

Industriepumpen + Kompressoren

Zeitschrift für die Praxis der Pumpen- und Kompressorentechnik

Prozesspumpen für extreme Fördertemperaturen

Heinz M. Nägel

Sonderdruck aus „Industriepumpen + Kompressoren“, 17. Jahrgang, Heft 2 · 2011, Seiten 64–68

Prozesspumpen für extreme Fördertemperaturen

Traditionelle Membranpumpen mit Elastomer-Flachmembranen eignen sich in der Regel für Temperaturen bis maximal 120 °C. Darüber hinaus sind PTFE-Membranen erforderlich, die jedoch bei großvolumigen Pumpen konstruktiv nicht realisierbar sind. Varianten mit einer Kombination aus Elastomer- und PTFE-Lagen erreichen aufgrund unterschiedlicher Wärmekoeffizienten häufig nicht die erwartete Lebensdauer. Bei den in diesem Beitrag vorgestellten Doppel-Schlauchmembranpumpen 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. Für Fördertemperaturen im Bereich von 130 bis 200 °C stehen spezielle PTFE-Mischungen zur Verfügung. Die Schlauchmembranen gewährleisten den sicheren Transport des heißen Mediums und schützen darüber hinaus das Antriebsende durch deutliche Temperaturreduzierung an der Grenzfläche der doppelten Barriere. Die permanente Überwachung der redundanten Schlauchmembranen erfolgt im Einspannbereich mit dreifacher Differenzierung. Für extreme Fördertemperaturen steht eine Reihe von Sonderausführungen mit Kühl- oder Heizmantel, Konvektorflächen, doppelt redundanten Membranen oder getrennter Aufstellung von Flüssigkeits- und Antriebsende für Fördermengen von 0,1 bis 1.000 m³/h und Drücke bis 320 bar zur Verfügung.

HEINZ M. NÄGEL

Membran- und Kolbenmembranpumpen zählen heute zu den am häufigsten eingesetzten Prozesspumpen für Dosier-, Speise- oder Transportaufgaben in der Prozessindustrie. Dabei erfolgt eine weitere Differenzierung, beispielsweise in mechanisch oder hydraulisch aktivierte Membranpumpen sowie einfache oder doppelte Membran-Ausführung. Begriffe wie Betriebssicherheit, Verfügbarkeit, Redundanz, Lebenszykluskosten oder auch Diagnosefähigkeit zählen zu den typischen Schlagworten, wenn es um die Charakterisierung dieser Prozesspumpen geht. Bei Anwendungen in explosionsgefährdeten Bereichen oder Systemen mit hohen Fördertemperaturen gewinnen diese Kriterien an besonderer Bedeutung.

Flache oder vorgeformte Pumpenmembranen müssen als komplexe und nur bedingt berechenbare Bauteile betrachtet werden. Membranpumpen haben daher erst mit der Doppelmembran-Ausführung eine größere Akzeptanz im Bereich der hermetisch dichten Pumpen gefunden. Redundante Membranen versprechen in der Tat zusätzliche Sicherheit, sind jedoch konstruk-

tionsbedingt einer gleich hohen Belastung ausgesetzt und haben demzufolge eine annähernd identische Lebenserwartung. Bei Ausfall einer Membrane muss daher meist auch mit dem Versagen der zweiten oder dritten gerechnet werden.

Bei traditionellen Membranpumpen gelangt das Fördermedium nach einem Membranbruch unweigerlich in den Antriebs- und Hydraulikraum und verursacht auf diese Weise erhebliche Kosten durch Reinigung, Reparatur und Produktionsausfall. In erster Linie jedoch muss das Pumpengehäuse aus einem dem Medium gegenüber resistenten Werkstoff gefertigt werden. Die zuverlässige Trennung von Antriebs- und Flüssigkeitsende sowie die hermetische Abdichtung gegenüber der Umwelt spielen daher eine entscheidende Rolle.

