

10 Tipps für den reibungslosen Betrieb einer Spaltrohrmotorpumpe

PRAXISWISSEN FÜR ANLAGENPLANER
UND -BETREIBER

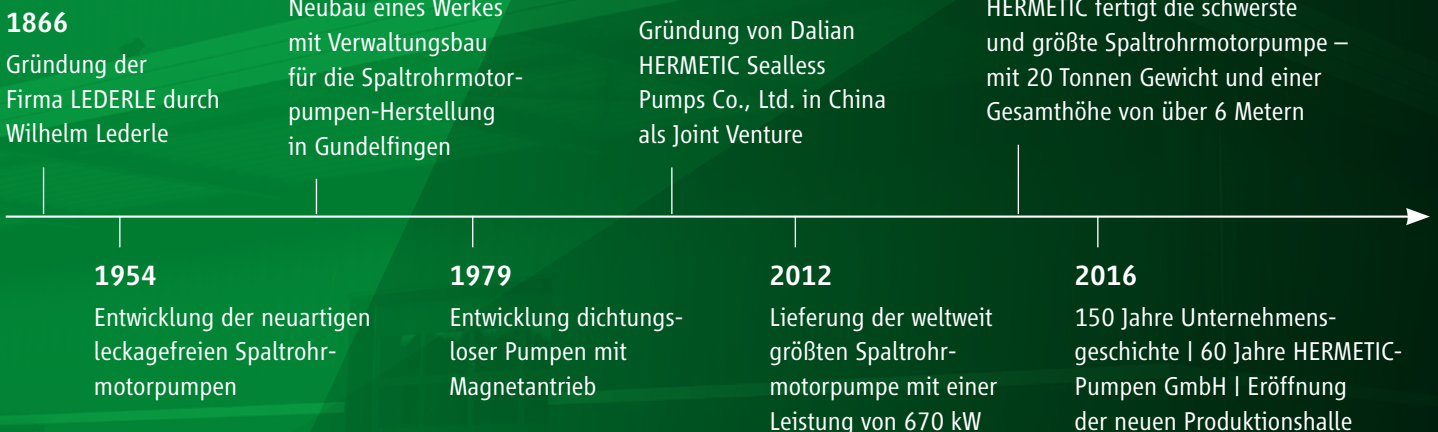
DAS UNTERNEHMEN

HERMETIC-Pumpen GmbH

Sealless Technology Unlimited

Die HERMETIC-Pumpen GmbH ist ein weltweit führender Entwickler und Hersteller hermetischer Pumpentechnologien. Als Spezialist für Spaltrohrmotorpumpen haben wir uns mit sicheren und langlebigen Pumpen – für extremste Einsatzbereiche und gefährlichste Fördermedien – weltweit einen Namen gemacht. Der Anwendungsbereich von HERMETIC

Spaltrohrmotorpumpen erstreckt sich auf Fluidtemperaturen von -160°C bis $+480^{\circ}\text{C}$ und Systemdrücke bis 120 MPa. In Verbindung mit Leistungstärken von 1 kW bis 690 kW bieten wir das größte Leistungsraster an Spaltrohrmotorpumpen im Markt.





EINLEITUNG

Gute Gründe für eine dichtungslose Spaltrohrmotorpumpe

Ob in Chemie und Petrochemie, in der Kälteindustrie oder auch im Transport- oder Energiesektor – Pumpen spielen eine wichtige Rolle in den unterschiedlichsten Industriezweigen. In diesen Anwendungsgebieten kommen häufig Kreiselpumpen zum Einsatz. Der störungsfreie Betrieb hängt zum einen von der **Zuverlässigkeit** der Pumpen selbst ab. Zum anderen wirken **vielfältige Umgebungsparameter** auf den Betrieb einer Pumpe ein.

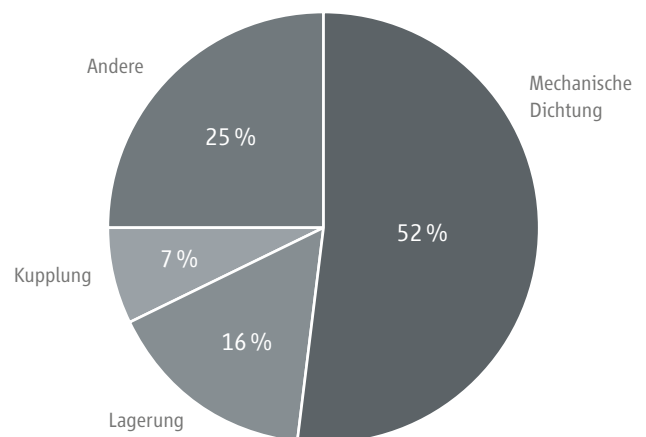
Für die richtige Auswahl, den sachgemäßen Betrieb und die Instandhaltung von Pumpen sind daher neben der optimalen Produktwahl auch fundiertes technisches Wissen und umfassende Erfahrung mit den unterschiedlichsten Anwendungen notwendig.

Zudem spielt die Lebenszykluskosten-Betrachtung eine zunehmend wichtige Rolle bei der Wahl der Pumpe. Dabei rücken neben Anschaffungs- und Betriebskosten auch die Reparatur- und Wartungskosten sowie die Kosten für Stillstand aufgrund von Pumpenausfällen immer mehr in den Fokus. Häufigste Ausfallursache bei über der Hälfte der eingesetzten herkömmlichen Kreiselpumpen ist der Verschleiß der mechanischen Dichtungen. Ein wichtiger Grund, weshalb viele Anlagenplaner mittlerweile auf wellendichtungslose Spaltrohrmotorpumpen setzen.

Hermetische Spaltrohrmotorpumpen garantieren höchste Sicherheit für Mensch und Umwelt in verschiedenen Produktionsprozessen der chemischen und petrochemischen Industrie sowie in der industriellen Kältetechnik und weiteren Industriezweigen. Gefördert werden im Allgemeinen: aggressive, toxische, explosive, heiße, tiefkalte, übelriechende, leichtflüchtige, feuergefährliche oder krebserregende Stoffe – kurz Fördermedien, die Umwelt- und Gesundheitsgefahren darstellen. Wenn herkömmliche Technologien bei diesen extremen Betriebsparametern an ihre Grenzen stoßen, dann kommen **Spaltrohrmotorpumpen** zum Einsatz, da diese genau für solche Extreme entwickelt wurden.

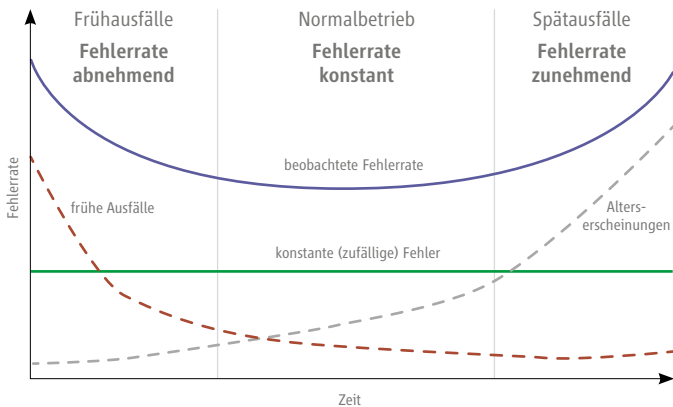
HERMETIC-Pumpen bieten bei hohen Systemdrücken, bei Anwendungen mit einem großen Temperaturspektrum und schwierigsten Fördermedien mit extremem Gefahrenpotenzial absolute Sicherheit.

Die doppelte, hermetische Sicherheitshülle der Spaltrohrmotorpumpen bietet zuverlässigen Schutz gegen ungewollte Leckage der Pumpen. Gleichzeitig fallen bei diesem seit Jahrzehnten bewährten Konstruktionsprinzip Wellendichtungen, konventionelle Wälzlager und Kupplungen ganz weg. Hohe Betriebssicherheit, kaum Verschleiß und damit hohe Mean Time Between Repairs (MTBR) sind das Resultat.



1 | Ausfallgründe bei herkömmlichen Kreiselpumpen

Die Ausfallwahrscheinlichkeit von Spaltrohrmotorpumpen ist somit niedriger, als bei herkömmlichen Kreislaspumpen und lässt sich in drei unterschiedliche Zeitphasen einteilen.



2 | Fehlerraten in drei Zeitphasen



Phase 1: Frühausfälle

Mögliche Fehler bei der Auslegung, Fertigung, Montage oder Inbetriebnahme sind nicht komplett auszuschließen und äußern sich relativ schnell in einem Pumpenausfall, weshalb in dieser Phase die Ausfallwahrscheinlichkeit relativ hoch ist.



Phase 2: Normalbetrieb

In dieser Phase werden wenig Ausfälle beobachtet.



Phase 3: Spätausfälle

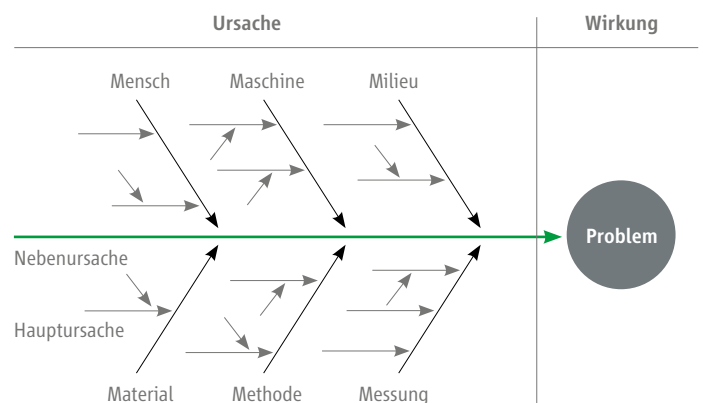
Spaltrohrmotorpumpen sind zuverlässige, wartungsarme Pumpen. Eine Veränderung der Betriebsparameter im Laufe der Zeit oder altersbedingter normaler Verschleiß an den beweglichen Teilen der Pumpe, lassen die Ausfallrate in dieser Phase wieder langsam ansteigen. Die Praxis hat jedoch gezeigt, dass sich circa 95 % der Pumpenausfälle auf veränderte Betriebsparameter zurückführen lassen. Diese Veränderungen finden häufig im Laufe der Jahre in den Anlagen statt, ohne Berücksichtigung, auf welche Spezifikation die Pumpe ursprünglich ausgelegt wurde.

Langjährige Untersuchungen bei verschiedenen Großkunden haben gezeigt, dass Spaltrohrmotorpumpen eine deutlich höhere Zuverlässigkeit im Vergleich zu Pumpen mit doppelwirkender Gleitringdichtung oder mit Magnetantrieb haben. Schäden oder Verschleißerscheinungen an Bauteilen werden häufig erst bemerkt, wenn die daraus resultierenden Folgeschäden bereits zu einem Pumpenausfall geführt haben. Aufgrund der besonderen Konstruktion – Verwendung von nur statischen Dichtungen – tritt eine Leckage an der Pumpe nur in den seltensten Fällen auf.

Um Schäden frühzeitig zu erkennen oder die häufigsten Fehlerquellen in Zukunft zu vermeiden, ist es notwendig, die Zusammenhänge zu kennen und Informationen zur Betriebsweise und Funktion der Pumpe stets im Blick zu behalten.

Häufige Ursachen sind beispielsweise:

- Mitfördern von Feststoffen / Fremdstoffen im Fördermedium
- Werkstoffunbeständigkeit
- Abweichende Stoffeigenschaften des Fördermediums
- Unzulässige Betriebsweise
- Unvorhergesehene Temperaturschwankungen



3 | Ishikawa-Diagramm

Diese beeinflussen unter anderem den Axialschub, können zu einem Druckabfall in den Saugleitungen führen oder haben Trockenlauf zur Folge, welches im schlimmsten Fall zu einem Pumpenausfall und somit zu einem Anlagenstillstand führen kann.

In den folgenden Kapiteln finden Sie **10 wertvolle Tipps** zum technischen Hintergrund der häufigsten Fehlerursachen, ihren Auswirkungen sowie möglichen Lösungsansätzen zur Fehlervermeidung.



TIPP 1

Vermeidung von Fremdstoffen im Fördermedium



TECHNISCHER HINTERGRUND

Bei Instandhaltungs- oder Reparaturarbeiten an der Anlage können Fest- oder Fremdstoffe wie Schrauben, Reinigungsutensilien, von Schweißarbeiten zurückgebliebene Rückstände (Schweißperlen) in die Leitungen der Pumpe gelangen. Es gibt auch Anwendungsbereiche, wie beispielsweise in Raffinerien, in denen sich Feststoffe in Form von Korrosion

nicht vermeiden lassen. Auch „weiche“ Feststoffe, wie z. B. prozessbedingte Katalysatoren (z. B. Aluminiumoxid), können sich in Spalten ablagern und die Funktion der Pumpe beeinträchtigen. Daraus resultierende Probleme sowie mögliche Lösungen für einen reibungslosen Pumpenbetrieb finden Sie in diesem Kapitel.



MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN

Torsionsverdrehung

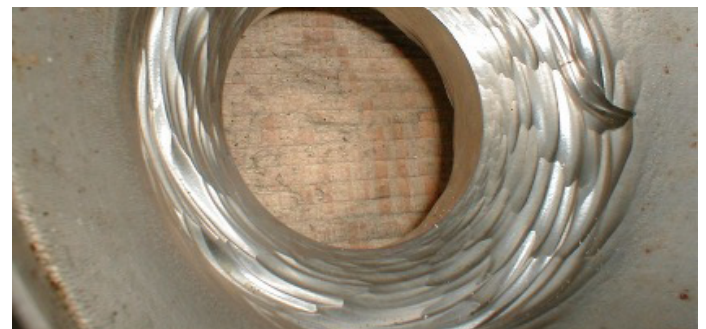
Ungewollt mitgeführte Fremdstoffe können die Laufräder der Pumpe stark zusetzen oder gar schlagartig blockieren. Diese blockierenden Feststoffe verursachen einen starken Anstieg der Antriebsleistung, welcher meist mit einem Anstieg der Temperatur einhergeht. Dies kann im schlimmsten Fall bis zur schraubenförmigen Verdrehung der Motorwelle führen, der sogenannten Torsionsverdrehung.



