

# Industriepumpen + Kompressoren

Zeitschrift für die Praxis der Pumpen- und Kompressorentechnik

## Prozesspumpen mit zustandsüberwachter redundanter Schlauchmembran-Einspannung

Heinz M. Nägel

Sonderdruck aus „Industriepumpen + Kompressoren“, 16. Jahrgang, Heft 3 · 2010, Seiten 120–123

# Prozesspumpen mit zustandsüberwachter redundanter Schlauchmembran-Einspannung

Heinz M. Nägel

Um gefährliche Fluide zu verpumpen, werden unter anderem Schlauchmembranpumpen eingesetzt. Bei der Doppel-Schlauchmembranpumpe wurde die übliche Flachmembrane in eine Schlauchmembrane modifiziert, die als pulsierendes Verdrängungsorgan agiert. Sie leitet das Medium ohne Umlenkungen in einer geraden Strömungslinie durch die Pumpe und gewährleistet eine hermetische Abschirmung vom Pumpengehäuse und von der Umwelt. Teure Sonderwerkstoffe werden überflüssig. Beide Schlauchmembranen sind auch alleine voll funktionsfähig. Die permanente Überwachung der redundanten Einspannung erfolgt mit dreifacher Differenzierung. Die hier vorgestellten MULTISAFE-Pumpen stehen in Ausführung mit 1 bis 5 Pumpenköpfen für Fördermengen von 0,1 bis 750 m<sup>3</sup>/h und Drücke bis 320 bar zur Auswahl.

**G**efährliche Fluide sind eine permanente Bedrohung für Mensch und Umwelt, wenn Leckagen während normaler Betriebsabläufe und vor allem bei Störfällen nicht sicher vermieden werden können. Vor dieser Tatsache können sich auch Pumpen nicht verschließen, denn immerhin steht eine enorme Zahl unterschiedlichster Pumpenbauarten permanent im Dienst der chemischen Industrie und ähnlicher verfahrenstechnischer Anlagen.

## Membranpumpen

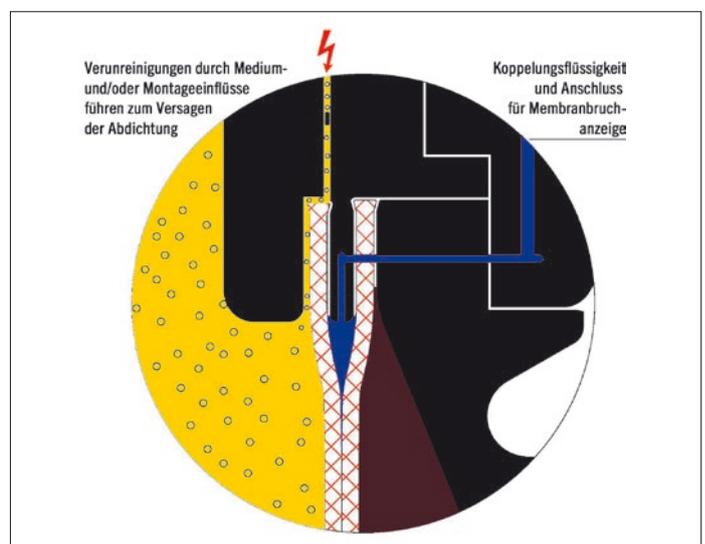
Membranpumpen zählen zu den am häufigsten verwendeten Pumpen. Dabei erfolgt eine weitere Differenzierung, beispielsweise in mechanisch oder hydraulisch aktivierte Membranpumpen sowie einfache oder doppelte Membran-Ausführung. Es ist allgemein bekannt, dass es sich bei den dabei verwendeten Membranen um komplexe, nur bedingt berechenbare Bauteile handelt und dass Membranpumpen erst mit der Doppelmembran-Ausführung eine allgemeine Akzeptanz im Bereich der hermetisch dichten Pumpen gefunden haben. Die Membranform (flach oder vorgeformt) spielt dabei eine eher untergeordnete Rolle.

## Redundante Membraneinspannung mit Zustandsüberwachung

Die Einführung der Doppelmembrane kann zugleich auch als eine der ersten Methoden der Störungsfrüherkennung für hermetisch dichte Prozesspumpen gesehen werden.