HERMETISCH DICHTER DOPPEL-SCHLAUCHMEMBRANPUMPEN

Doppel-Schlauchmembranpumpen (**Bild 1**) stellen die neueste Generation der hydraulisch aktivierten Mem-

Bild 1: Doppel-Schlauchmembran-Prozesspumpe

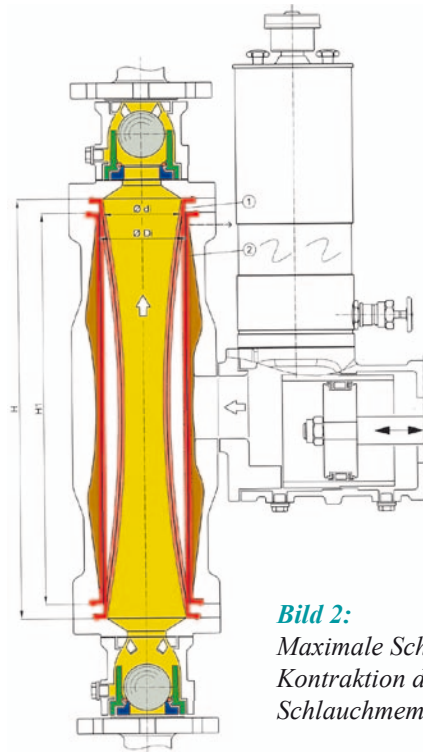
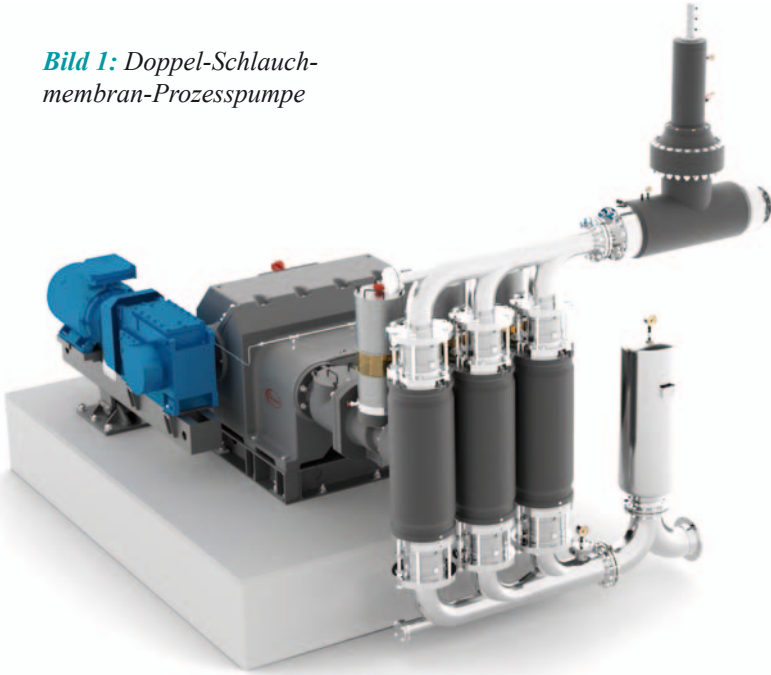


Bild 2: Maximale Schlauchmembran-Kontraktion der Doppel-Schlauchmembranpumpe

branpumpen dar. Dabei handelt es sich um hermetisch dichte, oszillierende Verdrängerpumpen mit glattflächigem und leicht zu reinigendem Arbeitsraum. Das Herz dieser Pumpe bilden zwei ineinander angeordnete Schlauchmembranen, obwohl die Pumpe nur eine benötigt, um voll funktionstüchtig zu sein. Die redundanten Schlauchmembranen umschließen das Fördermedium und gewährleisten eine geradlinige Durchströmung der Pumpe ohne Umlenkungen. Gleichzeitig stellen sie eine zweifache, hermetische Abtrennung gegenüber dem hydraulischen Antriebsende dar.

Die Pumpe nutzt in wesentlichen Teilen den perfekten Mechanismus des menschlichen Herzens. Entgegen peristaltischen Schlauchpumpen werden die Schlauchmembranen nicht mechanisch gewalzt, sondern vom Kolben über eine hydraulische Vorlageflüssigkeit aktiviert und machen im Takt des Pumpenhubes lediglich eine mit einer Vene vergleichbare Bewegung (**Bild 2**).

