

Ethanpumpe von Sulzer in einer NGL-Fraktionierungsanlage in Houston/Texas. Pumpe und Dichtung laufen seit der Umrüstung auf die innovative Dichtungslösung Eagle Burgmann DF-DGS6 im Jahr 2011 störungsfrei.



DANK UNKONVENTION ZUM

Einsatz von Dry Gas Seals beim Pumpen von flüssigen Kohlenwasserstoffen –

Anlagenkomponenten von NGL (Natural Gas Liquid)-Pipelines im optimalen Betriebszustand zu halten, stellt für die öl- und gasverarbeitende Industrie eine ständige Herausforderung dar – steigende Temperaturen in den eingesetzten Flüssigkeitspumpen und daraus resultierende Probleme für die Dichtungen verlangen Speziallösungen.

GEORG E. PROBST*

Ein spezifischer Fall bei einem US-amerikanischen Betreiber einer Anlage zur NGL-Fraktionierung zeigt, wie Dichtungsstörfälle beim Pumpen von Kohlenwasserstoffen nahe am spezifischen Dampfdruck analysiert, konstruktiv gelöst und nachhaltig eliminiert werden können. Die Anlage läuft in Houston/Texas und trennt Förderströme von NGL-Gemischen in reine NGL-Produkte wie Ethan, Propan, Butan, Isobuten und Benzin.

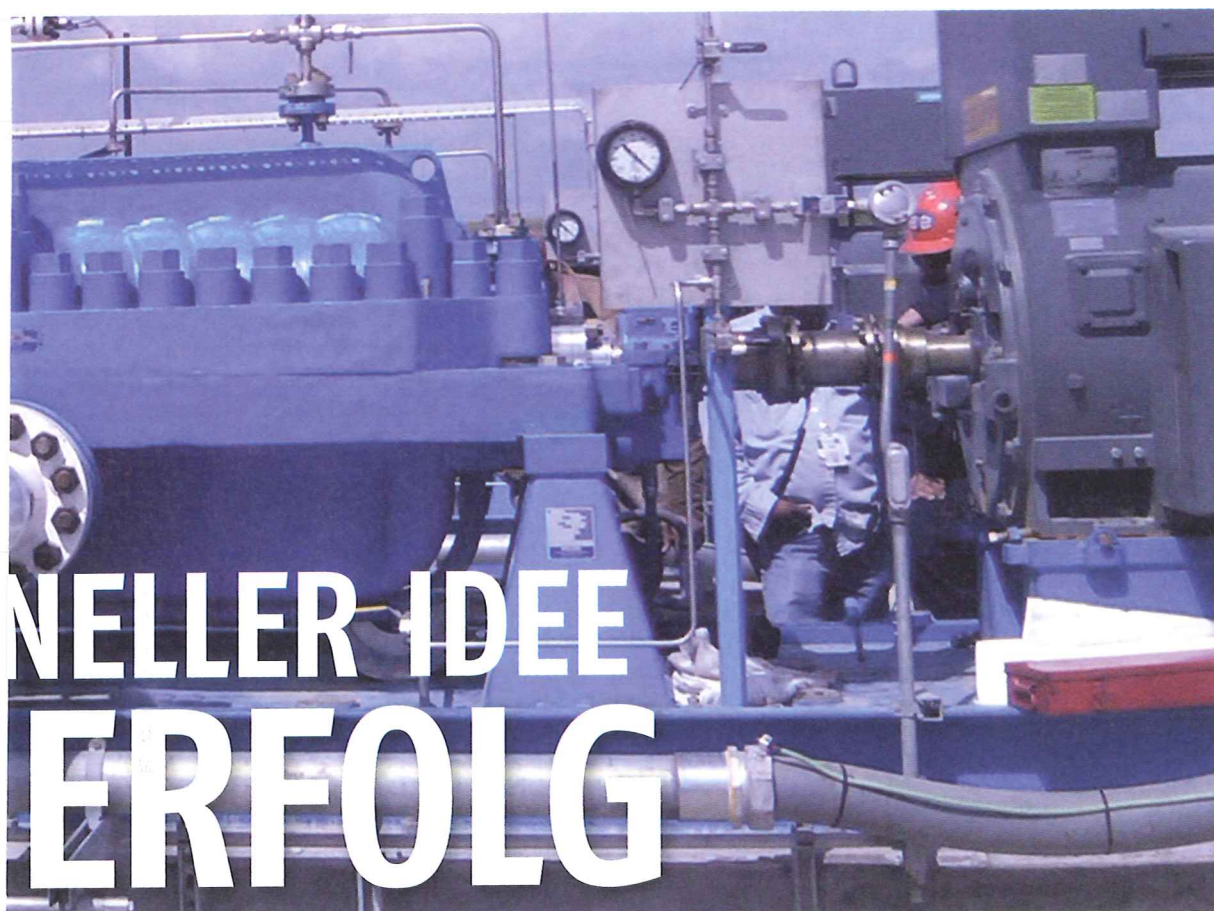
Zentrale Anlagenkomponenten sind Ethan-Injektionspumpen, die in einem Druckbereich von 28 bar bis 76 bar arbeiten. Die Temperatur des Ethans am Saugstutzen darf 16 °C nicht übersteigen, damit der nötige spezifische Dampfdruck an den Wellendichtungen nicht unterschritten wird. Durch klimatische Einflüsse kommt es hier aber immer wieder zu signifikanten Temperaturerhöhungen – das Ethan verdampft, Dichtungs-ausfall und Produktverlust sind die Folge.

