

Burkhard Verhülsdonk und Paul Krampe, Essen, sowie Meno Türk und Thomas Zenke, Potsdam

# Verschleißkompensation bei Drehkolbenpumpen

*Drehkolbenpumpen werden häufig zum Fördern von Schlämmen in Gülle-, Biogas- und Kläranlagen eingesetzt. Dabei tritt Verschleiß auf und die Rückströmungsverluste in der Pumpe vergrößern sich. Verschleiß kann durch technische Einbauelemente vermindert werden. Die Wirkungen einiger technischer Lösungen zur Kompensation von Verschleiß wurden untersucht und werden bewertet.*

Dipl.-Ing. Burkhard Verhülsdonk und Dipl.-Ing. Paul Krampe sind Mitarbeiter der Hugo Vogelsang Maschinenbau GmbH, Holthöge, 49632 Essen (Oldb.); e-mail: [verhuelsonk@vogelsang-gmbh.com](mailto:verhuelsonk@vogelsang-gmbh.com).  
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](mailto:mtuerk@atb-potsdam.de)  
Diese Untersuchungen erfolgten im Rahmen eines Kooperationsprojektes, gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit BMWi, zusammen mit der Hugo Vogelsang Maschinenbau GmbH.

## Schlüsselwörter

Drehkolbenpumpe, Verschleiß, Spaltverluste, Verschleißkompensation

## Keywords

Rotary lobe pumps, abrasive pump wear, gap leakage, wear compensation

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 04321 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Zweiwellige Drehkolbenpumpen werden als selbstabdichtende Verdrängerpumpen häufig zum Fördern von abrasiven hochviskosen Flüssigkeiten, Schlämmen und Dickstoffen eingesetzt. Dabei tritt Verschleiß auf und führt zu geometrischen Veränderungen an Kolben und Gehäuse, also zu größeren Spalten, die eine Verringerung des Fördervolumenstroms zur Folge haben [1]. Ebenso verschlechtert sich das Ansaugverhalten [2], wenn zudem auch eingeschlossene Gase gefördert werden müssen. Entsprechend den in der Pumpe auftretenden Spalten unterscheidet man zwischen [1]

- Kopfschleif (Kopfspalte zwischen Kolbenkopf und Gehäuse sowie Mittenspalt zwischen den Kolben) und
- Stirnverschleiß (Stirnspalte zwischen den Stirnflächen der Kolben und lager- oder deckelseitigen Gehäuseelementen).

Eine vordringliche Maßnahme zur Verschleißvermeidung ist die optimierte Pumpenauslegung in Abhängigkeit von den praktischen Förderaufgaben. Werden die Spalte in einer neuen Pumpe an die Stoffeigenschaften (Viskosität, Korngröße) angepasst, können Verschleißwirkungen erheblich verringert werden [3].

Bevor verschlissene Bauteile, in der Regel die gummierten Drehkolben, ersetzt werden müssen, sollten alle technischen Möglichkeiten zur Verlängerung der Nutzungsdauer geprüft werden. Dazu sind im Prinzip folgende Maßnahmen geeignet:

- Kopfspalt:
  1. Anpassung des Gehäuseinnendurchmessers an den reduzierten Kolbendurchmesser durch Einsatz von Gehäusehalbschalen mit unterschiedlichen Wandstärken (Bild 1)
  2. Verengung des Pumpenraumes durch vertikale Verstellung des Gehäuses
  3. Deformation (Dehnung) des Kolbenkopfes (Bild 2)
  4. Austausch verschlissener Kolbenspitzen [4]
- Stirnspalt: Einsatz von Stirnplatten unterschiedlicher Dicke [1] oder Einsatz von Verstellelementen zum Verschieben der Stirnplatten [4].
- Betriebsparameter: Durch Erhöhung der Drehzahl kann der



Bild 1: Austauschbare Gehäusehalbschalen

Fig. 1: Changeable insert liners of pump housing

Volumenstrom wieder angehoben werden. Einige Lösungsvarianten wurden in praktischen Förderversuchen untersucht und sollen bewertet werden.

## Versuchsergebnisse und Diskussion

Die Messung von Pumpenkennlinien erfolgte am Förderversuchsstand im ATB [1] an einer speziellen einseitig gelagerten Versuchspumpe vom Typ VX 136-140 Q. Kopf- und Stirnverschleiß können durch austauschbare Einbauelemente, wie Stirnplatten und Gehäusehalbschalen (Bild 1), sowie durch abgefräste Drehkolben stufenweise von 0 bis 2,5 mm verändert werden.