Eines der Alleinstellungsmerkmale der Konstruktion liegt im geraden Durchgang, was sich bei der Förderung von Medien, die aggressiv, abrasiv oder mit Feststoffen durchsetzt sind, strömungstechnisch besonders günstig auswirkt. Da das Fördermedium lediglich mit dem Inneren der Schlauchmembrane und den Förderventilen in Berührung kommt, sind Ablagerungen, wie sie an der Membraneinspannung konventioneller Membranpumpen vorkommen, bei der Doppel-Schlauchmembranpumpe ausgeschlossen. Daher können auch höchst kritische Stoffe mit einem Minimum an Verschleiß gefördert werden.

Selbst bei Undichtigkeit einer Schlauchmembrane bleibt die Funktionstüchtigkeit der Pumpe bis zur Reparatur erhalten. Entscheidend dabei ist, dass auch in die-

sem Fall das Fördermedium weder mit dem Pumpengehäuse noch mit der Umwelt in Berührung kommt und die hermetische Abdichtung nicht beeinträchtigt wird. Teure, dem Fördermedium gegenüber beständige Sonderwerkstoffe sind daher nicht erforderlich; der zylindrisch schlanke Pumpenkopf kann aus einem Standardwerkstoff gefertigt werden.

LEISTUNGSSTÄRKE AUCH BEI EXTREMEN FÖRDERTEMPERATUREN

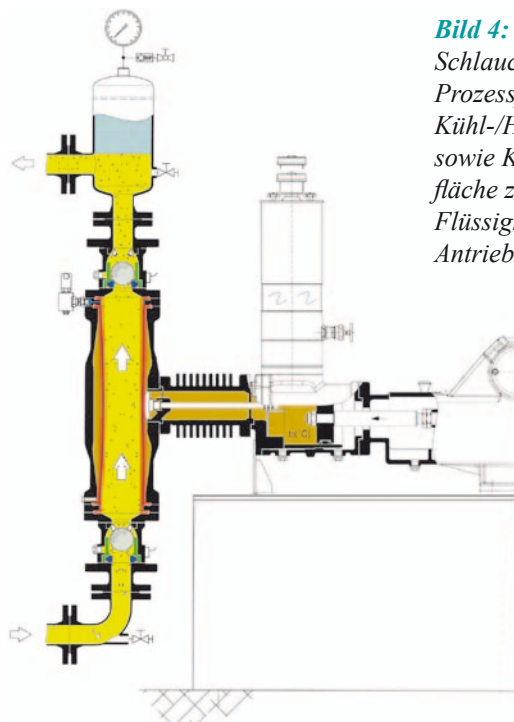
In der Prozesstechnik spielen neben den üblichen Kriterien häufig auch Fördertemperaturen eine entscheidende Rolle, die nicht nur bei der Konstruktion, sondern auch bei der Berechnung der Lebenszykluskosten berücksichtigt werden müssen. Bei besonders niedrigen oder hohen Fördertemperaturen nehmen Pumpenmembranen erneut eine Schlüsselposition ein.

Elastomer-Membranen erreichen in der Regel bei Temperaturen im Bereich von maximal 120 °C ihre Einsatzgrenze. Bei höheren Temperaturen ist PTFE erforderlich, die Verwendung von Flachmembranen aus reinem PTFE ist jedoch auf Pumpen mit kleineren Fördermengen beschränkt. Bei großvolumigen Pumpen ist die Verwendung von PTFE-Membranen meist nicht wirtschaftlich realisierbar. Bei Membranpumpen, die für große Fördermengen im Hochtemperaturbereich bestimmt sind, kommen daher häufig zweilagige Membranen zum Einsatz, wobei die Elastomer-Lage für die erforderliche Flexibilität und die PTFE-Lage für die Abschirmung der hohen Temperatur verantwortlich ist. Beide Lagen können jedoch aufgrund unterschiedlicher Wärmeleitkoeffizienten nicht nachhaltig miteinander verbunden werden, so

Bild 3: Doppel-Schlauchmembran-Prozesspumpe mit Kühl-/Heizmantel



Bild 4: Doppel-Schlauchmembran-Prozesspumpe mit Kühl-/Heizmantel sowie Konvektorfläche zwischen Flüssigkeits- und Antriebsende



dass die erzielte Lebensdauer häufig hinter den Erwartungen zurückbleibt. Eine weitere Lösungsmöglichkeit stellen Metallmembranen dar. Allerdings ist auch diese Option auf kleinere Volumina begrenzt und bei großen Fördermengen nicht realisierbar.