4 | Schäden an der Motorwelle

Abrasion

Abrasion, auch bekannt als Abschabung, ist eine Form des Verschleißes und wird durch den mechanischen Angriff von Feststoffen im Fördermedium auf die Werkstoffoberfläche der Bauteile der Pumpe verursacht. Häufig gelangen Fremdstoffe als Rückstände bei Reparaturarbeiten an den Rohrleitungen ins Fördermedium. Diese können sich in den Rohrleitungen ablagern oder beim Eintritt in die Saugseite der Pumpe die Materialoberfläche durch Abrieb angreifen.



5 | Abrasion durch Feststoffe am Gehäusedeckel



6 | Schweißperlen



7 | Beschädigte Bohrung

Abrasion in Verbindung mit Korrosion

Ist die oberste Schicht des Werkstoffes erst einmal durch Abrieb beschädigt, finden bei der Verwendung eines chemisch aggressiven Fördermediums ungewollte chemische Reaktionen (Korrosion) statt. Diese können den Verschleiß der Pumpe schneller vorantreiben, da sie den Werkstoff angreifen und mit der Zeit zerstören.



8 | Abrasion am Gehäuse



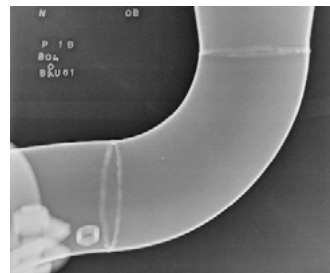
9 | Abrasion am Laufrad



10 | Abrasion am Laufrad

Schäden an den Laufrädern

Bei untypischen Geräuschen oder gar Vibrationen denkt man häufig zuallererst an Kavitation. Jedoch können auch andere Gründe hierfür vorliegen. Beispielsweise kann ein verschmutztes Fördermedium die Laufräder zusetzen oder es kommt zu Polymerisation des Fördermediums, welche lokal aushärtet und ebenfalls ein Zusetzen der Laufräder verursacht. Beides erzeugt untypische Geräusche und Vibrationen in der Pumpe.



11 | Röntgenbild Rohrleitung



12 | Zugesetztes Laufrad



13 | Fremdkörper im Laufrad



14 | Rückstände von Metallspänen

👍 LÖSUNGSMÖGLICHKEITEN

Einbau eines Filters

Um die Lebensdauer der Spaltrohrmotorpumpe zu verlängern, sollte ein Filter eingesetzt werden, der Feststoffe daran hindert, in die Saugseite der Pumpe zu gelangen. Bei den meisten Applikationen wird mit sogenannten Ringfiltern gearbeitet. Selbstreinigende Ringfilter können im Radseitenraum der Pumpe eingebaut werden, um den Motorteilstrom sauber zu halten. In der Saugleitung sind üblicherweise großflächige Konusfilter (V-type) verbaut. Zum Schutz des Gleitlagers und Motors ist bei einigen Spaltrohrmotorpumpen ein interner Ringfilter eingebaut.

Vor der Auswahl eines geeigneten Filters sollten jedoch unbedingt die Informationen über die Zusammensetzung der möglicherweise mitgeführten Feststoffe, wie beispielsweise allgemeine Eigenschaften, chemische Reaktionen, Festigkeit, Korngröße und Menge, vorliegen. Denn je nach Anwendungs-

bereich können unterschiedliche Filter zum Einsatz kommen. Bei neuen Anlagen werden häufig bei der Erstinbetriebnahme Anfahrfilter verwendet. Bei stärkerer Verunreinigung kommen beispielsweise Aufsatzfilter auf dem Druckstutzen zur Filterung des Teilstromes zum Einsatz.

Beachten Sie bei der Erstinbetriebnahme unsere Betriebsanleitung mit den [Anfahrhinweisen](#). Beim Einsatz eines Filters ist auch zu berücksichtigen, dass dies zu einer verschlechtertem NPSH der Anlage (NPSHa) führen kann. Dies sollte unbedingt bei der Auslegung der Anlage und Pumpe berücksichtigt werden, um nicht Gefahr zu laufen, dass die Pumpe zum Schutz vor Feststoffen mit einem Filter ausgestattet wird, dann aber wegen Kavitation infolge eines verschlechterten NPSHa Schäden erleidet.

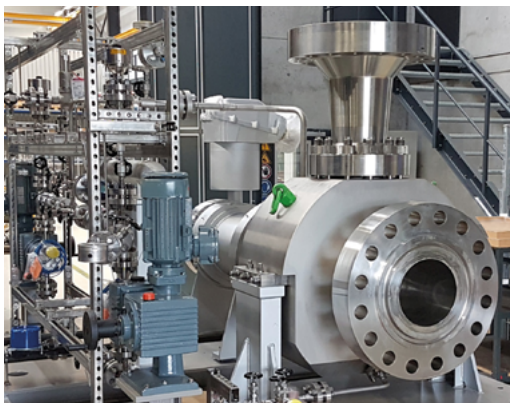


Empfehlung: Bei Neuanlagen sollte in der Zulaufleitung zu jeder Pumpe ein Anfahrfilter mit einer zusätzlichen temporären Feinsiebauflage aus VA Drahtgewebe mit einer Maschenweite von 0,5 mm installiert werden. Der offene Querschnitt vom Filter sollte dem 1,5- bis 2-fachen der Nennweite des Pumpeneinlasses entsprechen. Ein sogenannter V-Filter mit einer Differenzdrucküberwachung wird empfohlen.

Um ein Zusetzen des Filters zu vermeiden, sollte der Filter idealerweise Differenzdruck überwacht werden. Zum Einsatz kommt die Differenzdruckmessung. Hierbei werden vor und nach dem Filter anlagenseitig jeweils Messstellen gesetzt, um eine Steigung des Differenzdruckes frühzeitig zu erkennen. Wenn es keine größeren Druckabweichungen gibt, dann ist der Filter sauber und das Fördermedium kann problemlos durchfließen. Wenn die Druckdifferenz unverhältnismäßig hoch ist, ist dies in der Regel ein Anzeichen für einen verstopften Filter.

Einbau eines Magnetabscheiders

Ein Magnetabscheider ist eine zusätzliche Vorrichtung, die einen leistungsstarken Magneten verwendet, um Verunreinigungen und magnetische, metallische Partikel wie beispielsweise feine magnetisierbare Schwebeteile, Späne oder Schweißperlen aus dem Fördermedium zu entfernen. Diese Vorrichtung kann so eingestellt werden, dass verschiedene Arten von magnetischen Materialien mit unterschiedlicher Intensität angezogen werden. Der Magnetabscheider wird im Anlagensystem installiert.



15 | CNK+D

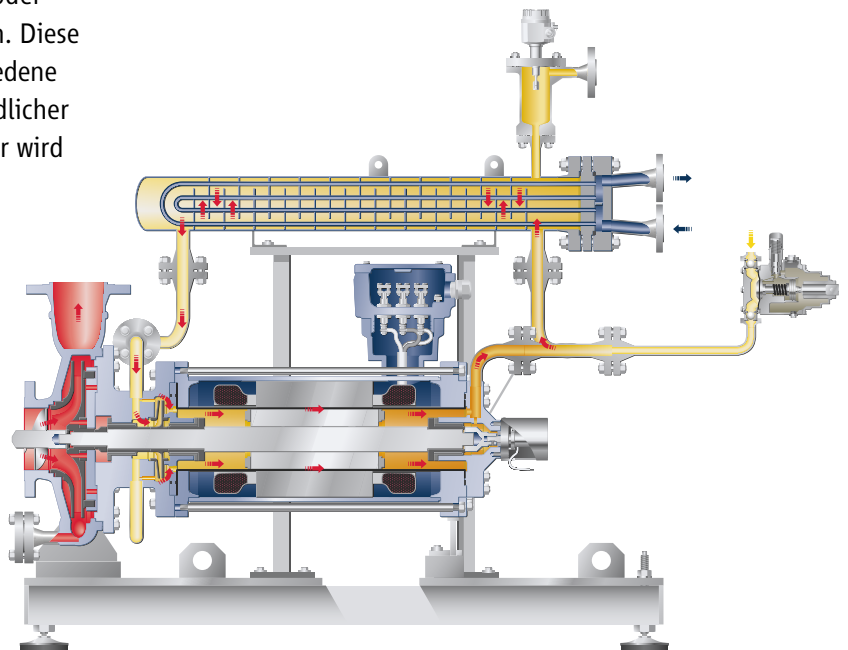


Behalten Sie den Filter im Blick!

Wenn der Filter nicht Differenzdruck überwacht wird, sollte der Filter regelmäßig überprüft werden, damit dieser sich nicht zusetzt. Dies kann zu Axialschub oder Kavitation führen.

Einsatz eines sekundären Teilstromes

Bei speziellen Anwendungsgebieten gibt es die Möglichkeit, die Hydraulik konstruktiv vom Motor zu trennen. In diesem Fall wird ein zweites „sauberes“ Medium mit Hilfe einer Kolben- oder Membran-Dosierpumpe oder auch durch ein zentrales Spülsystem eindosiert, um den Motorteilstrom frei von Feststoffen zu halten. So wird verhindert, dass Feststoffe in den Motorraum gelangen und diesen beschädigen. Der „saubere“ Spülflüssigkeitsstrom ist gering und bewegt sich je nach Motorgröße zwischen 2 und 10 l/h. Das Arbeiten mit Fremdeindosierung und einem sekundären Teilstrom kommt unter anderem bei der Spaltrohrmotorpumpe des Typen CNK+D zum Einsatz.



16 | Schnittmodell CNK+D



TIPP 2

Geeignete Werkstoffauswahl bei der Pumpenauslegung



TECHNISCHER HINTERGRUND

Die Auswahl des geeigneten Werkstoffes hängt von vielen Faktoren ab. HERMETIC verwendet bei der Konstruktion von Spaltrohrmotorpumpen alle gängigen Sonderwerkstoffe, die den meisten Chemikalien standhalten. Darüber hinaus sind bei der Werkstoffauswahl für bestimmte Pumpenbauteile neben einer umfassenden Erfahrung mit verschiedenen Pumpenanwendungen und Stoffeigenschaften des Fördermediums, auch Kenntnisse über verschiedene Belastungsarten notwendig. Dazu zählen statische, dynamische, mechanische und thermische Belastungen.

Zudem sollte Erfahrung im Umgang mit aggressiven Fördermedien und den dadurch ausgelösten Schäden vorhanden sein. Allgemeine Tabellen, wie beispielsweise Beständigkeits tabellen, in denen häufig verwendete Werkstoffe nach ihrer Beständigkeit gegen Korrosion in flüssigen Fördermedien aufgelistet sind, bieten hier eine Hilfestellung. Denn letztendlich kann bereits die Auswahl des richtigen Werkstoffes Korrosion und Verschleißerscheinungen bei den Pumpenbauteilen vermindern.



MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN

Eine häufige Folge bei der falschen Werkstoffauswahl ist Korrosion – der Angriff beziehungsweise die vollständige Zerstörung des Werkstoffes einzelner Pumpenbauteile durch chemische oder elektrochemische Reaktionen mit den Wirkstoffen der Umgebung. Eine fehlende Kenntnis über das Fördermedium oder fehlende Kenntnisse über die Reaktion bei der Mischung verschiedener Stoffe können zur falschen Werkstoffauswahl führen. Korrosion ist ein schleichender, oft unbemerkter Prozess über mehrere Jahre. Dieser kann unbemerkt in Gang gesetzt werden, wenn im Laufe der Jahre Änderungen einzelner Förderparameter vorgenommen werden.

Korrosion am Laufrad

Bei Korrosion verändert sich die Oberflächenbeschaffenheit des Laufradmateri als. In Folge dessen erbringt die Pumpe nicht mehr die gewünschte Förderleistung. Häufig tritt Korrosion am Laufrad bei Stahlgussvarianten auf. Wenn bei der Auslegung die Zusammensetzung der chemischen Bestandteile des Fördermediums bekannt ist, beispielsweise bei Zusammensetzungen mit Wasser, wird beim Werkstoff des Laufrades häufig Edelstahl gewählt, um Korrosion vorzubeugen.



17 | Laufrad (Saugseite)



18 | Laufrad (Rückseite)

Korrosion am Rotor

HERMETIC verwendet bei der Konstruktion der Pumpe Werkstoffe, die den meisten Chemikalien standhalten. Wenn aber bei Reparaturschweißungen ein abweichender, nicht spezifizierter Zusatzwerkstoff verwendet wird, kann die Schweißnaht womöglich sensibel auf das Fördermedium reagieren. Dadurch entstehende, unerwünschte chemische Reaktionen können über Jahre hinweg zu Korrosion am Rotor führen. Außerdem sollte beim Schweißen auf einen geringen Wärmeeintrag geachtet werden, da es ansonsten zusätzlich zu starken Gefügeveränderungen kommen kann. Da es beim Schweißverfahren eine Reihe von dringend zu beachtenden Fertigungsschritten gibt, wird der Einsatz von neuen kompletten Pumpenwellen empfohlen.



19 | Korrosionsangriff an der Schweißnaht einer Rotorummantelung



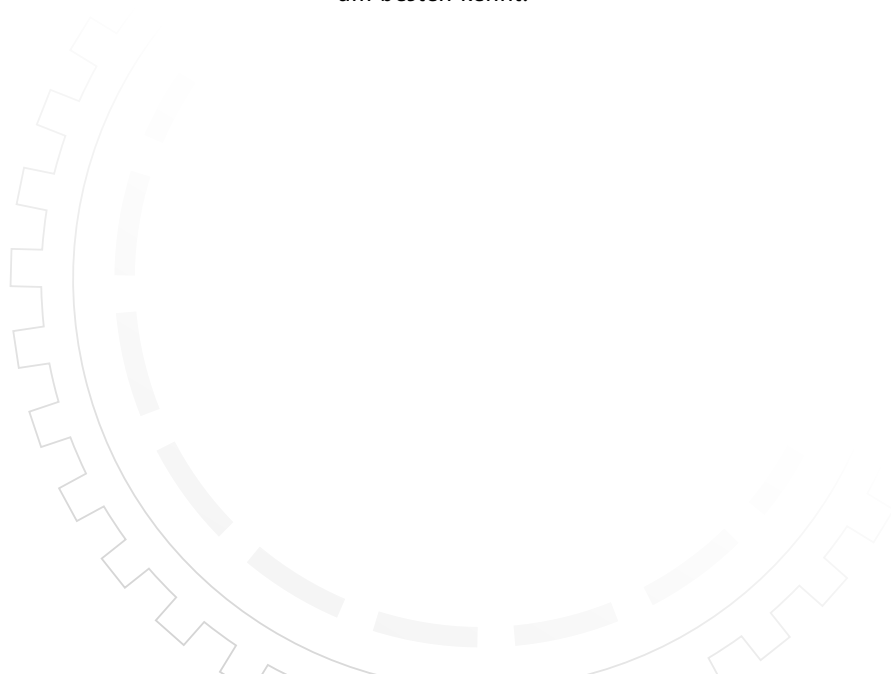
Unter Angabe der Seriennummer der Spaltrohrmotorpumpe kann Ihnen HERMETIC anhand der Projektdokumentation [Auskunft über die verwendeten Werkstoffe](#) geben. So vermeiden Sie bei der Reparatur unbeabsichtigte Folgeschäden. Aus diesem Grund empfehlen wir auch im Falle von Ersatzteilen nur Originalersatzteile zu verwenden.