Die Lösung für eine immer wieder auffällige Flüssig-Ethanpumpe

war der Einsatz einer Diamond-Face-beschichteten Gleitringdichtung, die eigentlich für reine gasförmige Medien konzipiert ist: eine Eagle Burgmann DF-DGS6. Das innovative Dichtungskonzept hat sich seitdem als zuverlässige und langlebige Lösung für Medien mit niedrigem Dampfdruck erwiesen. Inzwischen sind zahlreiche Dichtungen dieser Bauart weltweit im Feld. Sie lösen flüssigkeitsgeschmierte Dichtungen ab, die mit kritischen Betriebsbedingungen und Phasenübergängen des Mediums nicht fertig werden.

Warum fallen flüssigkeitsgeschmierte Pumpendichtungen eigentlich aus? Im Betrieb von „Rotating Equipment“ wird oft nicht mit möglichen Phasenübergängen des verpumpten Mediums gerechnet. Es ist allerdings wichtig, die Bedingungen für das Dichtsystem in der Startphase, im Slow-Roll-

* Der Autor ist Dep. Head of Group Marketing, Eagle Burgmann Germany GmbH & Co. KG, Wolfratshausen.
Kontakt: Tel. +49-8171-23-0



Bilder: Eagle Burgmann

NELLER IDEE ERFOLG

oder im Standby-Betrieb richtig einzuschätzen und sicher zu stellen, dass die Gleitflächen der Wellenabdichtung immer ausreichend mit Flüssigkeit versorgt sind, damit die erforderliche Schmierung der Gleitflächen aufrecht erhalten wird. Die Evaluierung der verschiedenen Phasen veranschaulicht, welchen Einflüssen die Zuverlässigkeit der Gleitringdichtung unterliegt.

- **Startphase:** Die Pumpe wird befüllt. Das flüssige Ethan dringt unter Saugdruckbedingungen zwischen die Gleitflächen der Dichtung und verdampft infolge der Druckabsenkung am Innendurchmesser des Gleit- und Gegenrings. Fallweise dauert es nach dem Anlaufen der Pumpe zu lange, bis im Dichtungsraum der normale Betriebsdruck aufgebaut wird, der den Dampfdruck des Mediums übersteigt. Zudem kann die zwischen den Gleitflächen generierte Wärme, auch wenn sie noch so gering ist, den Mediendampfdruck um den Wert erhöhen, der genügt, um die Flüssigkeit im Dichtspalt verdampfen zu lassen. Die Zerstörung der Gleitflächen ist die

Folge, die Schadensbilder sprechen eine eindeutige Sprache.