Doppel-Schlauchmembran-Prozesspumpen grenzen sich auch in puncto Fördertemperatur erheblich von der Gruppe der traditionellen Flachmembranpumpen ab. Für die Schlauchmembranen stehen verschiedene Elastomere zur Verfügung, die in Abhängigkeit des Fördermediums nach Kriterien der Beständigkeit ausgewählt und in der Regel für Fördertemperaturen bis 130 °C eingesetzt werden. Für höhere Fördertemperaturen bis 200 °C haben sich speziell für Schlauchmembranen entwickelte PTFE-Mischungen bewährt, die auch dann Verwendung finden, wenn das Fördermedium chemisch sehr aggressiv ist.

In intensiven Versuchsreihen hat sich gezeigt, dass die Anordnung der beiden Schlauchmembranen ineinander eine doppelwandige Barriere gegenüber dem extrem heißen oder kalten Fördermedium schafft. Bereits beim Übergang von der primären zur sekundären Schlauchmembrane ist eine deutliche Temperaturreduzierung erkennbar, so dass die bei Hochtemperatur-Anwendungen von der Sekundär-Schlauchmembrane auf die Hydraulikflüssigkeit übertragene Wärme ca. 40 bis 50 °C unter der Eintritts-Mediumtemperatur liegt.

Manche Medien erfordern eine Mindesttemperatur, um fließfähig zu bleiben. Bei Unterschreitung dieser Temperatur werden sie sehr zähflüssig, fest oder kristallisieren aus. Um die Pumpfähigkeit des Fördermediums zu sichern, werden die Pumpenköpfe der Doppel-Schlauch-

membranpumpe und gegebenenfalls auch die Ventilgehäuse und Anschlüsse in solchen Fällen mit einem Heizmantel versehen (**Bild 3**).

Bei extrem heißen Medien kann das gleiche Prinzip umgekehrt auch zur Kühlung des Produktes angewandt werden. Dabei wird die Hydraulikflüssigkeit zwischen Kolben und Schlauchmembranen mit Hilfe des Kühl- oder Wärmeträgers beheizt oder gekühlt. Die Anordnung des Heiz- oder Kühlmediums, die durch die zylindrische Form der Pumpenköpfe begünstigt wird, gewährleistet eine optimale Durchströmung des Wärme- bzw. Kühlträgers. Das Kühl-/Heizmedium kommt dabei nicht mit dem Fördermedium in Berührung. Ausgezeichnete Feldergebnisse konnten unter anderem in TDI-Anlagen bei der Förderung von Schwerprodukten erzielt werden.

Zur Verstärkung der Kühlwirkung und effektiven Wärmeableitung kann die Pumpe darüber hinaus mit Konvektorflächen zwischen Flüssigkeits- und Antriebsende (**Bild 4**) und/oder zwischen Antriebsende und Getriebe ausgestattet werden.

Weitere Lösungsmöglichkeiten bieten die Varianten mit doppelt redundanter Membrane, das heißt die Kombination aus Doppel-Schlauchmembrane und Flachmembrane (**Bild 5**), oder die getrennte Aufstellung von Flüssigkeits- und Antriebsende.

ZUSTANDSÜBERWACHUNG DER SCHLAUCHMEMBRAN-EINSPANNUNG

Bei der Hochtemperaturförderung kommt der Lebensdauer und zuverlässigen Abdichtung von Pumpenmem-

branen eine ganz besondere Bedeutung zu. Doppelmembranpumpen erlauben den Anschluss einer Membranbruchanzeige innerhalb der Kopplungsflüssigkeit und zählen daher zugleich auch zu den ersten Ansätzen einer Störungsfrüherkennung für hermetisch dichte Prozesspumpen.

In den vergangenen drei Jahrzehnten erfolgte sowohl im Bereich der Formgebung als auch in Bezug auf verfügbare Werkstoffe eine deutliche Verbesserung der Membranen. Darüber hinaus wurden praktikable Methoden der Membran-Zustandsüberwachung entwickelt und in den verschiedensten Bereichen der Verfahrenstechnik implementiert. Haltbarkeit und chemische Beständigkeit alleine reichen jedoch nicht aus. Ein nicht zu unterschätzendes Risikopotenzial liegt im Bereich der Membraneinspannung.