Kontakt: spare-parts@hermetic-pumpen.com

LÖSUNGSMÖGLICHKEITEN

Allgemeine Tabellen, wie beispielsweise Beständigkeits Tabellen, in denen Werkstoffe nach ihrer Beständigkeit gegen Korrosion mit flüssigen Fördermedien aufgelistet sind, bieten eine Hilfestellung, um den richtigen Werkstoff für die eigene Anwendung zu wählen.

Letzten Endes lässt sich die Fragestellung, welche Werkstoffauswahl für die bevorstehende Belastungsart die richtige ist, nur durch langjährige Erfahrung bei vielseitigen Pumpenverwendungsgebieten beantworten. Vorgeschlagene Werkstoffe seitens des Pumpenherstellers müssen immer durch den Auftraggeber überprüft und freigegeben werden, da dieser die genauen Stoffeigenschaften seines Fördermediums am besten kennt.





TIPP 3

Einhaltung der spezifizierten Stoffeigenschaften des Fördermediums



TECHNISCHER HINTERGRUND

Anlagenplanern stehen eine Vielzahl an Pumpen-Technologien für die unterschiedlichsten Branchen und Verwendungszwecke zur Verfügung, welche sich in ihren Funktionsweisen unterscheiden. Einer der wichtigsten Faktoren beim Auslegen einer Pumpe ist das Fördermedium und dessen Spezifikation. Von den Hauptstoffeigenschaften des Fördermediums hängt ab, welche Pumpe für die geplante Förderaufgabe am besten geeignet ist, welches Material gewählt werden muss und welche baulichen Lösungen seitens der Pumpenhersteller erarbeitet werden sollten, um eine größtmögliche Sicherheit und Verlässlichkeit der Pumpe sicherzustellen.

Die im folgenden genannten Stoffdaten müssen immer zusammen betrachtet werden, da diese in einer Abhängigkeit zueinanderstehen. Diese Stoffdaten sollten sorgfältig angegeben werden. Reale Stoffwerte, die von den spezifizierten Stoffdaten des Fördermediums abweichen, wirken sich stark auf den Betrieb der Pumpe aus.

Betriebstemperatur

Die Betriebstemperatur ist ein elementarer Bestandteil der Kenndaten, da diese darüber entscheidet, welche Bauteilmaterialien und welche Dichtungen eingesetzt werden können. Um eine korrekte Pumpe auswählen zu können, sollte bzgl. der Temperatur des Mediums, der Stockpunkt bekannt sein, um eine Aussage treffen zu können, ob die Pumpe beheizt werden muss.

Dampfdruck

In der Kreiselpumpentechnik wird als Dampfdruck der Druck bezeichnet, bei dem ein Gleichgewicht zwischen den Aggregatsphasen dampfförmig und flüssig vorherrscht. Zur Vermeidung einer Druckabsenkung beziehungsweise Vergasung sollte der interne Haltedruck der Pumpe immer höher als der Dampfdruck sein.

Dichte

Die Dichte beschreibt das Verhältnis der Masse m eines Körpers zu seinem Volumen. Bei Flüssigkeiten ändert sich die Dichte bei konstantem atmosphärischem Druck in Abhängigkeit von der Temperatur.

Gefahrenstufe der Flüssigkeit

Um die Gefahrenstufe der Flüssigkeit einordnen zu können, ist die Beantwortung diverser Fragen wie unter anderem, ob eine Gefahr für den Betreiber (Personal) besteht und wie hoch diese einzuschätzen ist, erforderlich. Denn die gewählte Pumpentechnologie stellt einen wesentlichen Faktor bei der Gefahrenminimierung dar.

Spez. Wärmekapazität

Die Wärmekapazität ist eine Stoffeigenschaft der Thermodynamik. Sie bemisst die Fähigkeit eines Stoffes, thermische Energie zu speichern. Die thermische Energie ist ein wichtiger Faktor für die Auslegungsmenge des Motorkühlstromes, so dass es durch die Verlustwärme des Motors nicht zu einer hohen Erwärmung kommt. Hierzu erfolgt eine Wärmebilanzrechnung.

Viskosität

Viskosität ist ein anderer Begriff für die Dickflüssigkeit des Fördermediums. Mit steigender Temperatur werden fast alle Flüssigkeiten dünnflüssiger. Demnach nimmt die Viskosität ab.

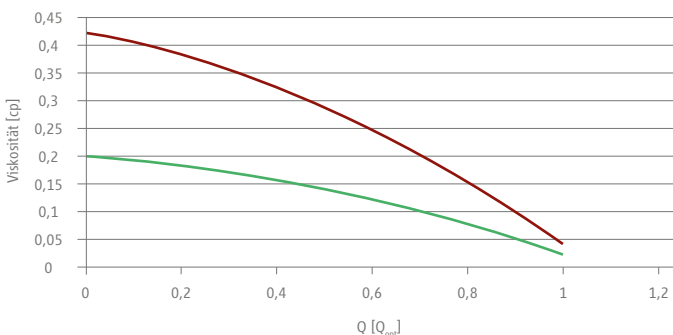
MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN

Verringerung der Lagertragfähigkeit

Eine zu geringe Viskosität im laufenden Betrieb kann der Pumpe längerfristigen Schaden zufügen oder bis zum Pumpenausfall führen. So führt eine deutlich unter den spezifizierten Stoffdaten liegende Viskosität zu einer Verringerung der Lagertragfähigkeit. Um eine ausreichende Lagertragfähigkeit zu gewährleisten, muss eine Mindest-Viskosität erreicht werden. Durch Vergrößerung des Lagerdurchmessers bei der Auslegung kann auch bei geringer Viskosität eine ausreichende Tragfähigkeit erreicht werden.

Leistungsabfall der Pumpe

Erhöht sich die Viskosität des Fördermediums, verändert sich stets die Leistungskurve der Pumpe mit. Während sich der Durchfluss verringert und die ursprünglich benötigte Förderhöhe oft nicht mehr erreicht wird, steigt zugleich der Leistungsbedarf der Pumpe und die Performance nimmt ab.

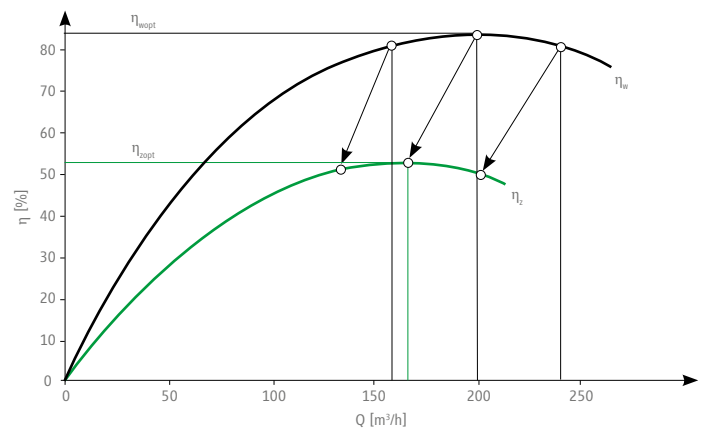
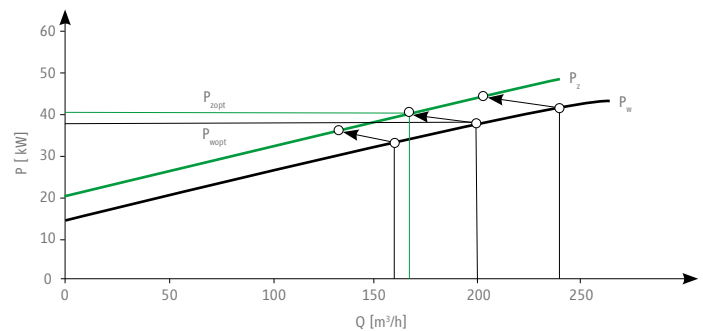
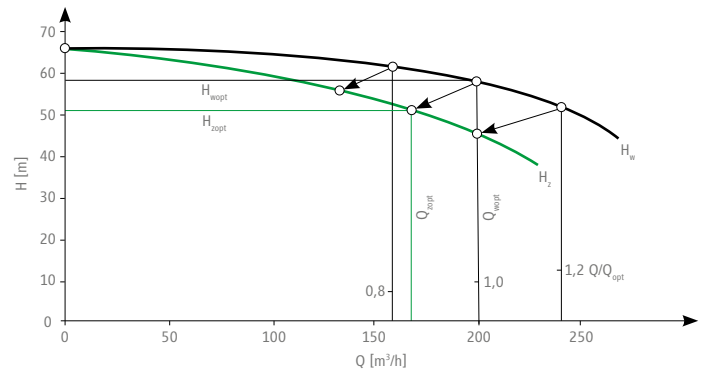


20 | Mindest-Viskosität

Spaltrohrmotorpumpen von HERMETIC sind standardmäßig für **niederviskose Flüssigkeiten** ausgelegt. Mit entsprechenden Maßnahmen wie beispielsweise Axialschubumkehr oder einer Anpassung der Steuerung können die Pumpen auch für **höhere Viskositäten** ausgelegt werden.



Die nachfolgenden Grafiken zeigen den Einfluss einer veränderten Viskosität auf die Performance der Pumpe. Die schwarze Linie steht für den normalen Wert der Viskosität, so wie sie sein sollte, und die grüne Linie zeigt den Verlauf bei höherer Viskosität.



21 | Abhängigkeit der Performance der Pumpe von der Viskosität

Überlastung des Motors

Wenn die Dichte oder Viskosität im laufenden Betrieb zu hoch ist, wird die Pumpe fehlerhaft betrieben. Dies kann zur Überlastung des Motors führen. Hieraus kann der Ausfall über den Motornennstrom oder auch ein Wicklungsschaden resultieren. Bei Flüssigkeiten im Siedezustand kann durch die hohe Verlustwärme des Motors der Motorteilstrom auch ausgasen und zu einem Trockenlauf führen.

Für die Wärmebilanz und das Zusammenspiel von Spaltrohrmotor und Fördermedium gibt es eine mathematische Formel, die bei der Auslegung unbedingt betrachtet werden sollte.

Die Formel besagt, dass die Erwärmung des Motorkühlstromes von folgenden Werten abhängig ist: Förderhöhe, Spez. Wärmekapazität, der Dichte, den Wirkungsgraden von Motor und Pumpe sowie Mischverhältnis von Gesamtförderstrom und Motorteilstrom. Es handelt sich hierbei um eine mathematische Beschreibung der Erwärmung des Motorteilstroms in Bezug auf die Pumpensaugseite. Bei kleinen Fördermengen nehmen diese Erwärmungen stark zu und es besteht die Gefahr des Verdampfens des Teilstromes. Um ein Verdampfen des Teilstromes zu verhindern, muss eine Spaltrohrmotorpumpe daher stets mit einem gewissen Mindestförderstrom Q_{\min} betrieben werden.

LÖSUNGSMÖGLICHKEITEN

Experten-Tool – Die einfache Selektion der Pumpe

Verschiedenste Pumpenhersteller bieten mittlerweile Tools zur digitalen Pumpenkonfiguration an, um möglichst zielgerichtet die Auswahl der passenden Pumpe für den eigenen Anwendungsbereich zu vereinfachen. Speziell für die Auslegung von Spaltrohrmotorpumpen in der Chemie, Petrochemie und Kältetechnik bietet das sogenannte „Experten-Tool“ von HERMETIC gute Unterstützung. Es erlaubt mit wenigen Klicks innerhalb weniger Sekunden die passende Pumpe für die geplante Anwendung auszuwählen.

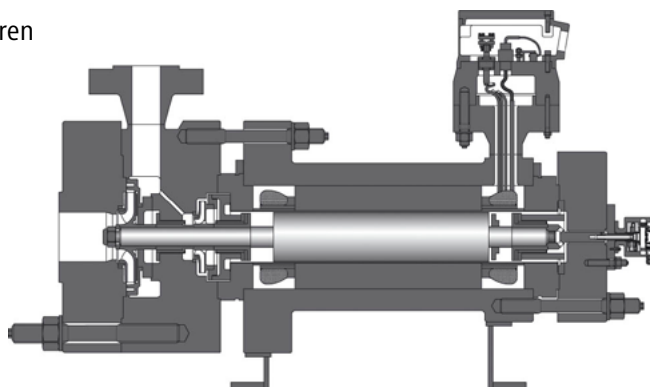
Das Anwendungsraster ist ausgerichtet nach den Einsatzbereichen von standardisierten Pumpen aus der Chemie, Petrochemie und Kältetechnik.

Einfach und schnell lässt sich die Pumpe basierend auf den spezifizierten Betriebsdaten der Anlage selektieren. Eine sorgfältige Eingabe der Betriebsparameter wie Durchfluss, Förderhöhe und Temperatur; Anlagenwerte wie Betriebsspannung, Frequenz und Systemdruck sowie Angaben zum Fördermedium wie Dampfdruck, Dichte und Viskosität ermöglichen, die Pumpenauslegung in Echtzeit zu simulieren und die getroffene Auswahl mit alternativen Pumpen zu vergleichen.