In den vergangenen drei Jahrzehnten erfolgte eine deutliche Verbesserung der Membranen sowohl im Bereich der

Formgebung als auch in Bezug auf verfügbare Werkstoffe. Darüber hinaus wurden zum Teil sehr zuverlässige Methoden der Membran-Zustandsüberwachung entwickelt und in den verschiedensten Industriegebieten erfolgreich getestet. Haltbarkeit und chemische Beständigkeit alleine reichen jedoch nicht aus. Ein vielfach unterschätztes Risikopotenzial liegt im Bereich der Membraneinspannung. Insbesondere nach einem Membranwechsel steigt vor allem bei herkömmlichen PTFE-Membra-



**Bild 1:** Traditionelle Doppelmembran-Einspannung

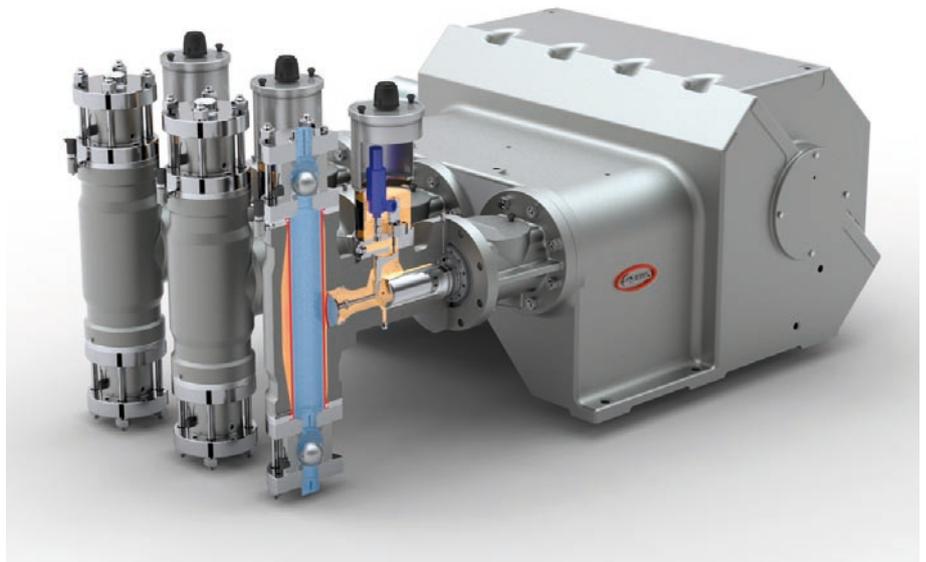
nen die Gefahr von Undichtigkeiten an der Membraneinspannung deutlich an (**Bild 1**). Feststoffe und/oder Grobkörper können dabei in die Einspanngeometrie (in der Regel Kraftnebenschluss) gelangen und infolge der daraus resultierenden Undichtigkeiten Leckagen nach außen verursachen. Bei der Förderung toxischer Medien gewinnt dieser Aspekt an besonderer Bedeutung.

Zur Vermeidung von Leckagen und zur permanenten Zustandsüberwachung des Einspannbereiches wurde für die MULTISAFE-Doppel-Schlauchmembran-Prozesspumpe (**Bild 2**) eine einzigartige, redundante Membraneinspannung entwickelt.

Prinzipiell handelt es sich bei der MULTISAFE-Pumpe um eine zuverlässig hermetisch dichte, oszillierende Verdrängerpumpe mit glattflächigem und leicht zu reinigendem Arbeitsraum. Das Herz der Pumpe bilden zwei Schlauchmembranen, die ineinander angeordnet sind und das Fördermedium geradlinig umschließen. Gleichzeitig gewährleisten sie eine zweifache, hermetische Abtrennung zum hydraulischen Antriebsende. Die Schlauchmembranen werden vom Kolben über eine hydraulische Vorlageflüssigkeit aktiviert und machen im Takt des Pumpenhubes lediglich eine mit einer Arterie vergleichbare Bewegung.

Eines der Alleinstellungsmerkmale der Konstruktion liegt im geraden Durchgang ohne Umlenkungen, was sich bei der Förderung von Medien, die aggressiv, abrasiv oder mit Feststoffen durchsetzt sind, strömungstechnisch besonders günstig auswirkt. Auch höchst kritische Stoffe können so mit einem Minimum an Verschleiß gefördert werden. Ablagerungen, wie sie an der Membraneinspannung konventioneller Membranpumpen vorkommen, gibt es bei der Doppel-Schlauchmembranpumpe nicht.

