

Lebenszyklusmanagement von Pipelinepumpen durch Retrofits

Lebensdauerleistung verbessern

Rund um die Welt wird Erdöl in Pipelines mit einer Gesamtlänge von über 460 000 km von den Quellen zu den Raffinerien transportiert. Diese Leitungen führen nicht selten durch entlegene und lebensfeindliche Gegenden mit extremen Temperaturen und Witterungen. Die Pumpen, die das Erdöl über diese beträchtlichen Entfernungen bewegen, müssen äußerst zuverlässig, energieeffizient und angepasst an die anspruchsvollen Betriebsbedingungen sein. Sulzer Pumps verbessert Pipelinepumpen, so dass sie den sich ständig verändernden Anforderungen gewachsen sind und einen sicheren Betrieb gewährleisten.

Pipelines stellen eine beträchtliche Investition dar. Sicherheit, Effizienz und Zuverlässigkeit sind entscheidend für den Erfolg einer Pipeline. An einer Pipeline können Schäden durch Fremdeinwirkung und Fertigungsfehler auftreten, wie etwa äußere und innere Korrosion und Ermüdungsbrüche. Darum überwachen die Betreiber der Pipelines

kontinuierlich mechanische Belastungen, Druckveränderungen, Korrosionsraten usw., um das Risiko von Leckagen abzuschätzen. Es reicht aber nicht aus, die Rohre selbst zu überprüfen – auch die rotierenden Maschinen müssen kontrolliert und gewartet werden.

Pumpen bilden das Herzstück von Pipelines, und ihre Zuverlässigkeit ist

ausschlaggebend für einen erfolgreichen Betrieb. Das *American Petroleum Institute (API)* hat Normen erarbeitet, die Pumpenausrüstungen zu erfüllen haben. Über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg müssen Pumpen regelmäßig überprüft und repariert bzw. nachgerüstet werden, wenn sie die notwendigen Leistungskriterien nicht erfüllen.

Pipelines können große Mengen Öl, Raffinerieprodukte oder Erdgas besonders wirtschaftlich über Land transportieren.



Wenn sich die Betriebsbedingungen einer Pipeline ändern, ist es gegebenenfalls erforderlich, bestimmte Pumpen auch hydraulisch neu auszulegen. Das folgende Beispiel beschreibt, wie Sulzer Pumpen an neue Anforderungen angepasst und somit einen reibungslosen Betrieb, eine hervorragende Zuverlässigkeit und eine optimale Effizienz sichergestellt hat.

Anpassung an veränderte Anforderungen

Ein großes Pipelineunternehmen Nordamerikas betreibt seit über 60 Jahren einige der weltweit längsten Pipelines für Erdöl und Erdölprodukte. Die Pipelinesysteme umfassen über 10 000 km Rohrleitungen, in denen über zwei Millionen Barrel Erdöl und Erdölprodukte pro Tag transportiert werden.

In einer nordamerikanischen Ölpipeline mussten die Pumpenhydrauliken verändert werden, da das zu transportierende Leichtöl eine geringere Dichte aufwies als das Öl, für das die Pumpen ursprünglich ausgelegt wurden. Außer-

dem wollte der Kunde, dass die modifizierten Pumpen in der Lage sind, mit variierenden täglichen Durchflussmengen von 30 450 bis 57 000 m³/d zu arbeiten.

Flexibilität durch reversible Modifikation

Der Kunde plante, die Pipeline nach Fertigstellung einer neuen Leitung wieder wie ursprünglich vorgesehen zu betreiben, und wollte darum die Modifikationen nach zwei Jahren rückgängig machen. Bei der Pipeline handelt es sich um eine 1600 km lange Ölpipeline in Nordamerika, die in das Hauptölpipelinesystem des Kunden integriert ist.

Sulzer erhielt den Auftrag, 18 Pumpen für den Pipelinebetrieb, angepasst an die vorübergehende Veränderung der Dichte und des Durchsatzes, neu auszulegen. Um diese Anforderungen zu erfüllen, empfahlen die Ingenieure von Sulzer vier verschiedene Modifikationen für vier verschiedene Wirkungsgrad-

Bestpunkte (BEP, *Best Efficiency Points*) zwischen etwa 44 000 und 57 000 m³/d. Sulzer reduzierte den Spiralenendquerschnitt und montierte Laufräder mit geringerer Förderleistung und konnte so den BEP verschieben. Der Endquerschnitt einer Pumpenspirale beeinflusst die Pumpenleistung deutlich.

