen überwachen Sensoren das Auftreten von Leckagen in einem Kontrollraum, bei Anderen überwacht ein Sensor den Füllstand im Quench-Behälter.

### Schwingungen von Pumpenaggregaten

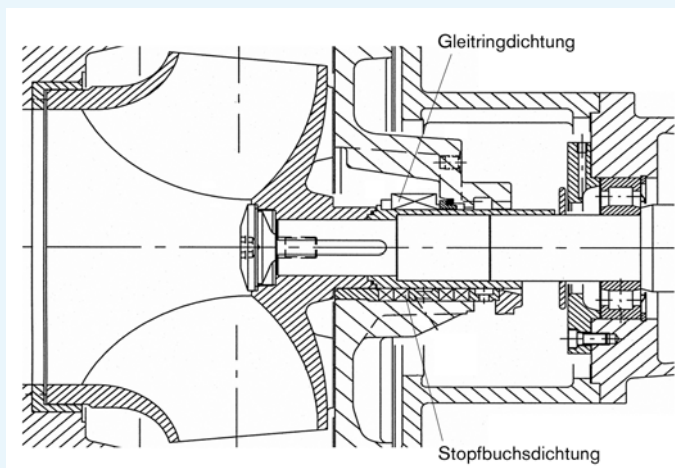
Ein weiteres störendes Phänomen, speziell bei drehzahlgeregelten Abwasser-

pumpen in vertikaler Aufstellung, sind Resonanzschwingungen des gesamten Pumpenaggregats. Hauptursachen für die auffällig hohen Schwingwerte sind zum einen die variable Drehzahl und zum anderen die größere Masse der speziellen Elektromotoren für den Betrieb am Frequenzumrichter (FU).

Beim Pumpenbetrieb mit konstanter Drehzahl ist auch die dominante Frequenz des Schaufeldrehklangs konstant. Im Gegensatz dazu durchfahren drehzahlgeregelte Pumpen ein ganzes Band von potenziellen Anregungsfrequenzen. Hierdurch ist die Wahrscheinlichkeit, eine der vielen Eigenfrequenzen des Pumpenaggregats oder benachbarter Anlagenteile zu treffen, um ein vielfaches größer. Trifft eine der Schaufeldrehklang-Frequenzen eine Eigenfrequenz, schwingt sich das schwingungsfähige Feder-Masse-Dämpfer-System „Pumpenaggregat“ aufgrund der zu geringen Dämpfung schon bei relativ kleinen Schwingkräften auf und erzeugt so unzulässig große Amplituden.

Besonders vertikal aufgestellte Pumpenaggregate mit einem auf der Pumpenlaterne geflanschten Elektromotor neigen wegen ihres hohen Schwerpunktes zu großen Amplituden. Nicht selten werden innerhalb des Regelbereichs sogar zwei oder mehr Eigenfrequenzen zu Schwingungen angeregt.

Vertikale Pumpenaggregate weisen häufig Eigenfrequenzen im Bereich zwischen ca. 9 und 15 Hz auf. Diese Aggregate geraten bei den für größere Abwasserpumpen gängigen Drehzahlen zwischen 500 und 1.000  $\text{min}^{-1}$  häufig in Resonanz, wenn diese mit Einkanal-Laufrädern ausgerüstet sind. Die Wahrscheinlichkeit, mit den sich aus den genannten Drehzahlen ergebenden Schaufelradrehklang-Frequenzen zwischen 8,3 bis 16,7 Hz, Aggregats-Eigenfrequenzen zu treffen, ist recht hoch.



**PUMPENWELLENDICHTUNGEN:** mit Stopfbuchs- und Gleitringdichtung

Bild 5



**Schaden an einer Gleitringdichtung**

Bild 6

Im Fall von Resonanzschwingungen sind die Drehzahlen bei den Resonanz auftritt, zu vermeiden – er das System muss durch mechanische Maßnahmen „verstimmt“ werden. Als probates Mittel haben sich hierbei seitliche Abstützungen bewährt [2].

**Spaltverschleiß an zwischen Laufrad und Gehäuse**

Als letzte der mechanischen Störungen an Abwasserpumpen sind hier noch der Spaltverschleiß erwähnt. Hiermit ist die verschleißbedingte Vergrößerung des Dichtspaltes zwischen dem Pumpenlaufrad und feststehendem Pumpengehäuse gemeint, die durch mitgeführten Sedimenten wie Sand oder Streusplitt verursacht wird. Dies ist vermehrt bei Abwasserpumpen der Mischwasserkanalisation der Fall, die neben dem häuslichen Schmutzwasser auch Niederschlagswasser von Straßenabläufen mitfördern. Prinzipiell kann eine Abwasserpumpe mit vergrößertem Spalt betrieben werden, jedoch bedingt der vermehrte Rückstrom von der Saugseite. Neben der Vermin-

derung des Pumpenwirkungsgrades nimmt gleichzeitig die Gefahr von so genannten Radseitenraum-Verstopfungen zu, da die Spaltströmung vermehrt Faserstoffe in den Radseitenraum und den Dichtspalt einträgt.



**Laufradverstopfung einer Abwasserpumpe**

Bild 7



**Verstopfungsszenarien durch zopfartige Gebilde**

Bild 8

Grafik + Fotos: Berliner Wasserbetriebe

**Verstopfungen in Abwasserpumpen**

Das Hauptproblem bei Abwasserpumpen ist derzeit allerdings neben allen genannten mechanischen Störungen die

hydraulische Störung der Pumpenverstopfung, welche ursächlich von den im Abwasser mit geführten Schmutzstoffen ausgeht.

