

Meno Türk und Thomas Zenke, Potsdam-Bornim, sowie Burkhard Verhülsdonk und René Brückner, Essen

Verschleißeinfluss auf das Förderverhalten von Drehkolbenpumpen

Zweiwellige Drehkolbenpumpen werden häufig zum Fördern von Schlämmen in Gülle-, Biogas- oder Kläranlagen eingesetzt. Mit zunehmendem Verschleiß vergrößern sich die Spalte und damit auch die Rückströmungsverluste in der Pumpe. Die Auswirkungen auf das Förderverhalten von schräg verzahnten Drehkolbenpumpen wurden systematisch untersucht und die Einflussgrößen bewertet.

Dr.-Ing. habil. Meno Türk und Dipl.-Ing. (FH) Thomas Zenke sind Mitarbeiter in der Abteilung „Technik in der Tierhaltung“ im Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB) (Direktor: Prof. Dr.-Ing. J. Zaske), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam; e-mail: mtuerk@atb-potsdam.de, www.atb-potsdam.de
Dipl.-Ing. Burkhard Verhülsdonk und Dipl.-Ing. (FH) René Brückner sind Mitarbeiter der Hugo Vogelsang Maschinenbau GmbH, Holthöge, 49632 Essen (Oldb.); e-mail: verhuelsonk@vogelsang-gmbh.com, www.vogelsang-pumpen.de

Diese Untersuchungen erfolgen im Rahmen eines Kooperationsprojektes, gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit BMWi.

Referierter Beitrag der LANDTECHNIK, die Langfassung finden Sie unter LANDTECHNIK-NET.com.

Schlüsselwörter

Drehkolbenpumpe, Verschleiß, Spaltverluste, Förderverhalten

Keywords

Rotary lobe pumps, abrasive pump wear, gap leakage, pumping behaviour

Zum Fördern von hochviskosen Flüssigkeiten, Schlämmen und Dickstoffen in der Landwirtschaft, Kommunaltechnik und Industrie werden häufig zweiwellige selbstabdichtende Drehkolbenpumpen eingesetzt. Diese rotierenden Verdrängerpumpen haben große Querschnitte im Förderraum und werden aufgrund ihrer kompakten Bauweise für große Förderdurchsätze anstelle von Exzentrerschneckenpumpen gern verwendet. Eine Welle wird direkt, die andere über ein außen liegendes Ausgleichsgetriebe angetrieben. So wird die berührungslose Bewegung der Drehkolben gesichert. Diese sind zumeist mit einer Gummibeschichtung versehen und haben die Aufgabe, ein konstantes Kammervolumen von der Saug- zur Druckseite zu bewegen und die Pumpe abzudichten. Die Form der Drehkolben ist durch die Flügelanzahl sowie die Flügelform (gerade oder schräg verzahnt) bestimmt. Der volumetrische Wirkungsgrad wird vor allem durch Undichtheiten in der Pumpe vermindert, also durch Rückströmungsverluste (Leckage). In der Regel werden Pumpen für Wasser ausgelegt, die Spalte zwischen Drehkolben und Gehäuse sowie zwischen den beiden Kolben werden also minimiert. Werden diese Pumpen jedoch für hochviskose Schlämme mit abrasiven Fremdstoffen, wie etwa Gülle oder Klärschlamm, eingesetzt, tritt erheblicher Verschleiß auf und die Nutzungsdauer der Pumpen ist unbefriedigend. Zur optimalen Pumpenauslegung mit maximaler Nutzungsdauer ist eine Anpassung der Spaltweiten an die realen Stoffeigenschaften der Fördermedien erforderlich. Dazu sind grundlegende Kenntnisse zur Wirkung von Verschleiß auf das Strömungsverhalten praktischer fluider Stoffe in Drehkolbenpumpen notwendig. Diese Untersuchungen erfolgen am Pumpenversuchsstand im ATB und sind Voraussetzung für eine optimierende Auslegung von Drehkolbenpumpen.

Untersuchungsmethode

Die Rückströmungsverluste in einer Drehkolbenpumpe sind von verschiedenen Ein-

flussgrößen abhängig, die einzeln und im Komplex zu bewerten sind.