Reduzierte Lagerhaltungskosten

Um die Austauschbarkeit mit den vorhandenen Pumpen zu gewährleisten, lieferte Sulzer passende Laufräder. Dass außerdem die Dichtungen und Lager zwischen allen modifizierten Einheiten austauschbar sind, hat die Lagerhaltungskosten für den Kunden deutlich gesenkt.

Dank dem Retrofit benötigt der Kunde weniger Strom für den Betrieb der Pipeline.

Vor dem Umbau testete Sulzer jeweils eine der vier Hydrauliken mit neu ausgelegten hydraulischen Abmessungen auf dem Prüfstand der Sulzer-Niederlassung im kanadischen Burnaby. Nachdem



die Tests bestätigt hatten, dass die angepasste Pumpe den Vorgaben entsprechend arbeitete, begann die Überarbeitung der anderen Pumpen. Angesichts des engen kundenseitigen Zeitplans teilte Sulzer die Arbeiten zwischen den Sulzer-Service-Centern Edmonton (Kanada) und Midwest (Chicago, IL, USA) auf und konnte so die erforderliche Bearbeitungszeit auf drei Wochen je Pumpe verkürzen.

Seit der erfolgreichen Inbetriebnahme der modifizierten Pumpen benötigt der Kunde weniger Strom für den Betrieb der Pipeline, weil die Pumpen bei den verschiedenen Strömungsbedingungen nahe an ihrem Wirkungsgrad-Bestpunkt arbeiten. Da der Auslegungspunkt an die Systembedingungen angepasst wurde, fördern die Pumpen nun über einen breiten Durchflussbereich unter günstigen hydraulischen Bedingungen mit geringen Schwingungen.

Sicherer Betrieb durch Retrofit

Schwingungen und der nicht auslegungsgemäße Betrieb von Pumpen können die Sicherheit einer Pipeline beeinträchtigen. Sulzer führte an den Hauptölleitungspumpen (MOL, *Main Oil Line*) einer der größten Pipelines der Welt ein Retrofit durch und konnte durch das richtige Pumpendesign Druckpulsationen reduzieren und die Sicherheit verbessern.

Die Pipeline transportiert Erdöl von Offshore-Feldern in Eurasien zum nächstgelegenen Hafen, von wo aus das Öl per Tanker zu Raffinerien auf den europäischen Märkten verschifft wird. Auf ihrer Gesamtlänge von über 1500 km verläuft die Pipeline größtenteils überirdisch und ist für einen Durchsatz von einer Million Barrel Öl pro Tag ausgelegt. Zur Pipeline gehören mehrere in Europa verteilte Pumpstationen.

Gesenktes Risiko von Pipeline-schäden

Vier der Pumpstationen waren mit Sulzer-Pumpen und die übrigen mit Pumpen eines anderen Originalherstellers ausgerüstet. Die Pumpen von Sulzer arbeiteten zuverlässig, doch in einigen der anderen Pumpstationen hatte der Pipelinebetreiber starke Druckpulsationen in den Saug- und Druckleitungen festgestellt. Die betreffenden Pumpen waren von einem Drittanbieter während des Pipelinebaus Anfang der 2000er Jahre bereitgestellt worden. Diese eingehäusige, zweistufige, axial geteilte Pumpen waren für eine Förderleistung von 1674 m³/h bei einer Förderhöhe von 1000 m ausgelegt.

Die von den MOL-Pumpen verursach-

ten Druckpulsationen erzeugten Risse in den Schweißnähten an den Pumpen selbst sowie an Nebenleitungen mit geringem Durchmesser und an mehreren Rohrhalterungen. Die Schwingungen waren

Sulzer präsentierte eine Retrofit- und Upgradelösung zur Verbesserung der Zuverlässigkeit der Pumpen.

auf dem Boden des Pumpenhauses spürbar und verdichteten den Untergrund um bis zu 200 mm an der Stelle, wo die Saug- und Druckrohre mit der Station verbunden waren. Als sich der Kunde auf der Suche nach einer Lösung an Sulzer wandte, arbeitete die Pipeline mit voller Leistung, war aber kurz davor, aufgrund der übermäßigen Schwingungen außer Betrieb genommen zu werden.