Kennen Sie schon das „**Experten-Tool**“ von HERMETIC? Mit dem digitalen Pumpenkonfigurator wählen Sie Ihre nächste Spaltrohrmotorpumpe für die Anwendung im Bereich Chemie oder Kältetechnik in weniger als 2 Minuten aus! Die Tutorials zeigen Ihnen, wie es funktioniert.

Lösung für hohe Systemdrücke

Die Hauptschwäche von Pumpen mit Dichtungen ist, dass diese Dichtungen hohen Systemdrücken oft nicht standhalten können und zur Leckage neigen. Deswegen setzt HERMETIC auf eine dichtungslose Pumpentechnologie. Bei dichtungslosen Spaltrohrmotorpumpen wird die Wandstärke der Pumpe auf die vom Kunden geforderte Druckstufe ausgelegt. So muss nur das statische Gehäuse dem Druck standhalten, eine aufwendige Entwicklung von Dichtungen und das damit verbundene Gefahrenpotenzial entfallen. Es können Druckstufen bis zu 1200 MPa standgehalten werden.

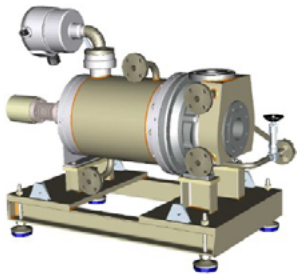


Lösungen für Flüssigkeiten mit niedrigem Stockpunkt

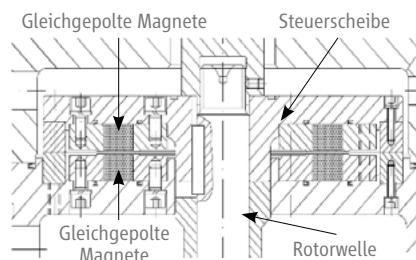
Bei Förderflüssigkeiten mit einer variablen Viskosität oder einem niedrigen Stockpunkt werden Pumpe und Motor mit einem sogenannten Heizmantel ausgestattet. So wird die benötigte Temperatur aufrechterhalten, um das Fördermedium im pumpfähigen Zustand zu halten und eine ungewollte Stockung oder gar Kristallisierung des Mediums zu vermeiden.

Lösungen für Flüssigkeiten mit zu niedriger Viskosität

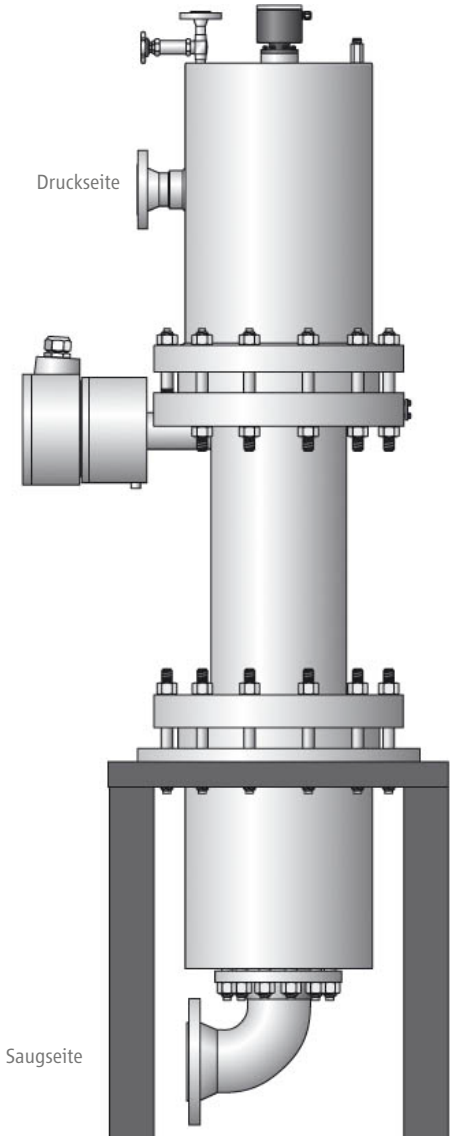
Bei Spaltrohrmotorpumpen von HERMETIC, die mit hydrodynamischen Gleitlagern arbeiten, ist die Lagertragfähigkeit direkt von der Viskosität der Flüssigkeit abhängig. Ist die Viskosität zu niedrig, kommt es zu einem Teilabriss des Schmierfilms und somit zu Mischreibung. Hält dieser Zustand dauerhaft an, kann dies zu einer Beschädigung der Gleitlager führen. Um diesem Zustand vorzubeugen, lassen sich die Gleitlager anhand einer Lagertragfähigkeitsberechnung entsprechend dimensionieren. Falls sich herausstellt, dass die Viskosität zu niedrig ist, um eine ausreichende Lagertragfähigkeit zu gewährleisten, ist es notwendig, die Pumpe in vertikaler Position anzuordnen. In diesem Fall haben die Gleitlager keine radial gerichtete Tragfunktion, sondern nur eine sogenannte Führungsfunktion. Das Rotorgewicht wird bei Stillstand von einem Magnettraglager getragen. Der Vorteil beim Einsatz eines solchen Axialstützlagers ist die Reduzierung der Axialbelastung bei Start und Stopp der Pumpe.



23 | Heizmantel



24 | Vertikal aufgestellte Pumpentyp CAMTV



Kein Kontakt, kein Verschleiß, keine Sorgen mit dem Magnettraglager von HERMETIC

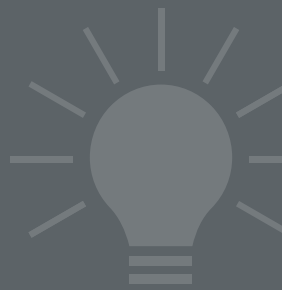
Das Magnettraglager ist Teil der HERMETIC ZART® Technologie (Zero Axial and Radial Thrust), die einen berührungs- und verschleißfreien Lauf der Pumpe gewährleistet.

Das Magnettraglager wurde speziell für vertikale Spaltrohrmotorpumpen entwickelt und hat sich in Hunderten von Installationen weltweit bewiesen, beispielsweise beim Einsatz von Ethylen, Propan und zahlreichen überkritischen Fluiden.

Auch bei extremen Betriebsparametern wie:

- wechselnder Betriebsweise mit häufigem Start-Stopp-Betrieb
- geringer Viskositäten zum Beispiel bei Kohlenwasserstoffen
- temporärer Gasmitförderung
- Unabhängigkeit bei Frequenzregelung

sorgt das Magnettraglager für einen störungs- und verschleißfreien Betrieb.





TIPP 4

Einhaltung der spezifizierten Fördermenge



TECHNISCHER HINTERGRUND

Ähnlich wie die Angaben zu den Stoffeigenschaften des Fördermediums sollten bei der Pumpenauslegung auch die Angaben zur Fördermenge sorgfältig gemacht werden. Denn weichen die spezifizierten Daten von den realen Betriebsparametern ab, beeinträchtigt dies den Pumpenbetrieb. Der Mindest-Förderstrom Q_{\min} und der maximale Förderstrom Q_{\max} sind hierbei zwei sehr wichtige Werte. Sie bezeichnen jeweils den kleinsten und größten zulässigen Förderstrom, welchen

die Pumpe dauerhaft nach ausgelegter Drehzahl und Förderflüssigkeit fördern kann, ohne Schaden zu nehmen. Fällt die Menge unter Q_{\min} , wird die Pumpe mit einer Unterlast betrieben. Steigt die Menge über Q_{\max} , arbeitet die Pumpe mit einer Überlastung. Mögliche Auswirkungen hiervon und wie sich diese vermeiden lassen, werden in diesem Kapitel detailliert erläutert.



MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN

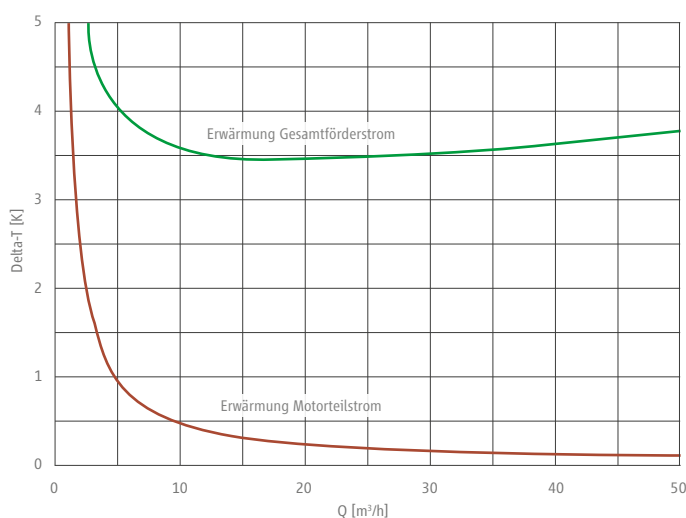
Verdampfen des Motorteilstromes

Wird eine zu niedrige Stromaufnahme an der Spaltrohrmotorpumpe festgestellt, könnte dies ein Indiz dafür sein, dass die Pumpe unterhalb der ausgelegten Mindestfördermenge Q_{\min} betrieben wird. Dies führt zur Erwärmung des Motorteilstromes und folglich zu einer Gesamterwärmung des Motors in Abhängigkeit vom Förderstrom. Dies wirkt sich

bei kleinen Fördermengen vergleichsweise stärker aus. Um ein Verdampfen des Motorteilstromes und den daraus resultierenden möglichen Trockenlauf zu verhindern, sollte die Pumpe stets mit dem vordefinierten Mindestförderstrom betrieben werden.

Überlastung des Motors

Wenn die bei der Pumpenauslegung spezifizizierte Fördermenge im laufenden Betrieb deutlich höher ist und Q_{\max} überschreitet, wird die Pumpe im falschen Bereich betrieben. Dadurch muss eine höhere Leistung zum Transport des Fördermediums abgerufen werden, was zur Motorüberlastung führt. Hierbei wird die Verlustwärme des Motors so hoch, dass aus der daraus resultierenden Temperaturerhöhung Störungen auftreten können.



25 | Abhängigkeit von Temperaturänderung zu Erwärmung von Gesamtstrom und Motorteilstrom



LÖSUNGSMÖGLICHKEITEN

Bypass und / oder Freilaufückschlagventil

Für einen störungsfreien Betrieb der Pumpe empfiehlt sich der Einbau von Regelorganen. Beim Stillstand der Pumpe dient der Bypass auch als Entgasungsleitung. Im laufenden Betrieb hingegen hilft der Bypass in Verbindung mit einer geeignet dimensionierten Q_{\min} -Blende den Mindestförderstrom einzuhalten. Die Q_{\min} -Blende sollte dabei immer am Ende der Q_{\min} -Leitung zum Behälter hin angebracht werden und in die Gasphase des Vorlaufbehälters führen. Bei größeren Mindest-Förderströmen kann anstelle einer Q_{\min} -Blende auch ein Freilaufückschlagventil eingesetzt werden. Durch gezieltes Öffnen und Schließen des Ventils wird der Förderstrom in der Druckleitung reguliert. Für die maximale Fördermenge bieten sich vier Alternativen an: eine berechnete Q_{\max} -Blende, ein Mengenbegrenzungsventil (MBV), ein Δp -Pressostat (PdS) oder ein Venturi-Rohr.

Zusätzlich kann noch über den Motor mit einem elektronischen Wirkleistungsmesser abgesichert werden. Die Q_{\max} -Blende (Lochblende) wird in der Druckleitung verbaut. Sie sichert den Förderstrom bei der Erstbefüllung der Anlage oder beim gleichzeitigen Öffnen von mehreren Verbrauchern ab. Vorteil der Q_{\max} -Blende ist die einfache und kostengünstige Bauweise. Nachteil ist der starke Drosseleffekt und die dadurch früh abfallende Kennlinie (Q-H).



Bei Flüssiggasförderung ist es wichtig den Maximalförderstrom durch eine Q_{\max} -Blende oder ein Mengenbegrenzungsventil zu begrenzen.

Wir sind für Sie da!

Gängige Pumpengrößen auf Lager und schnell verfügbar*

24 Stunden Service Hotline für Notfälle:
+49 761 5830-401



*bei Kältemittelpumpen

TIPP 5

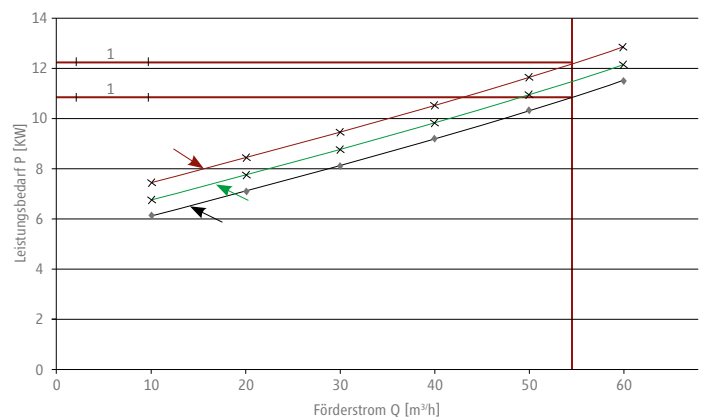
Vermeidung von Temperaturerhöhungen



TECHNISCHER HINTERGRUND

Plötzlich auftretende Temperaturerhöhungen in der Motorwicklung einer Spaltrohrmotorpumpe können unterschiedliche Ursachen haben und sind nicht ganz ungefährlich. Gerade bei Anwendungen mit kritischen Fördermedien ist die Stabilität der Temperatur ein wichtiges Thema, welches nicht außer Acht gelassen werden darf. Wie in [Tipp 3](#) und [Tipp 4](#) beschrieben, sollten bei der Pumpenauslegung die chemischen und physikalischen Reaktionen des Fördermediums wie Änderungen von Dampfdruck, Dichte und Viskosität durch Temperaturerhöhungen berücksichtigt werden. Auf solche Reaktionen sollte auch die Konstruktion der Spaltrohrmotorpumpe – insbesondere die Leitungen – abgestimmt sein.

Denn auch ein daraus resultierender mechanischer Verschleiß an einzelnen Pumpenbauteilen kann zur Temperaturerhöhung führen, weil die dadurch entstehende Reibung deutlich mehr Energie benötigt.