- Spaltform (Kopf-, Mitten-, Stirnspalt)
- Spaltgröße (Höhe, Breite, Länge)
- Fließverhalten des Fördermediums (Viskosität, Stoffstruktur)
- Pumpendrehzahl
- Förderdruck (Wellendurchbiegung bei einseitig gelagerter Pumpe, Spaltstromgeschwindigkeit)
- Drehkolbenform (gerade, schräg verzahnt, Flügelanzahl)
- Kolbenwerkstoff (PE, mit gummibeschichtetem Stahlkern)

Folgende Spalte werden unterschieden:

- Kopfspalte zwischen Kolbenkopf und Gehäuse
- Mittenspalte zwischen den verzahnten Drehkolben
- Stirnspalte zwischen Drehkolben und den Stirnplatten des Gehäuses

Diese Spalte vergrößern sich zumeist durch Gleitverschleiß beim Fördern von Suspensionen mit abrasiven Fremdstoffen. Am Kolbenkopf erfolgt dabei der größte Materialabtrag.

Zur Versuchsdurchführung bei simuliertem Pumpenverschleiß steht eine einseitig gelagerte Versuchspumpe vom Typ VX 136-140 Q der Fa. Hugo Vogelsang Maschinenbau GmbH, Essen/Oldbg., zur Verfügung. Gehäusehalbschalen mit unterschiedlicher Dicke, Drehkolben mit verschiedenen Kopfkreisdurchmessern und Stirnplatten verschiedener Dicke können jeweils ausgetauscht werden. Die Kopfspalte kann man im Bereich 0 bis 2,5 mm, die Mittenspalte 0 bis 5 mm und die Stirnspalte 0 bis 2,5 mm stufenweise variieren.

Der Pumpenversuchsstand besteht im Wesentlichen aus zwei baugleichen in Reihe angeordneten Drehkolbenpumpen, die in beiden Förderrichtungen arbeiten können und deren Drehzahl jeweils über Frequenzumrichter eingestellt wird. An jeder Pumpe werden Drücke, Drehzahl, Drehmoment sowie Volumendurchsatz und Temperatur gemessen. Auf der Saugseite ist eine Drosselklappe angeordnet. Zur Regelung des Gegen-

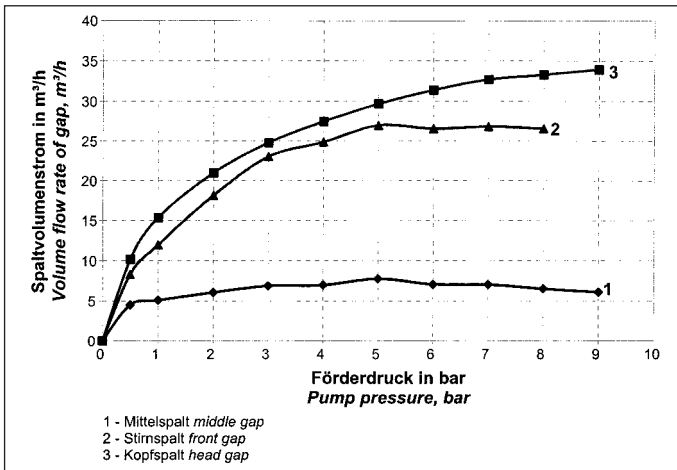


Bild 1: Spaltströmung durch Kopf-, Stirn- und Mittenspalt (Wasser) bei gleichen Spalthöhen von 1 mm

Fig. 1: Gap flow through head, front and middle gap (water) at the same gap heights of 1 mm

druckes hinter der Förderpumpe arbeitet die zweite drehzahlstellbare Drehkolbenpumpe als Drosseleinrichtung. Am Pumpenversuchsstand werden folgende Messaufgaben erfüllt:

- Indirekte Messung des Verschleißzustandes der Pumpe durch Fördern gegen einen geschlossenen Schieber. Der Förderstrom ist $Q = 0$ und $Q_{th} = Q_s$, die Kammerfüllung muss durch die Spalte zurück strömen. Der aufgebaute Druck in der Pumpe ist ein integrales Maß für den realen Verschleiß.
- Direkte Messung des Spaltvolumenstroms an der blockierten Versuchspumpe $Q_s = f(p)$. Mit Hilfe der zweiten Drehkolbenpumpe wird der Volumenstrom Q_s durch die Spalte der still stehenden Pumpe gefördert und der Strömungswiderstand p gemessen.
- Messung der Pumpenkennlinien bei druck- oder saugseitiger Drosselung. Hierbei gilt für den gemessenen Volumenstrom $Q = Q_{th} - Q_s$. Da der theoretische Volumenstrom Q_{th} bekannt ist lassen sich die Spaltverluste ermitteln.

Für vorgegebene Spaltgeometrien wurden Förderversuche mit Wasser, Glycerin 81%, Glycerin 99,7% sowie verschiedenen Flüssigfutmischungen ($m_F : m_W = 1:2$ und $1:3$) aus Getreideschrot und Wasser durchgeführt.

Im Mittelpunkt der Untersuchungen steht die Frage nach der Wirkung von Pumpenverschleiß auf die Kennliniencharakteristik und der Bewertung der Einflussgrößen.