Gefährliche Schwingungen analysieren

Sulzer präsentierte dem Kunden eine Retrofit- und Upgradelösung, die die Zuverlässigkeit und die mittlere fehlerfreie Betriebszeit (MTBF, *Mean Time Between Failures*) der Drittanbieterpumpen verbessern würde. In einem ersten Schritt analysierten die Experten von Sulzer das Laufrad der ersten Stufe. Dieses hatte vier Schaufeln, was zu einer starken periodischen Wechselwirkung mit dem Doppelspiralgehäuse führte. Der Hals der Saugseite war überdimensioniert, das heißt, der Strömungsquerschnitt war zu groß für die erforderliche Fördermenge. Dadurch lag der Arbeitspunkt sehr nahe am beginnenden Rückfluss in den Einlauf. Arbeitet eine Pumpe mit Einlaufrückfluss, sinkt der Wirkungsgrad, und Geräusch- und Schwingungspegel steigen.

Das Laufrad der zweiten Stufe hatte sechs Schaufeln. Durch diese geradzahlige Schaufelzahl wurde die Gefahr von periodischen Wechselwirkungen zwischen dem Laufrad und dem Doppelspiralgehäuse ebenfalls verstärkt. Zudem war keine der Schaufelaustrittskanten abgechrägt. Gerade Austrittskanten führen häufig zu einer starken periodischen Wechselwirkung zwischen Rotor und Stator.

In 61 Service-Centern weltweit führt Sulzer Pumps Retrofits an Pumpen jeglicher Hersteller durch und unterstützt die Kunden rund um die Uhr beim Betrieb von rotierenden Maschinen. Mehr Informationen: www.sulzer.com/PU-service-centers



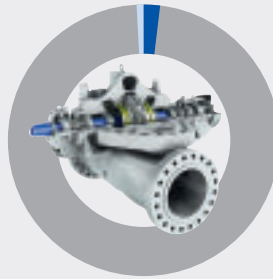
Lebenszykluskosten von Pipelinepumpen

Sulzer reduziert die Lebenszykluskosten von Pumpsystemen und maximiert dadurch die Rentabilität von Pipelines.

Pipelinepumpen haben eine Lebenserwartung von über 20 Jahren. Mit der Zeit können sich jedoch veränderte Bedingungen und Verschleiß der Ausrüstung negativ auf die Zuverlässigkeit und den Wirkungsgrad der Pumpen auswirken.

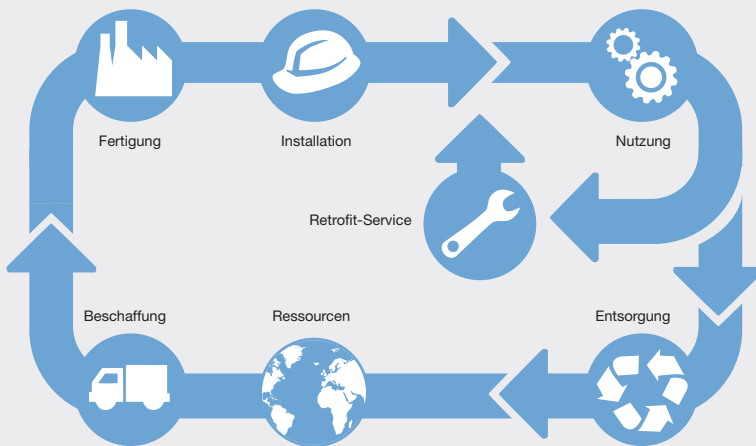
Über 90% der Lebenszykluskosten einer typischen Pipelinepumpe entfallen auf den Energiebedarf. Daher befasst sich Sulzer insbesondere mit Energieeffizienzthemen und mit möglichen Optimierungsstrategien und Retrofit-Lösungen.