26 | Leistungsbedarf bei unterschiedlichen Viskositäten

Auch eine fehlerhaft angebrachte Pumpenisolierung kann zu einer ungewollten Temperaturerhöhung führen, da die Motorwärme nicht mehr ausreichend abgeführt werden kann.

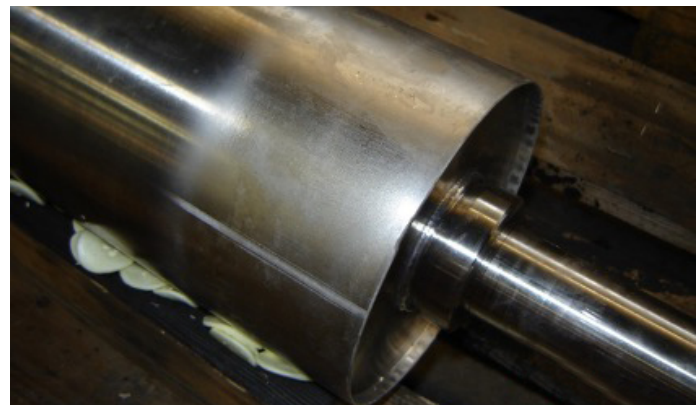
Speziell bei Pumpen mit Wärmetauschern können Verunreinigungen im Kühler oder eine zu geringe Kühlflüssigkeitsmenge ebenfalls einen Anstieg der Temperatur verursachen.



MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN

Korrosion am Spaltrohr

Eine ungewollte Veränderung beziehungsweise Erhöhung der Temperatur des Fördermediums kann in seltenen Fällen am Spaltrohr chemische Reaktionen hervorrufen. Ab einer bestimmten Temperaturgrenze kann die chemische Beständigkeit des gewählten Werkstoffes gegenüber dem Fördermedium nachlassen und zu Korrosion führen. Bei der Pumpenauslegung sollten daher die Stoffeigenschaften des Fördermediums sowie die zu fördernden Temperaturen bekannt sein.



27 | Korrosionsangriff am Rotormantel infolge von Temperaturerwärmung

Verlustwärme

Bei der Auslegung einer Spaltrohrmotorpumpe ist die richtige Wahl des Motors ein sehr wichtiger Punkt. Eine Unterdimensionierung kann aufgrund der Überlastung des Motors zu einer zu hohen Verlustwärme führen, welche sich auf die Eigenschaften des Fördermediums auswirken kann.

Verspannungen

Bei Heißenwendungen können Temperaturveränderungen zu Materialausdehnungen führen. Rohrleitungen können sich dadurch verspannen.

Auch ein zu schnelles Aufheizen oder Abkühlen bei der Inbetriebnahme kann zu Verspannungen einzelner Pumpenbauteile führen. Denn kleinere Pumpenbauteile nehmen



Speziell bei Heißenwendungen sollte zudem darauf geachtet werden, dass die rot markierte **Motorfußschraube** gelöst ist, um eine Längenausdehnung der Pumpe zu ermöglichen und ungewollten Verspannungen vorzubeugen.

die Temperatur schneller auf als größere Gehäuseteile, die aufgrund ihrer Masse deutlich mehr Zeit benötigen. Auftretende Verspannungen werden häufig durch Vibration und untypische Betriebsgeräusche begleitet.

👍 LÖSUNGSMÖGLICHKEITEN

Pt100-Temperaturfühler

Um eine unkontrollierte Überhitzung des Motors durch eine ungeeignete Motorwahl zu vermeiden, sollte Folgendes beachtet werden: Als Schutz vor Überhitzung der Motorwicklung sind bei den Pumpen von HERMETIC serienmäßig ein Kaltleiter oder ein sogenannter Pt100-Temperaturfühler eingebaut, welcher die Temperatur in der Wicklung dauerhaft überwacht.

Externer Kühlkreislauf, Konvektionskühlung oder Rohrbündelkühler

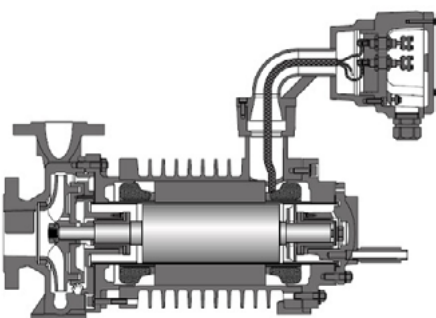
Des Weiteren gibt es die Möglichkeit den Motor durch einen externen Konvektionskühler oder Luftkühler dauerhaft auf der gewünschten Temperatur zu halten. Der HERMETIC Standard sieht folgende Möglichkeiten zur Kühlung des Motors vor: Rippen zur Konvektionskühlung sowie ein räumlich versetzter Anschlusskasten. Ergänzt wird der Standard durch den Einsatz eines Rohrbündelkühlers oder Plattenwärmetauschers.



29 | Konvektionskühler



30 | Luftkühler



28 | Rippen zur Konvektionskühlung

Insbesondere bei Heianwendungen ist zu beachten, dass sich die Materialien bei Temperaturänderungen ausdehnen können. Bei solchen Anwendungen ist darauf zu achten, dass die **Rohrleitungen dehnungsgerecht verlegt** sind. Die Rohrleitungen sollten federnd aufgehängt oder es sollten zusätzliche Kompensatoren verbaut werden.



Wärmetauscher

Eine weitere Lösung für Applikationen mit hohen Fördermedium-Temperaturen ist die Verwendung eines Wärmetauschers, welcher den Motor dauerhaft zwangs-kühlt. Die Spaltrohrmotorpumpen der Baureihen CNK, CNPK und CAMK von HERMETIC sind speziell für die Verwendung bei Flssigkeitstemperaturen bis zu 450 °C ausgelegt und verfügen standardmäßig über einen Wärmetauscher.

Richtige Werkstoffauswahl

Bei der Pumpenauslegung sollten Reaktionen mit dem Werkstoff in Folge von Temperaturberschreitungen bekannt und genauestens abgewogen sein. Ab einer gewissen Temperaturüberschreitung kann die Beständigkeit gegenüber chemischen Fördermedien abnehmen und zur Korrosion am Material führen. Um dies zu vermeiden, sollte der Pumpenhersteller bei der Auslegung immer über geplante Temperaturänderungen informiert sein.

Korrekte Isolierung

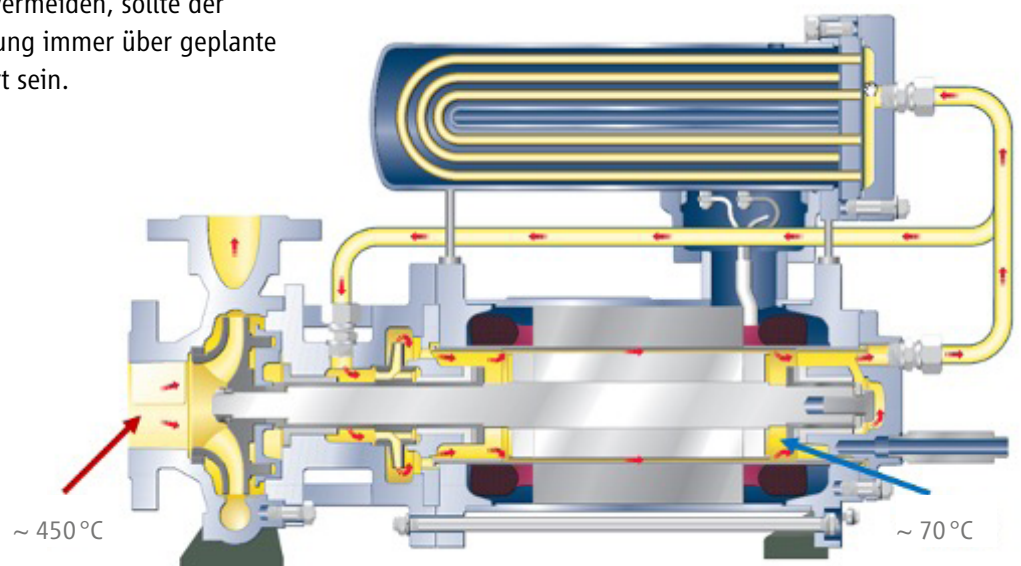
Bei der Isolierung einer Pumpe können schnell unbeabsichtigte Fehler gemacht werden, welche dazu führen, dass der Motor überhitzt, da die Hitze sich in der Pumpe staut und nicht mehr über das Material abgeführt werden kann.

Um dies zu vermeiden sollten folgende Hinweise beachtet werden.

- Bei Heimotorvarianten mit Kühlrippen dürfen die Kühlrippen auf gar keinen Fall isoliert werden.
- Klemmenkasten und Klemmkastenhlse sollten immer von der Isolierung ausgeschlossen sein.
- Die Wärmeisolierung sollte immer ordnungsgemäß nach den Angaben des Herstellers montiert werden.
- Der Motor sollte immer nur nach Absprache mit dem Pumpenhersteller isoliert werden.

Langsames Aufwärmen und Abkühlen

Um Verspannungen zu vermeiden, wird bei der Inbetriebnahme ein langsames Aufwärmen und Abkühlen bei einer Temperaturänderung von maximal 5 Kelvin pro Minute empfohlen.



31 | Spaltrohrmotorpumpe mit Rohrbündelkühler



TIPP 6

Vermeidung von Druckabfall in der Saugleitung



TECHNISCHER HINTERGRUND

Um den bestimmungsgemäßen Betrieb von Spaltrohrmotorpumpen zu garantieren, ist es zwingend erforderlich, einen Druckabfall in der Saugleitung zu vermeiden. Ursachen können sein, ein zugesetzter Filter, NPSHa-Wert fällt unter NPSHr-Wert, Abweichungen in der Strömungsgeschwindigkeit, Auslegung von Rohrleitungen und Ventilen.



MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN

Reduzierung des NPSH-Wertes und die Gefahr von Kavitationsbetrieb

Die Folgen eines Druckabfalls sind eine Reduzierung des NPSH-Wertes und somit die Gefahr eines Kavitationsbetriebes, der zur Schädigung der Pumpe führen kann. Der **NPSH-Wert beschreibt die Gesamthaltedruckhöhe** beziehungsweise die Netto-Energiehöhe, die eingehalten werden muss, um die Förderflüssigkeit auf die größte im Laufschaufeleingang herrschende Strömungsgeschwindigkeit zu bringen und um eine Verdampfung am Laufrad zu vermeiden.



LÖSUNGSMÖGLICHKEITEN

Differenzdrucküberwachung

Um einen zugesetzten Filter zu vermeiden, sollte stets der Differenzdruck vor und nach dem Filter überwacht werden (Tipp 1).

Korrekte Angabe des NPSHa-Wertes

Der NPSHa-Wert wird vom Anlagenbetreiber vorgegeben und muss immer höher als der NPSHr-Wert (Net Positive Suction Head Required) sein, welcher der von der Pumpe benötigte Mindestwert ist. Daher muss bei der Auslegung der Pumpe darauf geachtet werden, dass dem Pumpenhersteller der korrekte NPSHa-Wert mitgeteilt wird.

Beachtung der Strömungsgeschwindigkeit

Die Strömungsgeschwindigkeit im Zulauf sollte vorab berechnet werden. Die maximale Strömungsgeschwindigkeit sollte 3 Meter pro Sekunde nicht überschreiten. Bei siedenden Fördermedien oder Flüssiggas darf der Wert von 0,6 Metern pro Sekunde nicht überschritten werden. Der Widerstand der Strömung in der Rohrleitung sollte immer so gering wie möglich gehalten werden. Die Nennweite der Saugleitung muss folglich mindestens der Nennweite des Saugstutzens der Pumpe entsprechen. Bei der Auslegung der Nennweite sollte unbedingt die maximale Fließgeschwindigkeit beachtet werden. Die Sauggeschwindigkeit steht stets in Abhängigkeit vom Rohrlitungsdurchmesser.

Es handelt sich bei diesen Angaben um allgemeine Empfehlungen von HERMETIC. Bei entsprechenden Anlageparametern (NPSHA) können die Werte auch abweichen.

Außerdem ist es wichtig die Rohrleitungen so kurz wie möglich zu halten, um Rohrleitungswiderstände zu reduzieren. Denn mit einem wachsenden Förderstrom geht eine Verschlechterung des NPSH-Wertes einher. Die berechnete maximale Förderstromgeschwindigkeit muss unbedingt eingehalten werden.

Vermeidung von Eckventilen und Rohrbögen

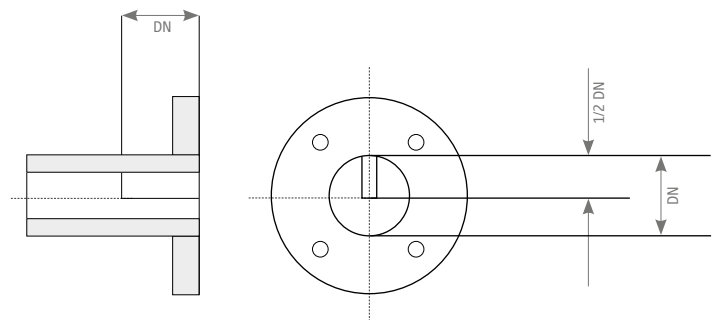
Der Einsatz von Eckventilen sollte vermieden werden. Eingebaute Ventile sollten mit vollem Durchlass verwendet werden. Es sollten sich unmittelbar vor dem Saugstutzen in der Saugleitung kein 90° Rohrbogen und keine Rohr-abzweigungen befinden. Es ist eine ausreichend lange Beruhigungsstrecke ($L_{\min} = 5 \times D_s$) vorzusehen.