Versuchsergebnisse und Schlussfolgerungen

Den größten Einfluss haben Kopf- und Stirnspalte (Bild 1), die sich jedoch kaum unterscheiden. Die Leckage durch den Mittenspalt ist bedeutend geringer und weitgehend unabhängig vom Förderdruck. Auch mit zunehmendem Kopfverschleiß ist die Pumpenmitte durch die Verzahnung der Kolben gut abgedichtet, es besteht zumeist eine durchgehende Dichtlinie.

Der Einfluss der Pumpendrehzahl auf den Verlustvolumenstrom ist nur unbedeutend. Die an einer blockierten Pumpe gemessenen Spaltströme können auf die rotierende Förderpumpe übertragen werden.

Der Einfluss der Viskosität der Förderflüssigkeit auf die Spaltverluste ist von großer Bedeutung (Bild 2). Die Spaltströme vermindern sich mit steigender Viskosität, der effektive Volumenstrom und der energetische Wirkungsgrad erhöhen sich. Hieraus wird die Notwendigkeit einer Anpassung der Spaltgrößen an die Viskosität der Förderflüssigkeit deutlich. Während der effektive Durchsatz bei Wasser mit steigendem Druck ständig geringer wird, bleibt er bei hochviskosen Flüssigkeiten nahezu konstant. Hier könnten auch größere Spalte gewählt werden, denn die optimale Spalthöhe ist direkt von der Viskosität abhängig.

Der Einfluss der Kolbenform (gerade oder schräg verzahnte Drehkolben) auf die Spaltverluste ist nur unbedeutend. Grundsätzlich haben schräg verzahnte Kolben mit höherer Flügelzahl auch bei Verschleiß ein besseres Förderverhalten. Der Kolbenwerkstoff beeinflusst das Förderverhalten bei simuliertem Verschleiß nur unwesentlich.

Bei höheren Förderdrücken ($p > 4$ bar) können sich in einseitig gelagerten Drehkol-

benpumpen mit zu engem Kopfspalt in Folge von Wellendurchbiegung Kolben und Gehäuse berühren. Dann erhöht sich örtlich der Verschleiß und die Spaltquerschnitte verändern sich. In diesem Fall ist die Einsatzgrenze der Pumpe erreicht. Bei hoher druckseitiger Belastung, saugseitiger Drosselung sowie hohen Drehzahlen ist eine doppelseitig gelagerte Drehkolbenpumpe von Vorteil.

Zusammenfassung

Die Auswirkungen von Verschleiß auf das Förderverhalten wurden mit schräg verzahnten Drehkolbenpumpen bei systematischer Veränderung der Spaltmaße in praxisnahen Förderversuchen untersucht. Von größtem Einfluss sind die verschleißbedingten Kopf- und Stirnspalte einer Pumpe sowie die Viskosität des Fördermediums. Bei hohen Förderdrücken ist der Einsatz von doppelseitig gelagerten Drehkolbenpumpen von deutlichem Vorteil. Zur Verschleißdiagnose sind Druckmessungen beim Fördern gegen einen geschlossenen Schieber oder direkte Leckstrommessungen an einer blockierten Pumpe aussagefähig und auf reale Pumpenkennlinien übertragbar.

Die durchgeführten Untersuchungen sind Voraussetzung für die Berechnung realer Pumpenkennlinien.

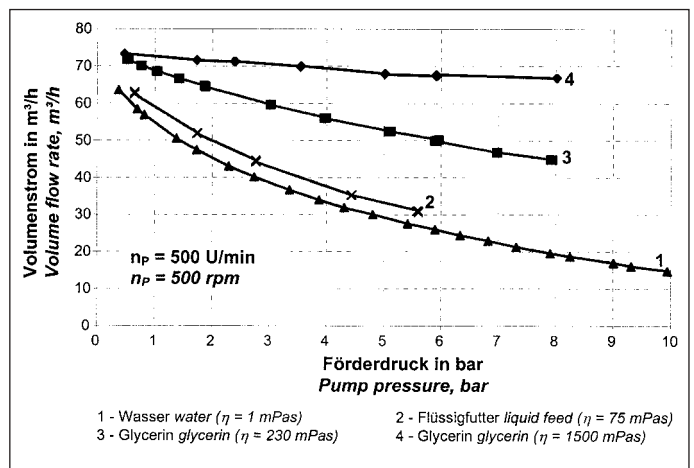


Bild 2: Einfluss der Viskosität auf die Pumpenkennlinie bei gleichen Spalthöhen

Fig. 2: Effect of viscosity on pump characteristics at the same gap heights