Mehr Informationen: www.sulzer.com/retrofit



Lebenszykluskosten

■ Beschaffung/ Fertigung	3,6%
■ Stromverbrauch	94,6%
■ Service	1,8%



Verbesserte Pumpenhydraulik

Die Ingenieure von Sulzer fanden heraus, dass die hydraulische Wechselwirkung zwischen Stator und Rotor die starken Druckpulsationen im Schaufeldrehklang verursachte. Die Pulsationen regten die dünneren Rohre an und bewirkten eine akustische Resonanz in den Rohrleitungen der Station. Somit war klar, wie die Pumpenleistung verbessert werden konnte: Die Systemerregung, die durch die Wechselwirkung zwischen Rotor und Stator hervorgerufen wurde, musste reduziert werden. Die Spezialisten von Sulzer Pumps entschieden sich, die Anzahl der Laufradschaufeln zu verändern, um die

Phase der durch die passierenden Schaufeln verursachten periodischen Erregung zu verschieben. Im Zuge der Überarbeitung der Sauglaufräder erhöhte Sulzer die Zahl der Schaufeln von vier auf fünf und die Zahl der Schaufeln am Laufrad der zweiten Stufe von sechs auf sieben.

Außerdem schrägten die Ingenieure die Schaufelaustrittskanten beider Laufräder ab, um die hydraulische Wechselwirkung mit dem Gehäuse abzuschwächen. Sulzer Pumps fertigte Feinguss-Laufräder mit dem verbesserten hydraulischen Design und lieferte neue Wellen aus höherwertigerem Material.

Sulzer senkte das Risiko eines Pipelineausfalls.

Erfolgreich Schwingungen reduzieren

Vor Ort durchgeführte Messungen zeigten deutlich, dass die Druckpulsationen an den Pumpen mit den neuen Laufrädern auf ein akzeptables Maß gesunken waren. Da die Ursache der Schwingungen damit beseitigt war, traten auch die Ermüdungsrisse in den Schweißnähten der Rohrhalterungen nicht mehr auf, und die Bodenschwingungen wurden deutlich reduziert. Insgesamt konnte durch den Retrofit von Sulzer Pumps das Risiko eines Pipelineausfalls gesenkt und der sichere Betrieb der Pipeline mit dem vorgesehenen Durchsatz von einer Million Barrel pro Tag ermöglicht werden.

Nach Lieferung des letzten der zehn überarbeiteten Rotoren bestätigten Untersuchungen an den Pumpenhäusern reduzierte Schwingungen an allen Rohrleitungen. Außerdem zeigten Messungen in der Nähe der in Betrieb befindlichen Pumpen einen deutlich gesenkten Geräuschpegel.

Verlängerter Lebenszyklus

Komplexe Systeme wie Pipelines erfordern eine sorgfältige Überwachung während ihrer Nutzungsdauer. Zeichnen sich Schäden ab, muss der Betreiber die kritischen Komponenten ermitteln und entscheiden, ob diese ersetzt, repariert oder nachgerüstet werden sollen. Häufig verbessert die Modernisierung oder Nachrüstung von kritischen Komponenten die

Zuverlässigkeit des Systems und verlängert die Produktlebensdauer auf effiziente Weise. Da jede Situation einzigartig ist, bietet Sulzer bewährte maßgeschneiderte Lösungen an, die innerhalb kurzer Zeit bereitgestellt werden können und somit zum Erfolg des Kunden beitragen.

Marc Heggemann
Sulzer Pumps AG
Zürcherstraße 12
8401 Winterthur
Schweiz
Telefon +41 52 262 82 36
marc.heggemann@sulzer.com

David Linn
Sulzer Pumps (US) Inc.
4126 Caine Lane
Chattanooga, TN 37421
USA
Telefon +1 423 296 1939
david.linn@sulzer.com

Kenny Thomson
Sulzer Pumps (US) Inc.
200 SW Market Street
Portland, OR 97201
USA
Telefon +1 503 205 3620
kenny.thomson@sulzer.com

Graham Warrington
Sulzer Pumps (UK) Ltd
Manor Mill Lane
LS11 8GR Leeds
Großbritannien
Telefon +44 113 272 4446
graham.warrington@sulzer.com

Ron Palgrave
Sulzer Pumps (UK) Ltd
Manor Mill Lane
LS11 8GR Leeds
Großbritannien
Telefon +44 113 272 5701
ron.palgrave@sulzer.com