Verstopfungen ausgehend von massiven Sperrstücken, deren Außenmaße größer als der freie Querschnitt eines Strömungskanals des Pumpenlaufrades sind dabei eher seltener. Häufiger führen Ansammlungen von biegeschlaffen aber relativ reißfesten Faserstoffen zu Pumpenverstopfungen, die eine manuelle Störungsbeseitigung erfordern.

Bei den Pumpenverstopfungen durch Ansammlung von Faserstoffen sind zwei unterschiedliche Verstopfungsszenarien zu beobachten /2/:

! Zum einen handelt es sich um Verstopfungen der Pumpenlaufrad-Kanäle. Hierbei führt ein Verspinnen bzw. Verdrillen von Faserstoffansammlungen zu einem zopfartigen Gebilde im Saugmund der Pumpe (Bilder 7 und 8). Gelangt dieser „Zopf“ ins Laufrad führt dies zur Verstopfung eines oder mehrerer Laufradkanäle und damit meistens zu einem Pumpenausfall infolge der Minderförderung. Dieses Szenario tritt in der Regel an Kreiselpumpen mit Zwei- oder Dreikanalrädern auf.

! Zum anderen kommt es zu den schon oben erwähnten Radseitenraum-Verstopfungen, bei denen sich Faserstoffe in den Spalten zwischen Laufrad und Schleißwänden ansammeln. Diese Faserstoffansammlungen können das Laufrad bis zum Stillstand abbremsen, bzw. nach Stillstand der Pumpe das Wiederanfahren der Pumpe verhindern. Die Radseitenraumverstopfung ist vorrangig bei Kreiselpumpen mit Einschaufelrädern aufgefallen.

Bei der Betrachtung der Häufigkeitsverteilung überwiegt die Anzahl der Pumpenverstopfungen infolge von Verzopfungen deutlich die Anzahl der Fälle mit Radseitenraum-Verstopfungen.

Der Aufwand zur Beseitigung von Verstopfungen infolge einer Verzopfung ist gegenüber einer Radseitenraumverstopfung deutlich geringer. Verzopfte Faserstoffansammlungen sind meist durch die vorhandene Reinigungsöffnungen an der Pumpensaugseite zu entfernen. Um Verstopfungen im Radseitenraum zu beseitigen ist grundsätzlich eine zeitaufwändigere Demontage des Pumpenlaufzeugs erforderlich.

## Kooperation

Zur systematischen Ursachenklärung häufig auftretender Betriebsstörungen existiert eine mittlerweile langjährige Kooperation der Berliner Wasserbetriebe mit dem Fachgebiet für Fluidsystemdynamik (FSD) der Technischen Uni-

versität Berlin. Dabei erwachsen aus den strömungstechnischen Untersuchungen sowie aus den Betrachtungen von Wechselwirkungen zwischen Maschinen- und Elektrotechnik des drehzahlvariablen Pumpenbetriebs, zielführende Ansätze für Problemlösungen /3/.

## Zusammenfassung und Ausblick

Die Berliner Wasserbetriebe wenden aufgrund der topographischen Gegebenheiten erhebliche Kosten für die Abwasserförderung durch Abwasserpumpwerke auf.

Ein Teil dieser Kosten lässt sich durch eine fortschreitende Automatisierung der Abwasserförderung einsparen. Störungen des Pumpenbetriebs bedingen häufig eine manuelle Störungsbeseitigung durch den Einsatz von Entstörungspersonal. Typische Störungen mechanischer und hydraulischer Natur sind Thema dieses Fachbeitrags.

Ziel ist es, die Abwasserförderung zuverlässig zu gestalten – Störungen sind unbedingt zu vermeiden. Kosteneinsparung bei der Störungsbeseitigung durch den Einsatz von Maschinendiagnosesystemen sind erkannt und derzeit in der Realisierung.

In Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet für Fluidsystemdynamik der Technischen Universität Berlin laufen Untersuchungen zur Erforschung der Mechanismen und Ursachen von Störungen, um nach Möglichkeit rechtzeitig aktive Gegenmaßnahmen einzuleiten /4/.

## LITERATUR

- /1/ Kröber, W.L.: Betriebs- und Maschinendiagnose in Abwasserpumpwerken. Fachbeitrag zur 8. Tagung Technische Diagnostik 2008, Hochschule Merseburg.
- /2/ Kröber, W.L.; Bulbelach, T.: Experiences with speed-controlled operation of sewage pumps at the Berliner Wasserbetriebe, Fachbeitrag zum Pump Users International Forum 2008, Düsseldorf.
- /3/ Thamsen, P. U.; Oesterle, M.; Tornow, M.: Optimization of Sewage Pumping Station using System Approach, Pump Users International Forum 2008, Düsseldorf
- /4/ Thamsen, P. U.; Bashinskiy, S.: Diagnose mit aktiver Reaktion für die Abwasserförderung, 8. Tagung Technische Diagnostik 2008, Hochschule Merseburg

## KONTAKT

**Dipl.-Ing. Werner KRÖBER**  
Berliner Wasserbetriebe  
Abteilung Planung und Bau Werke  
Cicerostraße 24 · 10709 Berlin  
Tel.: 030/8644-1949 · Fax: 030/8644-6496  
E-Mail: [werner.kroeber@bwb.de](mailto:werner.kroeber@bwb.de)  
[www.bwb.de](http://www.bwb.de)