Vor allem bei Verwendung von Membranen aus herkömmlichem PTFE steigt nach einem Membranwechsel die Gefahr von Undichtigkeiten im Einspannbereich deutlich an. Schmutzpartikel oder andere Verunreinigungen können in die Einspannung gelangen und Leckagen nach außen verursachen. Insbesondere bei der Förderung toxischer oder sonstiger Umwelt gefährdender Medien gewinnt dieser Aspekt an entscheidender Bedeutung.

Zur permanenten Zustandsüberwachung des Einspannbereiches und zuverlässigen Vermeidung von Leckagen wurde für die MULTISAFE-Doppel-Schlauchmembran-Prozesspumpe daher eine einzigartige, redundante Membraneinspannung entwickelt. Dabei erfolgt eine dreifache Differenzierung der Überwachung zur Erfassung unterschiedlicher Leckagemöglichkeiten (**Bild 6**).

Die elastische Verformung der Schlauchmembranen ist weggesteuert und erfolgt konzentrisch gerichtet an den durch konstruktive Formgebung vorgegebenen Stellen. Der Raum zwischen den beiden Schlauchmembranen mündet in eine zentrale Übergabestelle und ist konstruktionsgemäß drucklos. Bei Undichtigkeit oder Bruch einer der beiden Membranen gelangt entweder Fördermedium oder Vorlageflüssigkeit in den Zwischenraum. Der daraus resultierende Druckaufbau wird automatisch zur Zustandsüberwachung der Schlauchmembranen (Messstelle P_1) geleitet und aktiviert den jeweiligen Drucksensor.

Bei Undichtigkeit wird Fördermedium bzw. Hydraulikflüssigkeit durch die Kanäle P_1 , P_2 oder P_3 zur Zustandsüberwachung geleitet und betätigt dort einen elektrischen Kontakt oder einen Druckschalter (Signalgeber).

Messstelle P_1 überwacht den Zustand der beiden Schlauchmembranen.

Messstelle P_2 übernimmt die Kontrolle der Abdichtung zur Mediumseite und der Einspannung der primären (inneren) Schlauchmembrane.



effektiv. sicher. umweltfreundlich.




PREMIER 2010
 Großer Preis des Mittelstandes
 (Oskar-Patzelt-Stiftung)

Die MULTISAFE Doppel-Schlauchmembranpumpe

Innovative Pumpentechnik: 100% sicher gegen hohe Drücke, Vakuum und ungünstige Saugverhältnisse, bis zu 98% hydraulischer Wirkungsgrad.
Höchste Betriebssicherheit: Bei Undichtigkeit einer Schlauchmembrane sichert die zweite die Funktionstüchtigkeit bis zum nächsten Wartungsintervall.
Einzigartiges Diagnosesystem: gewährleistet beispielsweise die ständige Überwachung von Förderventilen und Schlauchmembranen.

FELUWA Pumpen GmbH | 54570 Mürlenbach | Tel. 06594.10-0 | www.feluwa.de

Messstelle P_3 ist der Abdichtung zur Hydraulikseite und Einspannung der sekundären (äußeren) Schlauchmembrane zugeordnet.

Der für hohe Fördertemperaturen und besonders aggressive Fördermedien verwendete Werkstoff PTFE neigt aufgrund der geringen Rückverformungskräfte zum Fließen. Die zuverlässige Abdichtung der Schlauchmembranen zur Vermeidung von Leckagen ist jedoch bei hermetisch dichten Prozesspumpen generell und bei toxischen Applikationen im Besonderen ein absolutes Muss. PTFE-Schlauchmembranen erfordern daher spezielle 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 Elastomerkunststoffen 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