- **Slow-roll:** Hier stellt sich das gleiche Problem wie beim Start, jedoch in verschärfter Form. Ohne ausreichende Drehgeschwindigkeit kann der Enddruck nicht aufgebaut werden. Der Druck im Dichtungsraum steigt nicht schnell genug an, um den erforderlichen Abstand zur Dampfdruckkurve des Ethans zu gewährleisten. Die Wärmeerzeugung zwischen den Gleitflächen nimmt zu, und es kommt mit großer Wahrscheinlichkeit zu Mangelschmierung und damit zu Dichtungsschäden.
- **Standby:** Die Bedingungen sind ähnlich. Außerdem befinden sich die Dichtungen oft über viele Monate ohne Spülung im Stillstand. Es hat sich gezeigt, dass sich während Standby-Zeiten Ablagerungen an den Gleitflächen und im Umfeld der Dichtung ansammeln, wiederum mit negativen Auswirkungen auf den Dichtungsraum.
- **Ineffizienter Betrieb:** Das Fahren der Pumpe außerhalb des optimalen Bereichs sowie falsche Betriebspunkt-Parameter resul-

tieren in erhöhtem Bedarf von Antriebsenergie und in Verlust an Förderleistung. Beide Effekte haben negativen Einfluss auf den Abstand von der Dampfdruckkurve im Dichtungsbereich – Trockenlauf der Gleitflächen kann auftreten.

Weitere Vorgänge, die in der Beurteilung einer ausreichenden Dichtungsversorgung eine Rolle spielen, sind Temperaturschwankungen im Medium, häufige Start-/Stopp-Zyklen und nicht zuletzt: Bedienungsfehler.

In unserem Fall, der Ethanpumpe des texanischen Unternehmens, führten diese Umstände zu einem MTBF (Mean Time Between Failure) von gerade einmal etwas mehr als drei Wochen.

Ohne Zweifel musste etwas unternommen werden, um den Dichtungsfall mit einhergehendem Produktverlust und stark beeinträchtigter Anlagenverfügbarkeit entgegen zu steuern. In Zusammenarbeit mit dem Kunden wurden die Ursachen analysiert, und ein Expertenteam von Ingenieuren aus Anwendungstechnik und Konstruktion bei Eagle Burgmann machte sich daran, eine sichere

PROCESS-Tipp

„Von der Praxis für die Praxis“ – Eagle Burgmann bietet verschiedene **Weiterbildungen** zum Thema Dichtungstechnik.
Kontakt: info@de.eagleburgmann.com

und dauerhafte Dichtungslösung zu erarbeiten.

Eine Herausforderung wird angenommen

Anwendungen mit geringem Abstand von der Dampfdruckkurve des Mediums, in diesem Fall Ethan, haben eines gemeinsam: Die Flüssigkeit tendiert zum Übergang in den gasförmigen Zustand. Eine ideale Lösung wäre also eine „flüssigkeitsgeschmierte Gasdichtung“. Dazu wurden verschiedene Dichtungskonzepte untersucht.

Eagle Burgmann hat bereits gasgeschmierte Dichtungen für Pumpen im Produktportfolio. Die Gleitflächen dieser Dichtungsgattung laufen im Betrieb berührungslos auf einem stabilen Gasfilm. Es kann entweder eine mit einem inerten Gas druckbeaufschlagte Doppeldichtung sein oder eine Doppeldichtung, bei der die produktseitige Dichtung durch das Medium druckbeaufschlagt ist und die atmosphärenseitige Dichtung mit einer drucklosen Gasvorlage betrieben wird. Eine solche gasge-

schmierte Doppeldichtung wäre ideal für diesen Einsatz, jedoch kommen die Unwägbarkeiten der unkalkulierbaren Phasenübergänge des Mediums und andere kritischen Zustände der Anwendung hinzu.