Die Lebensdauer der Schlauchmembranen ist um ein Vielfaches höher als die herkömmlicher Flachmembranen. Beide Schlauchmembranen, von denen jede für sich alleine voll funktionsfähig ist, werden mit Hilfe von Flanschen hermetisch dicht eingespannt. Da das Fördermedium lediglich mit dem Inneren der Schlauchmembrane und den Förderventilen in Berührung kommt, sind



**Bild 2:** MULTISAFE-Doppel-Schlauchmembran-Prozesspumpe

Ablagerungen, die die Membrane zerstören könnten, zuverlässig ausgeschlossen.

Darüber hinaus erfolgt eine permanente Zustandsüberwachung beider Schlauchmembranen, die nicht nur kleinste Undichtigkeiten an den Membranen selbst, sondern auf Wunsch auch Leckagen im Bereich der Einspannung zuverlässig erkennt.

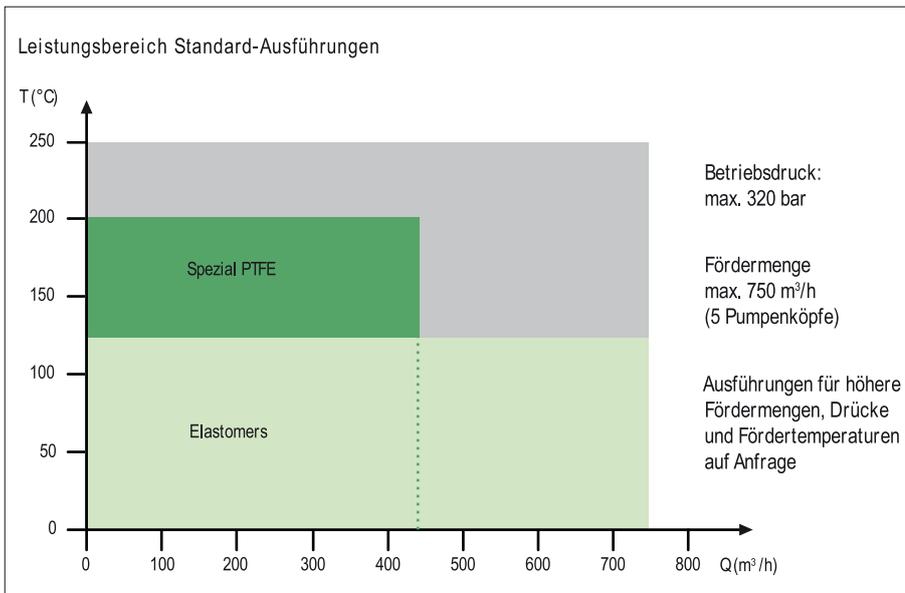
Die Funktionstüchtigkeit der Pumpe bleibt jedoch selbst bei Undichtigkeit einer Schlauchmembrane bis zur Reparatur erhalten. Ein weiteres entscheidendes Kriterium dabei ist, dass auch die hermetische Abdichtung nicht beeinträchtigt wird. Die zweite Schlauchmembrane gewährleistet, dass das Fördermedium weder mit dem Pumpengehäuse in Berührung kommt noch nach außen tritt.

Die stets gleichbleibende, weggesteuerte elastische Verformung der Schlauchmembranen erfolgt konzentrisch gerichtet an den durch konstruktive Formgebung vorgegebenen Stellen. Der Raum zwischen den beiden Schlauchmembranen, der in eine zentrale Übergabestelle mündet, ist konstruktionsgemäß drucklos. Bei Undichtigkeit oder Bruch einer der beiden Membranen gelangt entweder das Fördermedium oder die Vorlageflüssigkeit in den Zwischenraum. Der dabei

entstehende Druckaufbau wird zwangsläufig zur Zustandsüberwachung der Schlauchmembranen (Messstelle  $P_1$ ) geführt und aktiviert den entsprechenden Drucksensor.