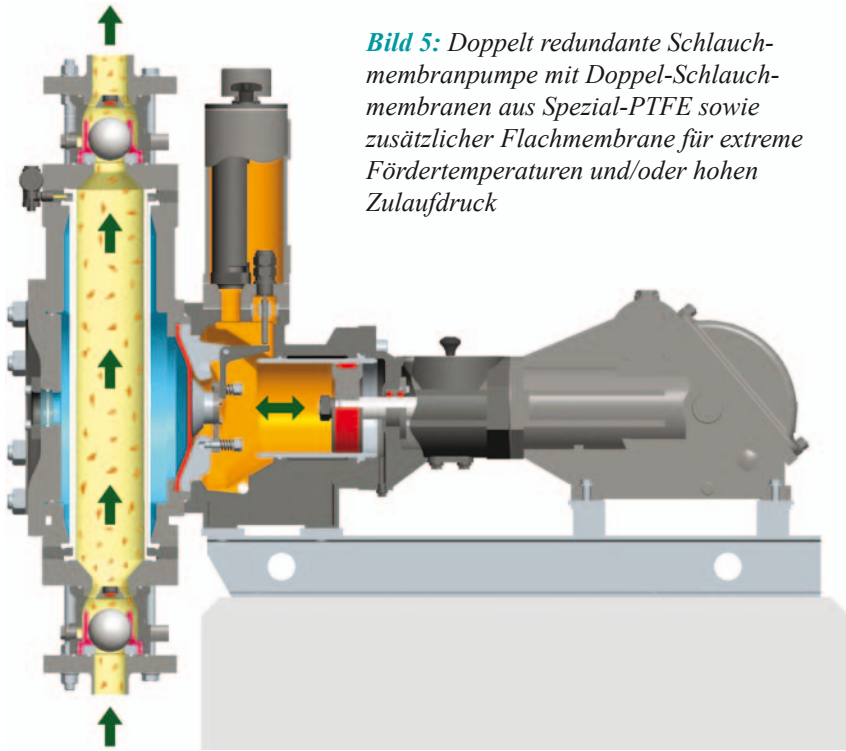


Bild 5: Doppelt redundante Schlauchmembranpumpe mit Doppel-Schlauchmembranen aus Spezial-PTFE sowie zusätzlicher Flachmembrane für extreme Fördertemperaturen und/oder hohen Zulaufdruck

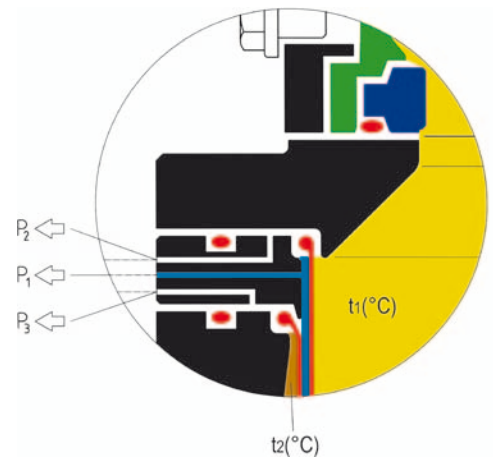


Bild 6: Zustandsüberwachung der Elastomer-Schlauchmembranen und der Schlauchmembran-Einspannung

entscheidender Bedeutung. Falls die ordnungsgemäße Vorspannung beispielsweise durch Montagefehler, Beschädigungen an der Einspannfläche und/oder Schmutzpartikel nicht gewährleistet ist, könnte trotz redundanter Membranausführung und hermetisch dichter Trennung zwischen Medium- und Antriebsende Fördermedium in die Atmosphäre gelangen.

Bei Elastomer-Schlauchmembranen gemäß Bild 6 wird die Abdichtung durch die beim Einbau hervorgerufenen Anpresskräfte erzeugt. Sie werden vom Systemdruck überlagert und bewirken die Gesamtdichtpresung. Mit steigendem Betriebsdruck nimmt auch die Dichtsicherheit zu.

Bei PTFE-Schlauchmembranen ist dies nicht so ohne Weiteres möglich. Durch formtechnische Vorkehrungen im Einspannbereich kann die wirksame Dichtfläche vergrößert und die form- und kraftschlüssige Abdichtung

der Schlauchmembrane verbessert werden. Außerdem werden hydraulisch erzeugte Zugspannungen im Einspannbereich durch spezielle Formgebung nach dem Faltenbalgsystem ausgeschlossen.

AUTOR



HEINZ M. NÄGEL
 FELUWA Pumpen GmbH
 54570 Mürlenbach
 naegel@feluwa.de