Einige Dichtungshersteller, darunter auch Eagle Burgmann, wenden die Technologie der gasgeschmierten Pumpendichtungen bereits seit Langem erfolgreich an. In kritischen Anwendungen kommt es aber immer wieder zu Ausfällen, denn die Dichtungen benötigen kontinuierlich sauberes Gas an den Gleitflächen. Wenn noch die oben beschriebenen möglichen Ursachen mit einbezogen werden: eine Lösung mit hohem Risiko!

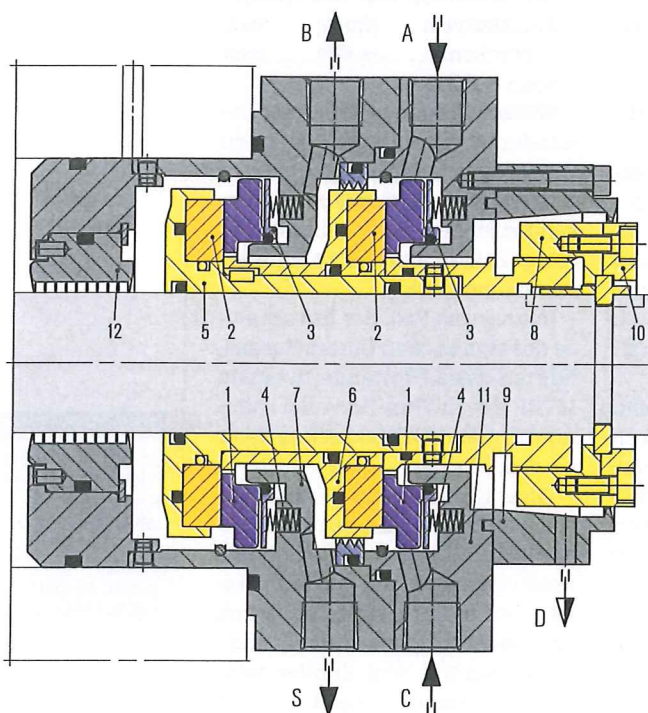
Ein weiterer Lösungsansatz für Houston war eine flüssigkeitsgeschmierte Dichtung mit Druckbeaufschlagung des Dichtungsraumes direkt vom Druckstutzen der Pumpe, da hier ein höherer Druck zur Verfügung steht. Die Dichtungen fielen aber kontinuierlich aus. Besonders an heißen Sommertagen, wenn die Außentemperatur

anstieg. Was war die Ursache? Wie oben beschrieben tendiert das flüssige Ethan dazu, in den gasförmigen Zustand überzugehen. Um das Medium im flüssigen Zustand zu halten, muss es auf einer bestimmten Temperatur und einen bestimmten Druck gehalten werden (etwa 21 bis 28 bar bei 16 °C). Wenn die Pumpe optimal arbeitet, sind Temperatur und Druck am idealen Punkt: Das Ethan strömt in flüssiger Form durch die Pumpe und steht im flüssigen Zustand an der Wellendichtung an. Wenn jedoch die Außentemperaturen in einer warmen Wetterperiode ansteigen, steigt die Temperatur im Inneren der Pumpe entsprechend mit. Das Ethan verdampft im Dichtungsraum, an den Gleitflächen steht Gas an.

Diese unberechenbaren Phasenübergänge!