Der Effekt verschiedener Varianten zur Kompensation des Kopfspaltes ist anhand der gemessenen Pumpenkennlinien für unterschiedliche Verschleißzustände aus Bild 3 ersichtlich.

Zur Untersuchung der Wirkung austauschbarer Gehäusehalbschalen zur Verschleißkompensation wurden die Drehkolben abgefräst, bis der Kopfspalt 1,8 mm be-



Bild 2: Verdrängungskörper im Kolbenkopf

Fig. 2: Expander of lobe head

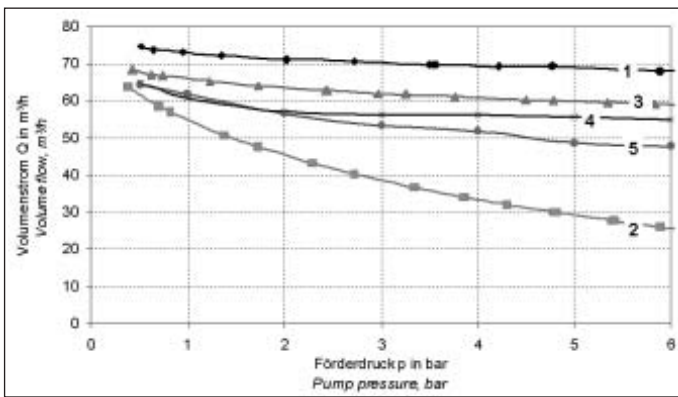


Bild 3: Pumpenkennlinien bei unterschiedlichen Varianten der Verschleißkompensation des Kopfspaltes von  $s_K = 1,8$  mm auf  $0,3$  mm (Wasserförderung,  $n_P = 500 \text{ min}^{-1}$ ); 1 - neue Pumpe ( $s_K = 0,3$  mm), 2 - verschlissene Pumpe ( $s_K = 1,8$  mm), 3 - ausgetauschte Gehäusehalbschalen ( $s_K = 0,3$  mm), 4 - nachgestellte Kolbenspitze ( $s_K = 0,3$  mm), 5 - vertikal versetzte Gehäuseschalen ( $s_K = 0,3$  mm),

Fig. 3: Effect of abrasive wear compensation of head gap from  $s_K = 1.8$  mm to  $0.3$  mm on pump characteristics (water pumping,  $n_P = 500$  rpm); 1 - new pump ( $s_K = 0.3$  mm), 2 - worn pump ( $s_K = 1.8$  mm), 3 - interchanged liners of housing ( $s_K = 0.3$  mm), 4 - adjusted point of lobe ( $s_K = 0.3$  mm), 5 - vertical adjusted housing segments ( $s_K = 0.3$  mm)

trug. Durch das Einsetzen von Gehäusehalbschalen mit kleinerem Innendurchmesser (kleiner als Neuzustand) wurde der Kopfspalt wieder auf  $0,3$  mm kompensiert. Zum Einbau werden die Drehkolben demontiert und die Gehäusehalbschalen mit Hilfe von zwei Halteplatten im Gehäuse fixiert. Der Montageaufwand ist gering. Weil sich der Kolbendurchmesser und damit das Kammer Volumen vermindern, ist die Pumpenkennlinie (3) im Bild 3 parallel nach unten verschoben. Durch den reduzierten Kolbendurchmesser vergrößert sich auch der Mittenspalz. Dieser hat jedoch einen relativ geringen Einfluss auf den Verlustvolumenstrom [1].

Die Gehäusehalbschalen von Pumpen in Elementbauweise (kein Blockgehäuse) lassen sich vertikal verschieben. Dazu müssen die Flanschbefestigungen am Gehäuse gelöst werden. Hierbei wird der Kopfspalt in der senkrechten Kolbenstellung vollständig kompensiert. Bei anderen Kolbenstellungen liegt eine größere Spalthöhe vor. Die Pumpenkennlinie wird dadurch verbessert (Kurve 5 in Bild 3). Diese Verstellmöglichkeit wird aufgrund des Montageaufwandes im praktischen Einsatz nicht von allen Betreibern genutzt. Einige landwirtschaftliche Lohnunternehmer verlängern so die Standzeiten hoch belasteter Güllepumpen.