Als Schlauchmembran-Werkstoff stehen verschiedene Elastomere und massive PTFE-Mischungen zur Verfügung. Die Werkstoffwahl erfolgt in Abhängigkeit des Fördermediums nach Kriterien der Beständigkeit sowie der erwarteten Fördertemperatur. Elastomere empfehlen sich in der Regel für Temperaturen bis  $120\text{ °C}$ , während MULTISAFE-Pumpen mit speziellen PTFE-Membranen für Fördertemperaturen von bis zu  $200\text{ °C}$  geeignet sind (siehe **Bild 3** und **Bild 5**).

Zustandsüberwachungen herkömmlicher Membran- oder Kolbenmembranpumpen sind in erster Linie auf die Membranen selbst ausgerichtet. Die Überwachung der Einspannung jedoch wird bei den bisher angewandten Methoden nicht oder nicht zuverlässig berücksichtigt. Der Clou der Neuentwicklung (nationale und internationale Patente sind angemeldet) besteht darin, dass die zuverlässige Dichtigkeit der hermetisch dichten MULTISAFE-Doppel-Schlauchmembran-Prozesspumpe sowohl während des Betriebs als auch nach einem Membranwechsel gewährleistet ist. Hierzu wurde das bestehen-



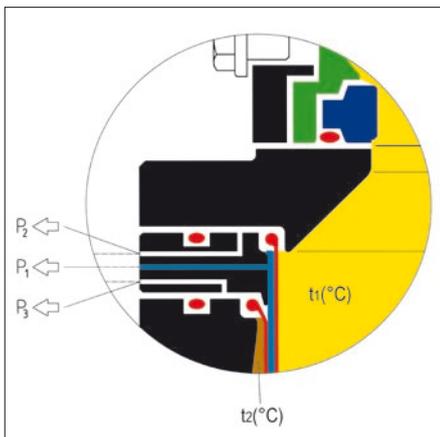
**Bild 3:** Einsatzbereich von Elastomer- und PTFE-Schlauchmembranen

de Überwachungssystem um eine einzigartige Zustandsüberwachung der Schlauchmembraneinspannung erweitert.

Bei der MULTISAFE Doppel-Schlauchmembranpumpe werden unterschiedliche Leckagemöglichkeiten kontrolliert, das heißt es erfolgt eine dreifache Differenzierung der Überwachung (**Bild 4**).

Entsteht eine Undichtigkeit, wird Fördermedium bzw. Hydraulikflüssigkeit durch die Kanäle  $P_1$ ,  $P_2$  oder  $P_3$  nach außen geleitet und betätigt dort einen elektrischen Kontakt oder einen Druckschalter (Signalgeber).

**Bild 4:** Zustandsüberwachung der Schlauchmembranen und der Schlauchmembran-Einspannung



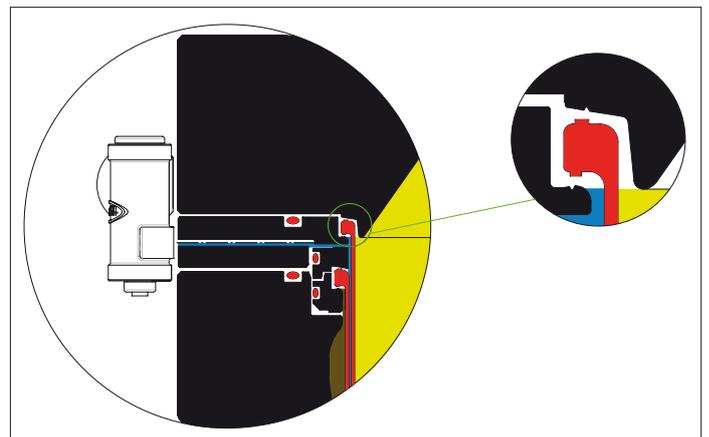
Messstelle  $P_1$  überwacht den Zustand der beiden Schlauchmembranen.

Messstelle  $P_2$  überwacht die Abdichtung zur Mediumseite und die Einspannung der primären (inneren) Schlauchmembrane.

Messstelle  $P_3$  überwacht die Abdichtung zur Hydraulikseite und die Einspannung der sekundären (äußeren) Schlauchmembrane.