Flüssigkeitsgeschmierte Gleitringdichtungen sind für den Betrieb in flüssigen Medien ausgelegt. Das flüssige Medium dringt in den Dichtspalt ein und schmiert die Gleitflächen. Reißt dieser Schmierfilm aufgrund von Gasanteilen im Medium ab, laufen die Gleitflächen trocken und werden dadurch beschädigt. In der Praxis laufen jedoch zahlreiche flüssigkeitsgeschmierte Dichtungen in Ethan-Anwendungen ohne Probleme. Voraussetzung sind eben stabile Betriebsbedingungen. Bei stark schwankenden Bedingungen können diese Dichtungen nicht einwandfrei funktionieren.

Gasgeschmierte Gleitringdichtungen könnten Ethan ohne weiteres abdichten, dazu müsste es aber an der Dichtung in gasförmiger Form vorliegen. Damit Ethan in den gasförmigen Zustand übergeht, muss entweder der Druck sinken oder aber der spezifische Dampfdruck den Dichtungsdruck deutlich übersteigen. Durch Erwärmen der Flüssigkeit lässt sich dies rasch bewerkstelligen;

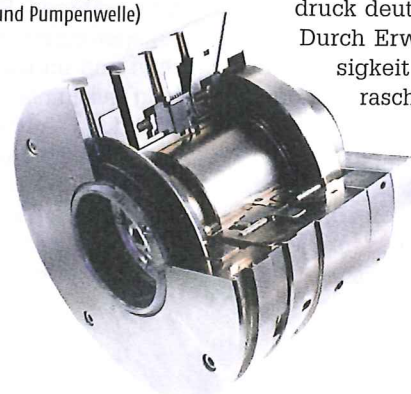


- (1) Gleitring, stationär
- (2) Gegenring, rotierend
- (3) Druckring
- (4) Feder
- (5) Wellenhülse mit Gegenringaufnahme
- (6) Zwischenhülse
- (7) Gehäuse (maßliche Anpassung an Einbauraum)
- (8) Axiale Längenausgleichsmutter
- (9) Geteilter Ring
- (10) Spannung
- (11) Deckel
- (12) Prozessseitiges Labyrinth

GBI: Vorlagegas EIN
GBO: Vorlagegas AUS
D: Drainage

(Gelb dargestellte Teile rotieren, blaue sind stationär, grau: Gehäuse und Pumpenwelle)

Tandemdichtung DF-DGS6 mit Zwischenlabyrinth, Gleit- und Gegenring der prozessseitigen Dichtung sind Diamond Face-beschichtet.



Typische Ausführung einer Dry Gas Seal

bei Verwendung einer externen Heizquelle erhöhen sich allerdings Komplexität und Wartungsbedarf der Anlage, was nicht im Sinne des Betreibers ist.

Konstruktive Anpassungen wie enge Spalte und ein Labyrinth auf der Produktseite der Dichtung erzeugen turbulente Strömungen. Die daraus resultierende Flüssigkeitsreibung unterstützt die Wärmeentwicklung – und zusätzlich wird an den Gleitflächen Wärme erzeugt: Je kleiner der Dichtspalt, desto geringer die Leckage, umso größer die Wärmeentwicklung. Dies mag für einen stabilen Dauerbetrieb ausreichen – in der Startphase, im Slow-Roll oder Standby, wenn die Reibungswärme fehlt, bleiben die Risiken jedoch bestehen.

Unkonventioneller Ansatz: Dry Gas Seals

Das Expertenteam von Eagle Burgmann kam auf eine überraschende, unkonventionelle Idee: Warum nicht Eigenschaften einer Dichtungsbauart nutzen, die eigentlich für die Abdichtung von Kompressoren – also für Gase – konzipiert ist?