Eine weitere Lösung zur Kopfspaltkompensation besteht in der elastischen Verformung des gummierten Kolbenkopfes bei gerade verzahnten Drehkolben (Bild 2). In eine Führungsbohrung wird ein Verdrängungskörper mit größerem Durchmesser (sog. Expander) eingesetzt. Dadurch vergrößert sich der Kolbendurchmesser und der Kopfspalt vermindert sich. Der Verlustvolumenstrom wird allerdings nur teilweise vermindert (Kurve 4 in Bild 3), weil die Originalkontur des Kolbens nicht völlig wieder hergestellt werden kann. Nur ein schmaler Streifen wird auf den Nenndurchmesser gedehnt, dabei entstehen Materialspannungen und es ergibt sich eine unebene Oberfläche. Die Standzeit eines nachgestellten Kolbens

ist daher geringer als die eines neuen Originalkolbens. Zu Langzeiteffekten liegen nur wenige Kenntnisse vor. Bei groben Fremdstoffen ist eine Kompensation auf diese Weise nicht möglich. Analoge Lösungen mit integrierter Nachstellmechanik im Kolbenkopf sind bekannt [4] und haben ähnliche Effekte.

Eine weitere Variante zur Kompensation von Kopfverschleiß besteht im Austausch von einzelnen Drehkolbenspitzen [4]. Diese Lösung erfordert allerdings aufwändige Kolbengrundkörper. Über die Wirtschaftlichkeit muss der Anwender in Abhängigkeit vom praktischen Einsatzfall entscheiden.

Der stirnseitige Verschleiß kann durch austauschbare Stirnplatten mit größeren Wandstärken kompensiert werden [1]. Dazu wurde jeweils ein deckel- und getriebeseitiger Stirnspalt von  $2$  mm eingestellt und durch entsprechende Stirnplatten verringert. Die Pumpe wird dadurch in ihren ursprünglichen geometrischen Zustand versetzt und die Förderverluste können vollständig kompensiert werden. Es ist zum Teil auch möglich, die Stirnspalte durch den Einbau von Ausgleichsscheiben zu reduzieren. Nachstellbare federbelastete Verschleißplatten [4] erfordern einen erheblichen technischen Aufwand.

Grundsätzlich sollte die Pumpenauslegung unter Berücksichtigung der Fördermedien und der konkreten Förderbedingungen erfolgen. Dazu ist ein Pumpenauslegungsprogramm von großem Nutzen [3]. Damit verbunden ist auch die optimierte Werkstoffauswahl, vor allem der Kolbenelastomere.

Bei Förderaufgaben mit höheren Betriebsdrücken hat sich bei einseitig gelagerten Drehkolbenpumpen eine zusätzliche Lagerung im abnehmbaren Pumpendeckel als sinnvoll erwiesen (Bild 4) [5]. Dadurch wird die Wellendurchbiegung vermieden, die Spalte und damit die Rückströmungsverluste sind geringer, der „Einlaufverschleiß“ durch Berührung von Kolbenspitzen und Gehäuse wird reduziert [1]. Der einfache Zugang zum Pumpenraum bleibt jedoch er-

halten. Auch können vorhandene Pumpen nachgerüstet werden.

Um die Wellendurchbiegung bei einseitig gelagerten Pumpen zu verringern, sollte der Wellendurchmesser möglichst groß gewählt werden. Bei hohen Druckbelastungen kann auch der Einsatz einer zweistufigen Pumpe sinnvoll sein [5]. Die Halbierung der Druckdifferenz pro Pumpenkammer führt zur Verminderung von Verschleiß. Mit der Anzahl der Kolbenflügel erhöht sich auch die Anzahl der Dichtlinien und somit auch die Standzeit der Pumpe.

Wenn die Fördermenge durch Verschleiß absinkt, kann sie durch Nachregelung der Drehzahl kompensiert werden. Drehzahlvariable Pumpenantriebe sind zur Anpassung an veränderte Verschleißbedingungen von Vorteil.

### Zusammenfassung

Drehkolbenpumpen sind oft erheblichen Verschleißbelastungen ausgesetzt. Dann ist es notwendig und wirtschaftlich geboten, die Pumpenstandzeiten durch Nachregeln der Drehzahl, Einsatz austauschbarer oder nachstellbarer Kompensierungselemente zu verlängern. Als technisch wirksame und auch gut handhabbare Möglichkeit hat sich der Einsatz anpassbarer Gehäusehalbschalen und Stirnplatten erwiesen, die in unterschiedlichen standardisierten Maßen verfügbar und mehrfach einsetzbar sein müssen. Nachstellbare Bauelemente für Drehkolben sind aufwändig und werden im praktischen Betrieb kaum angewendet. Grundsätzlich kann die Standzeit durch eine optimierte Pumpenauslegung und durch konstruktive Merkmale, etwa hohe Anzahl der Kolbenflügel, große Wellendurchmesser oder eine zweite Lagerung bei hohen Druckbelastungen, in erheblichem Maße erhöht werden.



Bild 4: Pumpendeckel mit zusätzlicher Wellenlagerung

Fig. 4: Additional shaft bearing in the pump cap