Der Werkstoff PTFE neigt aufgrund der geringen Rückverformungskräfte zum Fließen. Die zuverlässige Abdichtung der Schlauchmembranen (**Bild 5**) ist jedoch bei hermetisch dichten Prozesspumpen generell und bei toxischen Applikationen im Besonderen ein absolu-

**Bild 5:** Einspannung und Überwachung der Einspannung von PTFE-Schlauchmembranen



tes Muss um Leckagen auszuschließen. PTFE-Schlauchmembranen erfordern daher besondere konstruktive Lösungen. Sie werden im Kraftnebenschluss gekammert. Dabei wird eine formprofilierte Kammer geschaffen, die einerseits das „Wegfließen“ des Werkstoffes ausschließt und andererseits den aus den Betriebsdrücken resultierenden Anforderungen sicher standhält. Die Einspanngeometrie weicht daher entscheidend von der bei Schlauchmembranen aus Elastomerwerkstoffen angewandten Lösung ab, die aufgrund ihrer hohen Rückverformungskräfte einen wesentlich geringeren Konstruktionsaufwand im Einspannbereich erfordern.

Unabhängig von der Werkstoffwahl ist eine angemessene, konstruktionsgemäße Vorspannung von entscheidender Bedeutung. Falls die ordnungsgemäße Vorspannung nicht gewährleistet ist, zum Beispiel durch Beschädigungen an der Einspanfläche und/oder Schmutzpartikel, könnte trotz redundanter Membranausführung und hermetisch dichter Trennung zwischen dem Medium- und Antriebsende Fördermedium in die Atmosphäre gelangen.

Bei Elastomer-Schlauchmembranen (siehe Bild 4) wird die Abdichtung durch die beim Einbau hervorgerufenen Anpresskräfte erzeugt. Sie werden vom Systemdruck überlagert und bewirken die Gesamtdichtpressung. Mit steigendem Betriebsdruck nimmt auch die Dichtsicherheit zu.

Bei PTFE-Schlauchmembranen (siehe Bild 5) ist dies nicht so ohne weiteres möglich.

Durch zusätzliche Rillen im Einspannbereich kann die wirksame Klemmfläche vergrößert und die Vorpressung in der Kammer verbessert werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, Entlastungsrillen nach dem Faltenbalgprinzip in der Schlauchmembrankonstruktion anzuordnen. Dadurch werden Zugspannungen im Einspannbereich ausgeschlossen.

## Zusammenfassung

Aus der Historie der traditionellen Membranpumpen ist bekannt, dass eine Akzeptanz erst ermöglicht wurde, nachdem die ursprüngliche einfache Membranpumpe um eine redundante Doppelmembrane erweitert wurde. Ein weiterer Schritt in Richtung Akzeptanz von hydraulisch aktivierten Membranpumpen wurde dadurch ermöglicht, dass die Pumpen um Einrichtungen zur kontinuierlichen Membran-Zustandsüberwachung ergänzt wurden.

Das Hauptaugenmerk richtet sich dabei ausschließlich auf die Erkennung eines Membranbruchs. Konventionelle Einrichtungen zur Membran-Zustandsüberwachung sind jedoch nicht in der Lage, Undichtigkeiten im Einspannbereich zu detektieren. Auch wenn die Dichtigkeitsprüfung durch einen hydrostatischen Test mit Testflüssigkeit – meist Wasser – erfolgreich verläuft, besteht doch die Gefahr, dass nach einem mehrstündigen Einsatz mit Fördermedium, dessen Konsistenz stark vom Testmedium abweichen kann (Temperatureinfluss, Molekularstrukturen, etc.), in Kombination mit Unachtsamkeit bei der Montage (z. B. Verunreinigungen im Einspannbereich) Undichtigkeiten in der Einspanngeometrie entstehen.

Die konventionelle Membran-Zustandsüberwachung konnte diese Fehler nicht detektieren, da kein Membranbruch vorlag, so dass u. a. gefährliche Medi-

um-Leckagen in die zu schützende Umgebung austraten.

FELUWA hat mit der beschriebenen Erfindung der redundanten Membraneinspannung mit multipler Zustandsüberwachung neue Maßstäbe gesetzt, da neben der Zustandsüberwachung bei Bruch der Primär- oder Sekundärschlauchmembrane erstmals auch Undichtigkeiten durch Montagefehler und/oder Mediumveränderungen an den Einspanngeometrien sicher detektiert und Folgeschäden verhindert werden können.



**Heinz M. Nägel**  
FELUWA Pumpen GmbH,  
54570 Mürlenbach  
Tel.: 06594 10-0  
naegel@feluwa.de