Dry Gas Seals (DGS) haben sich in Kompressorenanwendungen als äußerst zuverlässige Wellenabdichtungen etabliert. Sie besitzen breite Dichtflächen, in die strukturierte (uni- oder bi-direktionale) Gasnuten eingearbeitet sind. Diese Nuten machen das Abheben der Gleitflächen erst möglich, sie laufen im Betrieb berührungslos. So wie sich bei flüssigkeitsgeschmierten Dichtungen der Trockenlauf der Gleitflächen schädlich auswirkt, so ist es bei Dry Gas Seals das Berühren der Gleitflächen, das zu vorzeitigen Verschleiß und in letzter Konsequenz zum Ausfall

der Dichtung führt. Denn auch im Kompressorenbetrieb gibt es kritische Betriebszustände für die Dichtungen: Im Coast-Down (langsamer, geregelter Auslauf des Kompressors), Turning (laufen bei niedrigen Drehzahlen) und Ratcheting (weiterdrehen der Welle in bestimmten Zeitabständen um 90°) kommen die unter normalen Bedingungen voneinander abgehobenen Gleitflächen in Kontakt und können durch den berührenden Lauf beschädigt werden.

Um nicht zuletzt diese Situationen zu meistern, wurden bei Eagle Burgmann DGS mit einer innovativen mikrokristallinen Diamantbeschichtung der Gleitflächen entwickelt und erfolgreich eingesetzt: DiamondFace. Sie zeichnet sich durch extreme Härte, hohen Verschleißschutz, exzellente Wärmeleitfähigkeit, höchste chemische Beständigkeit und geringe Reibwerte aus. Auch die Schichthaftung übertrifft alle bekannten Praxisanforderungen. Dadurch erhöht sich nachweislich die Lebensdauer von Gleitringdichtungen um ein Vielfaches, die Wartungsintervalle werden entsprechend verlängert und die Lebenszykluskosten deutlich reduziert.

Die Lösung für leichtflüchtige Medien

Die Ethanpumpe in Houston wurde auf die DF-DGS6 umgerüstet und im Juli 2011 in Betrieb genommen. Die Dichtungslösung ermöglicht es, das Medium sowohl im flüssigen als auch im gasförmigen Zustand zuverlässig und sicher abzudichten. In den Phasenübergängen, wo es zu Trockenlauf und Berührung der Gleitflächen kommen kann, bewahrt die Diamond-Face-Schicht auf den Gleitflächen die Dichtung vor Schäden.

Auch die Betriebsweise konnte vereinfacht werden: Die Dichtungen werden nun ohne jegliche Spülung (API Plan 02) betrieben. Vorher eingesetzte Filter, einschließlich deren Wartung, konnten entfallen.

Nach einigen Monaten berichtete der Betreiber, dass sich die gasförmige Pumpenleckage zum Fackelsystem um 83 % reduziert hatte, dieser Wert verbesserte sich noch mal auf über 90 %.

Nach acht Monaten Betrieb wurde die Pumpe zur Nachbearbeitung des Laufrades gestoppt und geöffnet. Im Zuge dessen wollte der Betreiber, dass die Dichtung einem dynamischen Test unterzogen wird, um sie mit den ursprünglichen Daten vergleichen zu können. Die Dichtung wurde ausgebaut und bei Eagle Burgmann USA/Houston untersucht. Die Gleitringe zeigten keinerlei Laufspuren und waren wie neu. Die Dichtungskomponenten wurden gereinigt, und nach dem Zusammenbau kam die DF-DGS6 auf den dynamischen Prüfstand, wo sie eingehend getestet wurde. Da die Dichtung im einwandfreien Zustand und mit exzellenten Werten lief (u.a. befand sich die Leckagerate unterhalb des Wertes, der beim Abnahmetest ermittelt wurde), installierte sie der Betreiber ohne weitere Maßnahmen wieder in die Pumpe. Seither laufen die Dichtungen ohne Beanstandungen. Mit der DF-(P)DGS6-Lösung sind jetzt Laufzeiten von mehr als fünf Jahren machbar.

Inzwischen sind von der Bauart Eagle Burgmann DF-(P)DGS6 („P“ steht für die Hochdruckvariante) mehr als 150 Exemplare erfolgreich und weltweit in verschiedenen NGL-Anwendungen eingesetzt – übrigens seit Kurzem auch in CO₂-Anwendungen.