Drallbrecher

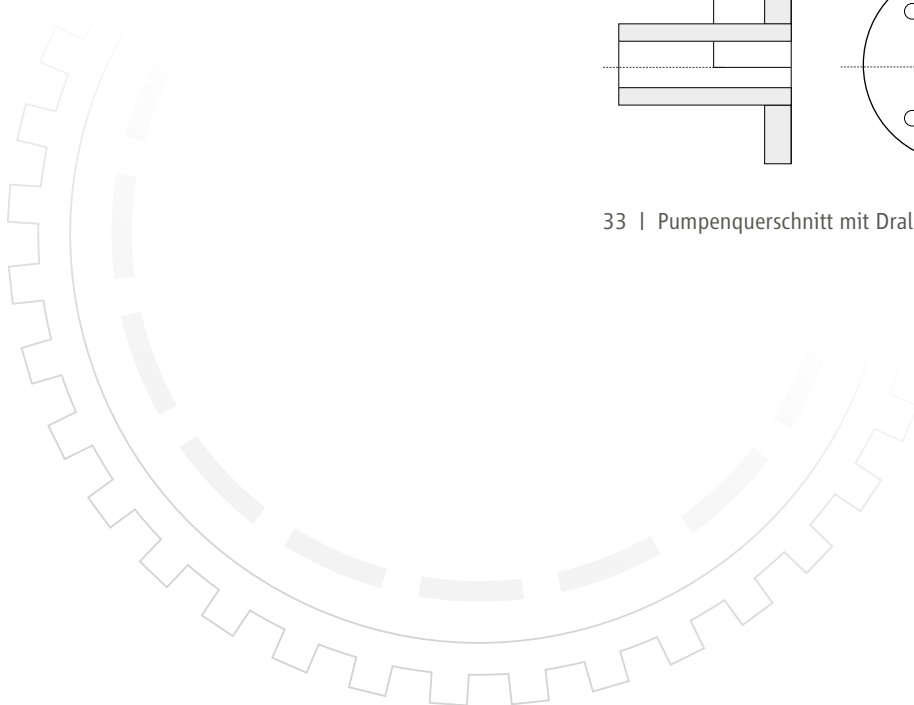
Sofern im Pumpensaugflansch nicht schon vorhanden, sollte ein Drallbrecher mittig in der Rohrleitung vor der Pumpe vorgesehen werden, um die Bildung von gasziehenden Einlaufwirbeln, sogenannten Tromben, in der Saugleitung zu vermeiden. Dieser wird direkt in die Leitung eingeschweißt.



32 | Drallbrecher



33 | Pumpenquerschnitt mit Drallbrecher

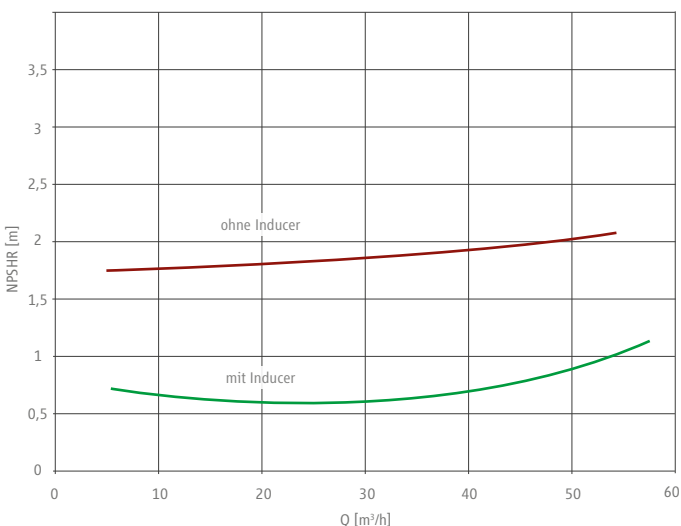


Inducer zur Verminderung des NPSHr-Wertes

Bei einem Inducer handelt es sich um ein axiales Laufrad mit geringer Schaufelzahl, das unmittelbar vor dem regulären Laufrad angeordnet ist. Dies trägt dazu bei, optimale Ergebnisse bei der Förderleistung zu erzielen. Die Aufgabe des Inducers ist die Verminderung des erforderlichen NPSHr-Wertes der Pumpe. Dies geschieht durch Erhöhung des statischen Druckes vor dem Laufrad. Der Inducer kann den NPSHr-Wert der Pumpe manchmal um mehr als 50 % senken. Hinzu kommt, dass der Inducer die Pumpe dabei unterstützt einen höheren Anteil an ungelöstem Gas zu fördern. Statt der üblichen 2 bis 3 % werden Werte von bis zu 12 % erreicht.



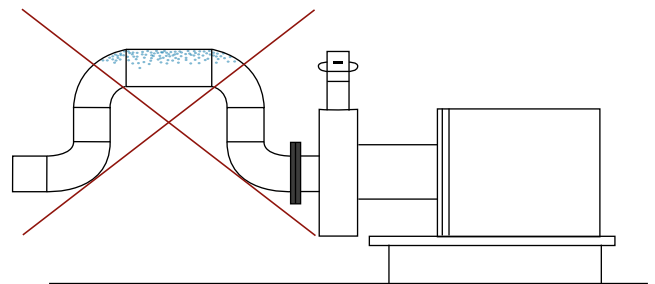
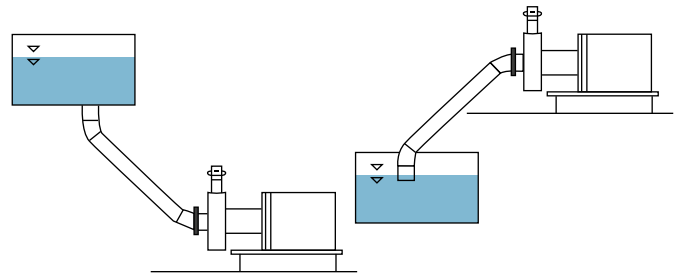
34 | Inducer



35 | Vergleich NPSH-Wert mit und ohne Inducer

Optimierung des Leitungsquerschnittes

Krümmungsradien kleiner als die 1,5-fache Rohrnennweite sowie plötzliche Querschnittsänderungen sollten vermieden werden. Der Zulauf beziehungsweise die Saugleitung sollte stetig fallend zur Pumpe hin verlegt werden. Hierbei müssen unbedingt Luftpolster wie zum Beispiel durch Verlegungen über den „Berg“ vermieden werden.



36 | Beispiele Leitungsverlegung

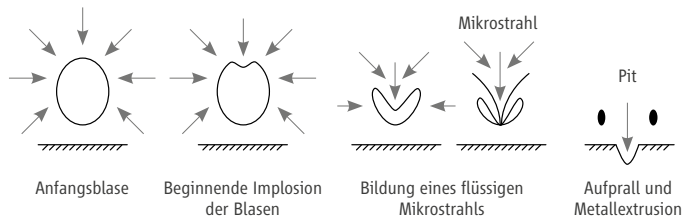
TIPP 7

Vermeidung von Kavitation



TECHNISCHER HINTERGRUND

Die häufigsten Pumpenausfälle sind auf Kavitation zurückzuführen. Bei Kavitation fällt der statische Druck auf oder unter den Verdampfungsdruck der Flüssigkeit. So entstehen Dampfblasen, welche mit der strömenden Flüssigkeit mittransportiert werden. Wenn diese Dampfblasen in Bereiche der Pumpe transportiert werden, in denen der statische Druck wieder über den Dampfdruck der Förderflüssigkeit steigt, kondensiert der Dampf abrupt und die Dampfblasen fallen implosionsartig zusammen. Die Implosionen können sehr hohe kurzfristige Druckspitzen von bis zu 100 MPa verursachen. Häufig werden diese auch von Temperaturspitzen begleitet.



37 | Kavitationsverlauf

Kavitation ist ein Prozess, welcher sich in 4 Phasen unterteilen lässt.

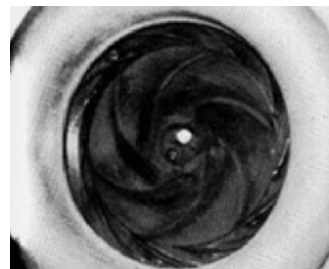
Phase 1: Zunächst ist ein kavitationsfreier Betrieb zu sehen.

Phase 2: Kavitation beginnt. Die ersten Dampfblasen entstehen, aber man kann Kavitation noch nicht an Änderungen des Förderstromes oder der Förderhöhe erkennen. (Q-H-Diagramm)

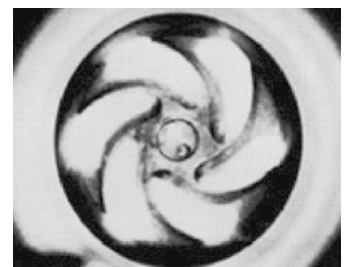
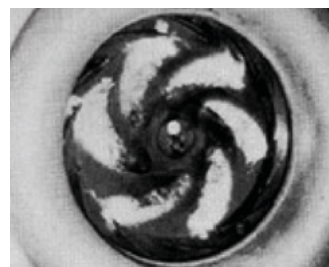
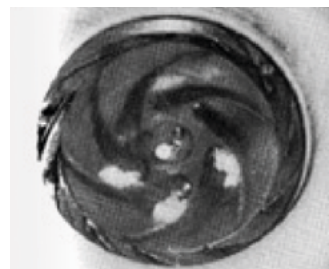
Phase 3: Kavitation weitet sich aus. Der Förderstrom und die Förderhöhe beginnen zu sinken.

Phase 4: Volle Kavitation. Die Kennlinie im Q-H-Diagramm fällt steil ab. Dampfblasen treten in die Führung ein, der Prozess bricht vollständig zusammen.

Absolutes Strömungsbild

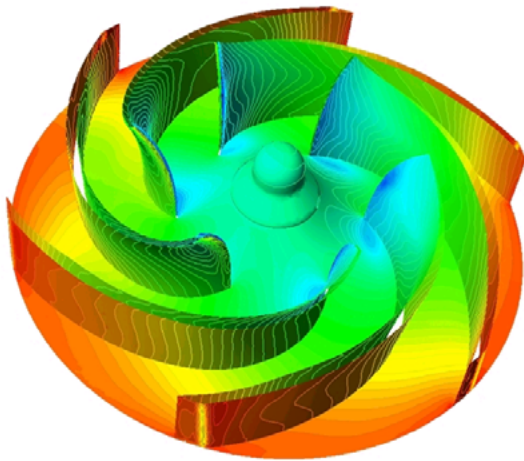
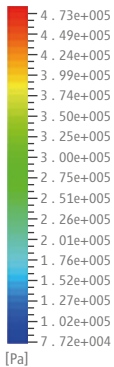


Relatives Strömungsbild



38 | Absolute Strömungsbilder (linke Spalte) und Relative Strömungsbilder (rechte Spalte)

Druck



39 | Druckverteilung Laufrad

Kavitation kann überall am Laufrad auftreten. Die am stärksten für Kavitation anfällige Stelle liegt am Laufradeintritt an der Schaufelkante. Dort ist nämlich der Druck am niedrigsten. Kavitation kann aber auch an anderen Stellen der Pumpe stattfinden, an denen der Druck örtlich absinkt, beispielsweise an den Spaltringen.

Folgende 6 Hauptursachen (saugseitig) können zu Kavitation führen:

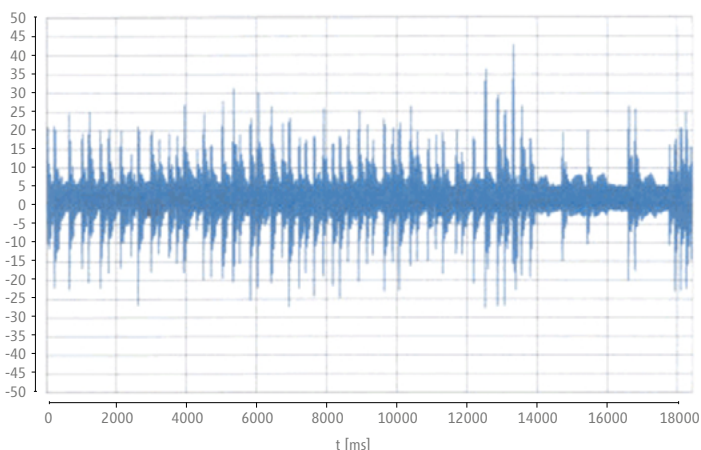
- 1 Der vorhandene NPSHa-Wert sinkt unter den NPSHr-Wert der Pumpe.
- 2 Der Rohrdurchmesser wurde bei der Pumpenauslegung zu klein ausgelegt.
- 3 Die Fördergeschwindigkeit in der Saugleitung ist zu hoch oder zu niedrig.
- 4 Die Druckabsenkungsgeschwindigkeit ist zu hoch.
- 5 Der Filter in der Saugleitung wurde nicht entfernt oder wird nicht überwacht (zugesetzter Filter). Aufgrund eines zugesetzten Filters fällt der statische Druck in der Saugseite unter den Dampfdruck der Förderflüssigkeit in der Saugleitung.
- 6 Die Rohrleitungen am Abscheider wurden falsch installiert.

➤ MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN

Es gibt verschiedene Auswirkungen, die sich im laufenden Anlagenbetrieb bemerkbar machen. So geht Kavitation meist mit starken antizyklischen Schwingungen und einem rasseln durch knallende Gasimplosionen einher. Sinkt die Förderhöhe um mehr als 3% ist die Kavitation bereits im fortgeschrittenen Zustand. Folgeerscheinungen sind unter anderem Axialschub in Richtung Saugseite.

Es kann zu einer erhöhten Leistungsaufnahme und zu Temperaturerhöhungen in der Flüssigkeit kommen, die durch einen Trockenlauf der Gleitlager verursacht werden.

Werden bei auftretender Kavitation keine Maßnahmen ergriffen, führt dies im weiteren Verlauf zu Kavitationserosion.



40 | Schwingungsamplituden bei Kavitation



41 | Beginnende Kavitationserosion



42 | Fortgeschrittene Kavitationserosion



LÖSUNGSMÖGLICHKEITEN

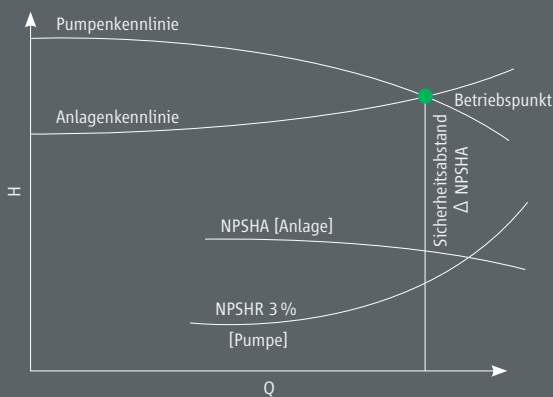
Erhöhung des Vordruckes

Die einfachste und beste Lösung, um Kavitation zu vermeiden, ist die Erhöhung des NPSHa-Wertes. Dies kann erreicht werden, in dem der Flüssigkeitsfüllstand im Behälter erhöht wird oder indem der Behälter durch beispielsweise Stickstoff Druck überlagert wird.

Verbesserter NPSHr-Wert mit Inducer

In manchen Anwendungen ist es notwendig, den NPSHr-Wert zu reduzieren, weil man keine Möglichkeit hat den NPSHa-Wert zu erhöhen. In diesem Fall wird ein Inducer verwendet.

Um Kavitation zu vermeiden, ist es wichtig, einen Sicherheitspuffer von mindestens 0,5 Meter zwischen NPSHa-Wert und NPSHr-Wert im Betriebspunkt zu haben, für den Fall dass sich der Betriebspunkt ein wenig verschiebt. Überprüfen Sie kontinuierlich den Betriebspunkt und versuchen Sie, Verschiebungen grundsätzlich zu vermeiden.



43 | Sicherheitsabstand NPSHa zu NPSHr

Geeigneter Rohrdurchmesser und geeignete Durchflussmenge

Der Rohrdurchmesser der Saugleitung sollte größer als der Saugstutzen oder gleich groß sein. Auch die Strömungsgeschwindigkeit muss berücksichtigt werden. HERMETIC empfiehlt eine Strömungsgeschwindigkeit von etwa 0,3 bis 0,5 Meter pro Sekunde. Zudem sollte beachtet werden, dass jede Pumpe eine eigene Saugleitung haben muss. Die Saugleitung sollte möglichst kurzgehalten werden, stabil sein und über ein Gefälle zur Pumpe hin verfügen.

Einbau eines Freilaufückschlagventils oder einer Q_{\min} -Blende

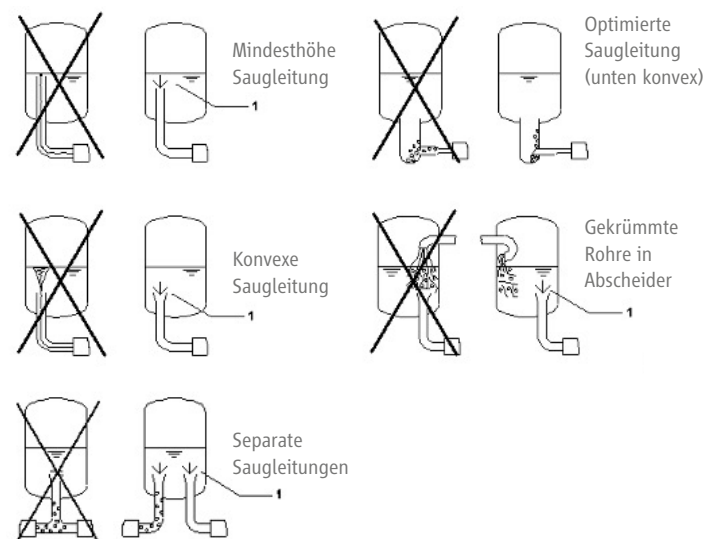
Zur Regelung des Mindestförderstromes bietet sich ein Freilaufückschlagventil oder eine Q_{\min} -Blende an. So wird sichergestellt, dass die Pumpe bei geringem Durchfluss nicht in einem instabilen Bereich arbeitet. Die Q_{\min} -Blende sorgt für eine bessere Entgasung. Sie muss über dem Flüssigkeitsspiegel des Abscheiders in der Gasphase horizontal in der Bypassleitung installiert werden.

Vorfilter in der Saugleitung

Bei einer Pumpeninstallation oder speziell in der Anlaufphase kann es sinnvoll sein, einen Filter in die Saugleitung einzusetzen, um Fremdstoffe im Fördermedium zu vermeiden. Wenn der Differenzdruck beim Filter nicht überwacht wird, sollte der Filter im laufenden Betrieb nach der Anlaufphase wieder entnommen werden.

Korrekte Installation der Saugleitungen

Um Verwirbelungen und Gasblasen in der Flüssigkeit in der Saugleitung zu vermeiden, sollte auf eine korrekte Installation der Rohrleitungen geachtet werden. So muss zum Beispiel der Flüssigkeitsspiegel im Abscheider immer über der Saugleitung liegen. Das Ende der Saugleitung sollte exzentrisch reduziert sein. Bei einer waagrecht mündenden Saugleitung ist eine Anpassung über den oberen Teil der Saugleitung notwendig. Wenn Rohrleitungen zurückführen, sollten diese an der Außenwand und nicht direkt über der Saugleitung verlegt werden. Bei zwei getrennten Pumpen sind zwei getrennte Saugleitungen erforderlich. Gasblasen sollten immer vermieden werden.



44 | Beispiele Leitungsinstallationen



TIPP 8

Vermeidung von verunreinigtem Kühlwasser



TECHNISCHER HINTERGRUND

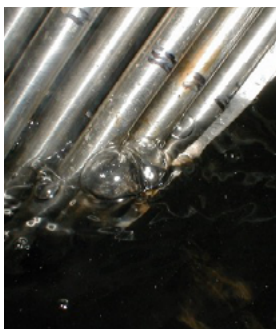
Oft nutzen Anlagenbetreiber das Wasser aus nah gelegenen Flussläufen, um ihre Anlage zu kühlen. Wenn dieses Wasser ungefiltert oder ohne Analyse als Kühlwasser verwendet wird, kann es vorkommen, dass eine bakterielle Verunreinigung zu spät erkannt wird und sich Chlor-Ionen im Wasser befinden. Es kommt zu einem „Verschlammten“ des Kühlers und in dessen Folge zu einem schlechteren Wärmeübergang zwischen dem zu kühlenden Fördermedium und dem Kühlwasser. Dadurch hat der Kühler einen schlechteren Wirkungsgrad.



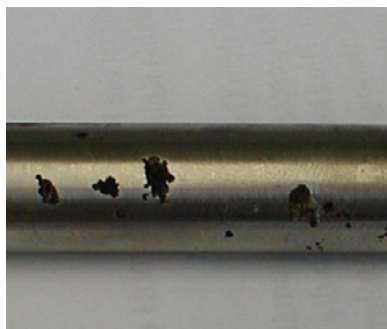
MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN

Undichtigkeit an der Kühlwasserseite eines Rohrbündelkühlers

Manchmal kommt es in diesen Anlagen durch bakteriell verseuchtes Kühlwasser zur biochemischen Korrosion, welche zu Undichtigkeiten an der Kühlwasserseite des Rohrbündelkühlers führen kann. Wird diese zu spät erkannt, besteht neben der Gefahr von Verdampfung oder der Beschädigung der Flansche durch Druckstöße auch eine erhöhte Explosionsgefahr durch unvorhergesehene chemische Reaktionen mit dem Fördermedium.



45 | Undichter Rohrbündelkühler



46 | Chemische Reaktion am Material



In Anlagen, in denen **kein geeignetes Kühlwasser** zur Verfügung steht, wird auf den Einsatz von Rohrbündelkühlern verzichtet. Alternativ kommen hier Konvektionskühler, Luftkühler oder wenn möglich Heißwicklungen zum Einsatz (Tipp 5).

Störung im Kühlkreislauf

Bei Pumpen mit Wärmetauschern können Verunreinigungen im Kühler oder zu wenig Kühlflüssigkeit den Kühlkreislauf stören. Gerade bei Spaltrohrmotorpumpen mit sehr hohen Fördermedium-Temperaturen machen sich Störungen im Kühlkreislauf besonders stark bemerkbar, da bei diesen Anwendungen die Motoren durch einen externen Kühlkreislauf gekühlt werden. Ist dieser defekt, kommt es zu einem unkontrollierten Temperaturanstieg, der im schlimmsten Fall bis zum Pumpenausfall führen kann.



LÖSUNGSMÖGLICHKEITEN

Eindosierung eines chemischen Wirkstoffes

Als Lösung kann hier eine Vermischung des Kühlwassers mit einer reinigenden Substanz, wie beispielsweise durch die Eindosierung eines chemischen Wirkstoffes gewählt werden, auf den die Chlor-Ionen im Wasser keine Wirkung haben (siehe Heißenwendungen).

Temperatursensor am Lagerdeckel

Neben der Beachtung der korrekten Kühlwassermenge gemäß den Vorgaben des Herstellers sollte ein Temperatursensor (Pt100) installiert werden. Dieser überwacht die Flüssigkeitstemperatur im Bereich des motorseitigen Gleitlagers und stellt eine eventuelle Erwärmung fest. Es kann sein, dass sobald sich das Fördermedium erwärmt, der externe Kühler nicht mehr einwandfrei funktioniert und man der Ursache auf den Grund gehen sollte.

Zusätzlich kann mit Hilfe eines Pt100 auch die Kühlwassertemperatur des externen Kühlers gemessen werden. Dies wird jedoch in der Praxis eher selten angewandt.

Wartung des Kühlers

Bei Wartungsarbeiten an der Pumpe sollte auch der Kühler regelmäßig mit gewartet werden, um eventuelle Ausfälle oder Störungen frühzeitig zu vermeiden.



AUSGEZEICHNET UND BESTÄTIGT: HERMETIC

„Made in Germany“ *STERN*

„Weltmarktführer“ *WirtschaftsWoche*

Leidenschaft für Pumpentechnik
www.hermetic-pumpen.com

TIPP 9

Vermeidung von Störungen des Axialschubausgleichs

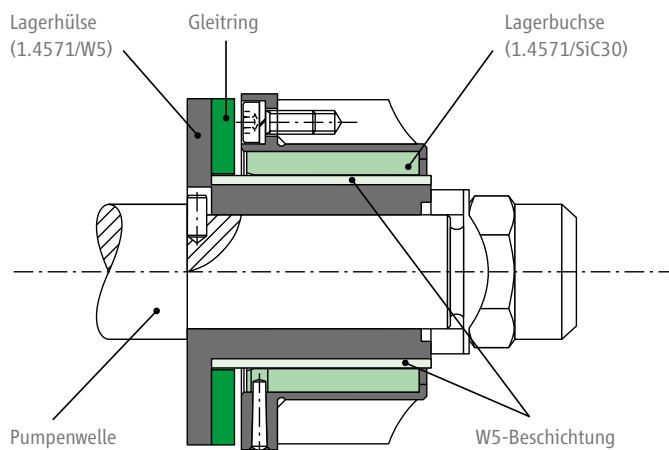


TECHNISCHER HINTERGRUND

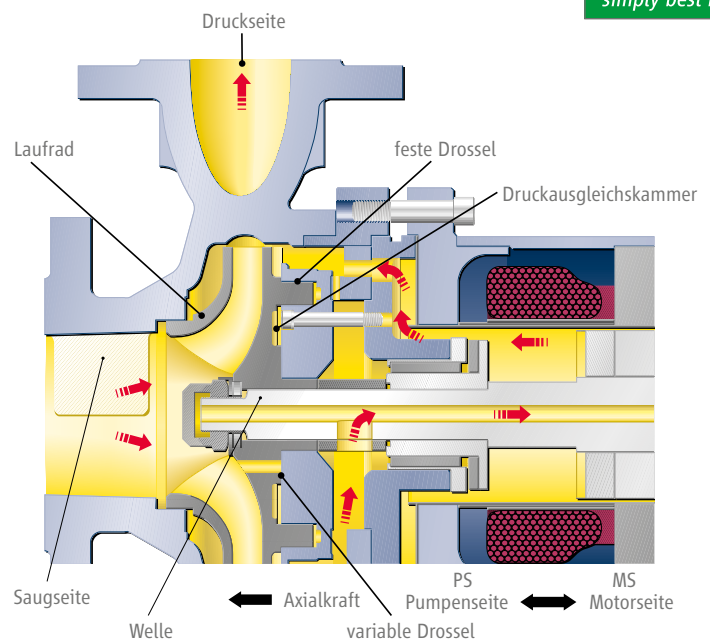
Axialschub ist eine Herausforderung, die in nahezu allen Kreislumpen gelöst werden muss. Bei Axialschub wird durch die Druckdifferenz zwischen Druck- und Saugseite der Läufer in Richtung Saugseite gedrückt, da der Druck auf die projizierte Fläche hinter dem Laufrad höher ist als vor dem Laufrad. Insbesondere bei konventionellen Kreislumpen werden diese Kräfte durch die Wälzlager aufgenommen.

Bei Spaltrohrmotorpumpen können die entstehenden Kräfte nicht in den Gleitlagern aufgenommen werden, da eine Aufnahme der Kräfte automatisch zu Verschleiß führt. Um dies zu vermeiden, werden die Kräfte durch konstruktive Gestaltung ausgeglichen, sodass keine resultierenden Kräfte in den Gleitlagern aufgenommen werden müssen. **Ein Axialschubausgleich wird durch die hydraulische Entlastung des Rotors gelöst.**

Bei Spaltrohrmotorpumpen von HERMETIC ist die axiale Stellung der Pumpenwelle im Betrieb automatisch geregelt, sodass sich von selbst ein kraftloser Gleichgewichtszustand einstellt. Somit wirken keinerlei Axialkräfte auf den Axiallagerbund der Gleitlager. Gleichzeitig sorgt ein dünner aber sehr tragfähiger Flüssigkeitsfilm zwischen dem rotierenden und dem statischen Teil des Gleitlagers dafür, dass der gesamte Rotor aufschwimmt. Dieser Gleichgewichtszustand,



48 | Gleitlager



47 | Hermetic Axialschubausgleich

das sogenannte HERMETIC-ZART®-Prinzip (Zero Axial and Radial Thrust), wird ohne Kontakt von rotierenden und stationären Bauteilen erreicht. Aufgrund der dichtslosen Konstruktion müssen die Lager immer innerhalb der Förderflüssigkeit betrieben werden. Dieser berührungsfreie Lauf führt zu verschleißfreiem Normalbetrieb mit sehr viel höheren Standzeiten (MTBF) im Vergleich zu anderen Bauarten. Durch abweichende Betriebspunkte bei Druck- und Temperaturänderungen kann der Axialschubausgleich gestört werden.



49 | Lagerbuchse

ZART®

simply best balance

✚ MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN

Verschleiß an den Lagern

Ein kurzer Schlag oder kurzzeitig erhöhter Druck kann zum Abplatzen, Reißen oder Zerbröseln des Werkstoffes bis hin zur kompletten Zerstörung des Gleitlagers führen, da die Werkstoffe sehr spröde sind. Der SiC30-Werkstoff hat explizite Notlaufeigenschaften (Schmierfähigkeit des Kohlenstoffs in der Materialmischung) ist jedoch nicht auf dauerhafte Reibung ausgelegt. Weitere Folgeschäden hieraus zeigen sich in der Erweiterung der hydraulischen Spalte oder dem Durchschleifen der Spaltrohre.



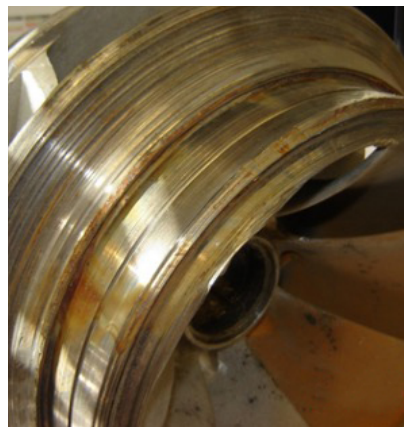
50 | Abplatzen des Lagerwerkstoffes Siliciumcarbid SiC



51 | Zerstörter Lagerwerkstoff

Verschleiß an Laufrädern

Durch die Störung des Axialschubausgleichs kommt es zu Verschleißerscheinungen längs der Achsenrichtung wie beispielsweise der radiale Verschleiß an den Spaltringen eines Laufrades.



52 | Axialer Verschleiß

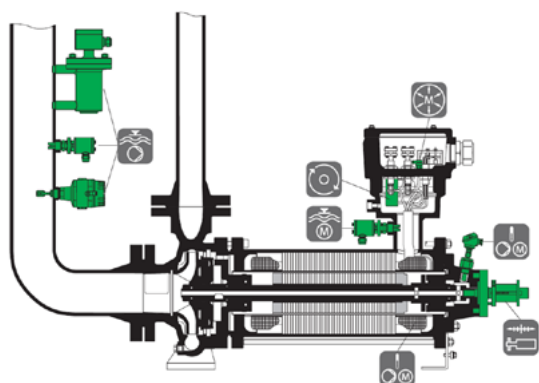


53 | Verschleiß am Laufrad

👍 LÖSUNGSMÖGLICHKEITEN

Rotor-Positionsüberwachung

Zur frühzeitigen Erkennung unerwünschter Betriebszustände oder anderer Fehlerquellen, die für eine Störung des Axialschubausgleichs verantwortlich sein können, empfiehlt sich die Installation einer Rotor-Positionsüberwachung, auch MAP (Monitor for Axial Position) genannt, die sich einfach installieren und auch bei Stillstand der Pumpe kalibrieren lässt. Diese elektronische Schutzeinrichtung überwacht den axialen Wellenstand des Rotors im Betrieb auf hermetische und berührungslose Weise. Zusammen mit der Füllstands- und Temperaturüberwachung ist dadurch eine effiziente Störungsfrüherkennung möglich.



54 | MAP

Axialschub vorbeugen – zusätzliche Maßnahmen

- Betreiben Sie die Pumpe immer innerhalb des ausgelegten Betriebsbereiches unter Beachtung der Flüssigkeitstemperatur, Dichte, Viskosität, ...
- Achten Sie stets auf einen spannungsfreien Einbau der Pumpe. Gehen Sie beim Einbau nach den Beschreibungen der Bedienungsanleitung von HERMETIC vor.
- Überprüfen Sie bei der Werkstoffauswahl unbedingt die chemische Beständigkeit des Werkstoffes gegenüber dem Fördermedium, um ungewollte Reaktionen zu vermeiden.
- Geben Sie bei der Pumpenauslegung vollständige Informationen über das Fördermedium an, damit die Pumpe optimal für Ihre Applikation ausgelegt werden kann.
- Fahren Sie die Pumpe gegen einen leicht geöffneten Schieber an. (Ausnahme: Flüssiggasanwendungen – hier muss der Schieber geöffnet sein, damit das Fördermedium nicht verdampfen kann.)





TIPP 10

Vermeidung von Trockenlauf



TECHNISCHER HINTERGRUND

Aufgrund der dichtslosen Konstruktion, welche bereits in [Tipp 9](#) näher erläutert wurde, müssen die Gleitlager immer innerhalb der Förderflüssigkeit betrieben werden. Im Normalbetrieb ist der gesamte Strömungsraum mit Flüssigkeit gefüllt und es gibt keinen Kontakt zwischen stationären und beweglichen Teilen. Eine partielle [Temperaturerhöhung](#), [Kavitation](#) oder eine Unterschreitung des [NPSHa-Wertes](#) können Trockenlauf verursachen. Beim Ausbleiben der Förderflüssigkeit kann die Hitze des Spaltrohrmotors nicht mehr abgeführt werden, die hydrodynamischen Gleitlager werden nicht mehr geschmiert und es kommt zum Trockenlauf mit erheblichen Folgeschäden.



MÖGLICHE AUSWIRKUNGEN

Kein Starten der Pumpe möglich

Spaltrohrmotorpumpen müssen vor der Inbetriebnahme vollständig mit Förderflüssigkeit gefüllt sein, um den Abtransport der Verlustwärme des Motors und die Schmierung der Gleitlager zu ermöglichen. Bei einem zu niedrigen Füllstand geht die Pumpe nicht in den erwarteten Förderbetrieb über oder schaltet umgehend ab.

Verschleiß an den Spaltringen der Hydraulik

Die Spaltringe schützen in der Regel das Pumpengehäuse vor Verschleiß und wirken gleichzeitig als Abdichtung zwischen dem Laufrad und dem Pumpengehäuse. Durch das Trockenlaufen der Lager kommt es zum Verschleiß an den Spaltringen, wodurch der Wirkungsgrad der Pumpe sinkt.



55 | Trockengelaufenes Gleitlager

Lagerschaden am hinteren Gleitlager

Wenn das hintere Lager trocken anläuft, kommt es zu einer Schrägstellung der Pumpenwelle, welche die Rotorummantelung einseitig abschleift, beziehungsweise im schlimmsten Fall durchschleift. Durch diese Mischreibung findet eine einseitige Abnutzung des Gleitlagers statt.



56 | Durch Trockenlauf beschädigtes hinteres Gleitlager

Torsion

Infolge der bereits erläuterten Schrägstellung der Pumpenwelle kann es dadurch zum schlagartigen Blockieren des Laufrades kommen, welches dann eine Verdrehung der Welle verursachen kann.

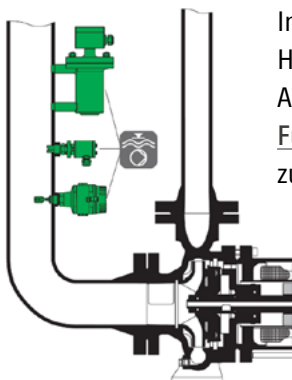


57 | Torsion

👍 LÖSUNGSMÖGLICHKEITEN

Füllstandsüberwachung

Bei Spaltrohrmotorpumpen, welche im Ex-Bereich nach ATEX betrieben werden, ist die Installation einer Füllstandsüberwachung vorgeschrieben. Durch die Füllstandsüberwachung wird verhindert, dass der Füllstand zu niedrig ist, die Pumpe trocken läuft oder gravierend beschädigt wird, beispielsweise durch Zerstörung der Gleitlager oder unzulässig hohe Temperaturen in Folge des ausbleibenden Kühl- oder Schmierstromes. Zudem kann die Pumpe durch die Füllstandsüberwachung vor Kavitationsschäden, die durch das Verdampfen von siedenden Förderflüssigkeiten in der Zulaufleitung verursacht werden, bewahrt werden.



In Spaltrohrmotorpumpen von HERMETIC kommen je nach Anwendungsbereich die folgenden Füllstandsüberwachungssysteme zum Einsatz.

KSR-Schwimmer-Magnetschalter

Der KSR-Schwimmer-Magnetschalter arbeitet nach dem Schwimmerprinzip. Ein Schwimmer mit Permanentmagnet bewegt sich zuverlässig mit dem Flüssigkeitspegel auf einem Gleitrohr. Ein im Gleitrohr befindlicher Reedkontakt (Schutzgaskontakt) wird durch die nichtmagnetischen Wandungen von Schwimmer und Gleitrohr hindurch beim Erreichen einer definierten Höhe durch den Schwimmer Magneten betätigt. Dadurch wird der Stromkreis unterbrochen. Das Binärsignal kann einem induktionsfreien Signalverstärker zugeführt und von diesem an die Melde- oder Steuerungseinrichtung weitergegeben werden. Es können weitere Kontakte unterhalb des Überfüllkontaktes im Gleitrohr verbaut werden.

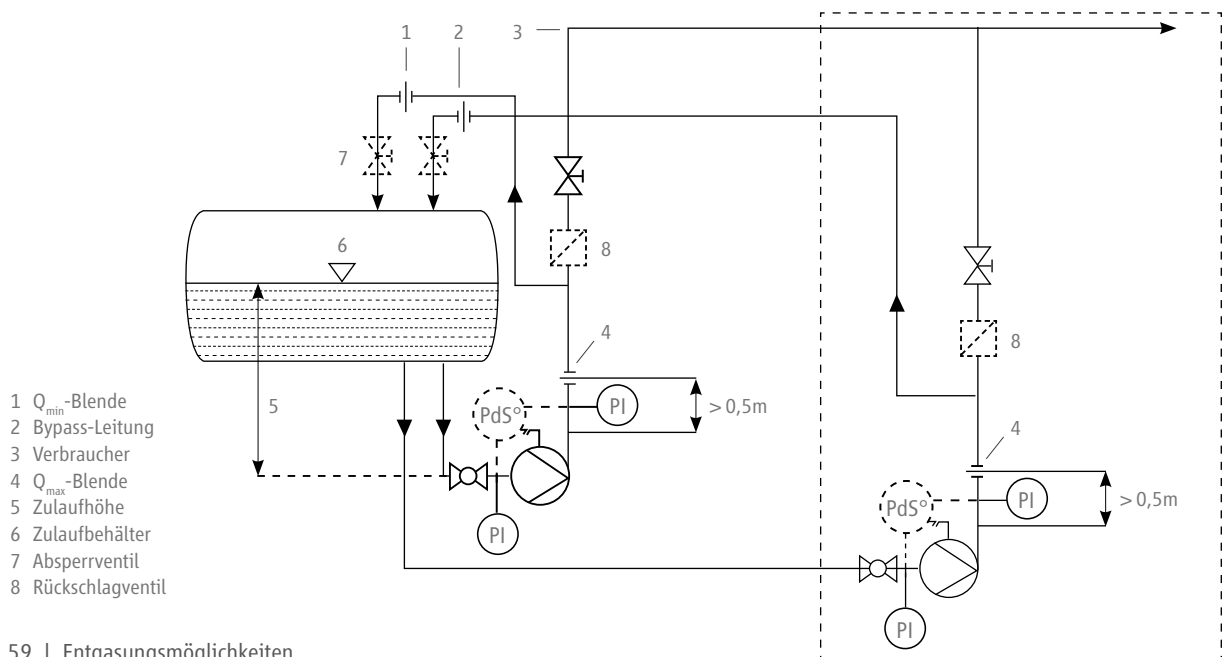
58 | Füllstandsüberwachung

Optoelektronischer Messwandler für Flüssigkeits-Grenzwertgeber

Der optoelektronische Messwandler dient zur Grenzstand-erfassung von Flüssigkeiten. Die kegelförmige Spitze des Fühlers bietet ein genaues, binäres Schaltverhalten. Dieses ist unabhängig von physikalischen Eigenschaften der Flüssigkeiten wie Brechzahl, Farbe, Dichte, Dielektrizitätskonstante und Leitfähigkeit, so dass zum Beispiel präzise Niveauregelungen durchgeführt werden können. Optoelektronische Messwandler werden gerne bei höheren Druckstufen eingesetzt.

Automatische Entgasung der Pumpe

Mit einem Rückschlagventil zwischen Druckstutzen und Absperrschieber wird sichergestellt, dass das Fördermedium nach dem Abschalten der Pumpe nicht zurückströmen kann. Bei Parallelbetrieb sollte auf getrennte Zuläufe zu den Pumpen und getrennte Bypass-Leitungen geachtet werden. Die Entgasung kann über die Bypass-Leitung ermöglicht werden. Hierfür wird die Bypass-Leitung von der Druckleitung zwischen Pumpe und Rückschlagventil in die Gasphase des Zulaufbehälters geführt. In der Bypass-Leitung sollten sich keine Rückschlagventile befinden.



59 | Entgasungsmöglichkeiten

Schon gewusst?

Damit bei auftretendem Trockenlauf bestmögliche Notlaufeigenschaften gegeben sind, werden von HERMETIC speziell ausgelegte Gleitlager eingesetzt.

Vorteile der HERMETIC Gleitlager auf einen Blick

- Abriebfeste und temperaturunempfindliche Gleitlager in der Kombination Wolframkarbid (W5) gegen Siliciumkarbid (SiC 30)
- Temperaturschockbeständigkeit im Mischbetrieb
- Verschleißfester Lagerwerkstoff für intermittierenden Betrieb oder für Flüssigkeiten, die entgasen

Maßnahmen zur Vorbeugung einer partiellen Temperaturerhöhung und somit einer Misch- oder gar Trockenreibung bei Lagern:

- Halten Sie die Zeit zwischen den Starts der Pumpe gemäß der Betriebsanleitung ein.
- Nutzen Sie eine Wiederanfahrverzögerung.
- Achten Sie auf eine korrekte Entlüftung.
- Schaffen Sie Entgasungsmöglichkeiten über Ihr System durch offene Ventile, Bypassabzweige vor dem Rückschlagventil oder steigend verlegte Entgasungsleitungen.
- Bauen Sie die Q_{\min} -Blende in der Gasphase horizontal ein.



KONTAKT

Ihr Ansprechpartner



DOMINIK HEGEN

Product and Application Management

+49 761 5830-323

hegen.dominik@hermetic-pumpen.comStay up to date: [Website](#) | [LinkedIn](#) | [Newsletter](#)