

FACHBERICHT

# Spaltrohrmotorpumpen nach API 685 – Ein Beitrag zum Umweltschutz

Dr. G. Feldle

Spaltrohrmotorpumpen nach API 685 –  
Ein Beitrag zum Umweltschutz

Dr. G. Feldle

### **EINLEITUNG**

Das in den letzten Jahren gestiegene Umweltbewußtsein hat dazu geführt, daß chemische und petrochemische Anlagen nach strengeren Gesundheits- und Sicherheitsvorschriften beurteilt werden. Ein wesentlicher Beitrag zur Einhaltung solcher Vorschriften sind Spaltrohrmotorpumpen, die keine Wellenabdichtungen haben und damit vollkommen leakagefrei sind. Die API 685 (American Petroleum Institute) ist die Spezifikation, die den Einsatz von dichtungslosen Pumpen in Raffinerien und in der Petrochemie standardisiert.

### **UMWELTGESETZGEBUNG**

Durch die EU-Richtlinie 96/61/EG vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (sogenannte IVU-Richtlinie), sowie das Bundes-Immissionsschutzgesetz von September 2002 und die TA-Luft (Juli 2002) wurden die Emissionen von Anlagen und Komponenten, wie z.B. Armaturen und Pumpen, drastisch begrenzt. Ziel der IVU-Richtlinie ist die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung infolge der IPPC-Tätigkeiten (Integrated Pollution Prevention and Control).

Aufgabe dieser integrierten Betrachtung ist es, insgesamt ein hohes Maß an Schutz für die Umwelt (Schutz der Luft, des Wassers und des Bodens) zu erreichen und nicht etwa die Luft zu Lasten des Wassers zu schützen. IVU-Anlagen müssen dieses Ziel unter Einsatz der „besten verfügbaren Techniken“ verfolgen. Emissionsgrenzwerte müssen sich an diese Techniken orientieren. Die IVU-Richtlinie 96/61/EG ist damit das Instrument der Europäischen Union für die Harmonisierung der Genehmigungsverfahren und -bedingungen. Sie beinhaltet die grundlegenden Regeln für integrierte Genehmigungen. Die Genehmigungen basieren auf dem Konzept der „besten verfügbaren Techniken“ (BVT).



Spaltröhrenmotorpumpen nach API 685 –  
Ein Beitrag zum Umweltschutz

Dr. G. Feldle

In Anhang IV der Richtlinie sind ungefähr 30 Bereiche aufgeführt, die bei der Beurteilung der besten verfügbaren Techniken zu berücksichtigen sind (u.a. Organische Grundchemikalien und Raffinerien). Die Zusammenstellung der besten verfügbaren Techniken finden sich in den sogenannten BVT-Merkblättern. Als beste verfügbaren Techniken für die Vermeidung und Verminderung flüchtiger Emissionen werden dichtungslose Pumpen genannt.

#### **DIE NATIONALE UMSETZUNG DER EU-RICHTLINIE 96/61/EG**

Die nationale Umsetzung der IVU bzw. IPPC-Richtlinien in der Bundesrepublik findet ihren Niederschlag in dem Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnlichen Vorgängen, dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) vom 26. September 2002. Zweck dieses Gesetzes ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen vorzubeugen. Speziell die genehmigungspflichtigen Anlagen, wie Raffinerien und petrochemische Komplexe, dient dieses Gesetz auch der integrierten Vermeidung und Verminderung schädlicher Umwelteinwirkungen durch Emission in Luft, Wasser und Boden unter Einbeziehung der Abfallwirtschaft, um ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen, sowie dem Schutz und der Vorsorge gegen Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen, die auf andere Weise herbeigeführt werden.



Spaltrohrmotorpumpen nach API 685 –  
Ein Beitrag zum Umweltschutz

Dr. G. Feldle

## DIE TA-LUFT

Aus dem Bundes-Immissionsschutzgesetz resultiert wiederum die neue TA-Luft aus dem Jahre 2002: Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft vom Juli 2002. Soweit beim Erlass der TA-Luft BVT-Merkblätter oder fortgeschrittene Merkblatt-Entwürfe der Europäischen Kommission vorlagen, die im Rahmen des Informationsaustausches der IVU-Richtlinien erarbeitet wurden, sind diese darin enthaltenen Informationen in den emissionsbegrenzenden Anforderungen der neuen TA-Luft bereits berücksichtigt. Im Wesentlichen sind Kriterien zur Emissionsvermeidung bzw. -verminderung bei Förderung von flüssigen, organischen Stoffen der Inhalt der BImSchG. Dies betrifft leicht anreicherbare, krebserregende organische Medien (wie Ethylenoxid, Phosgen, Vinylchlorid, Benzol, Butadien, Acrylnitril, etc.), welche in den MAK-Tabellen (Maximale Arbeitsplatz Konzentration) geregelt sind. Als erforderliche Maßnahme wird der Einsatz von dichten Pumpen, wie Spaltrohrmotorpumpen, Magnetkupplungspumpen, sowie konventionellen Pumpen mit drucklosen oder druckbeaufschlagten Gleitringdichtungen (TA-Luft, Abschnitt 5.2.6.1) vorgegeben:

- Hermetische Pumpen mit Spaltrohrmotorantrieb. Absolute Dichtheit dank doppelter Dichthülle (Spaltrohr und Motorgehäuse), kein Sperrmedium erforderlich.
- Magnetkupplungspumpen, nur einfache Dichthülle (Spalttopf), Sekundär-Gleitringdichtung (GLRD) muß überwacht werden, Wiederaufbereitung von Sperrgas zwingend notwendig.
- Mehrfach-GLRD mit Sperrmedium, Wiederaufbereitung der Sperrflüssigkeit zwingend notwendig.
- Mehrfach-GLRD mit trockenlaufender Dichtung, Wiederaufbereitung von Sperrgas zwingend notwendig.

Das Ziel ist eine Null-Leckage an den dynamischen Wellendichtungen, dabei werden jedoch keine speziellen Anforderungen an statische Dichtungen gemacht. Unter bestimmten Voraussetzungen ist eine Umrüstung vor Oktober 2007 erforderlich.



Spaltrohrmotorpumpen nach API 685 –  
Ein Beitrag zum Umweltschutz

Dr. G. Feldle

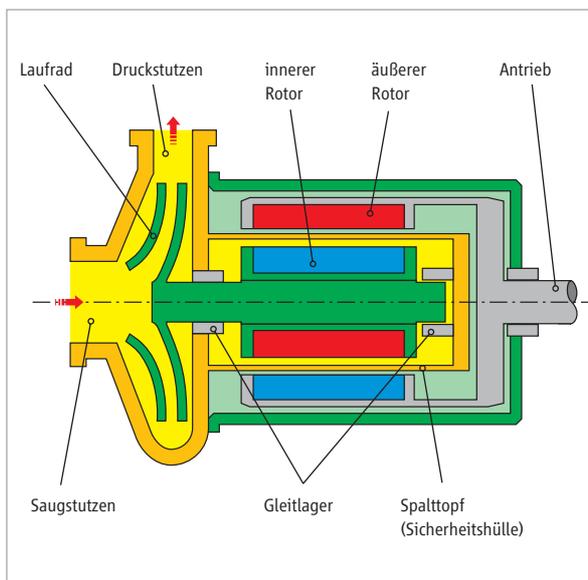


Abbildung 1: Schematische Darstellung einer Magnetkupplungspumpe

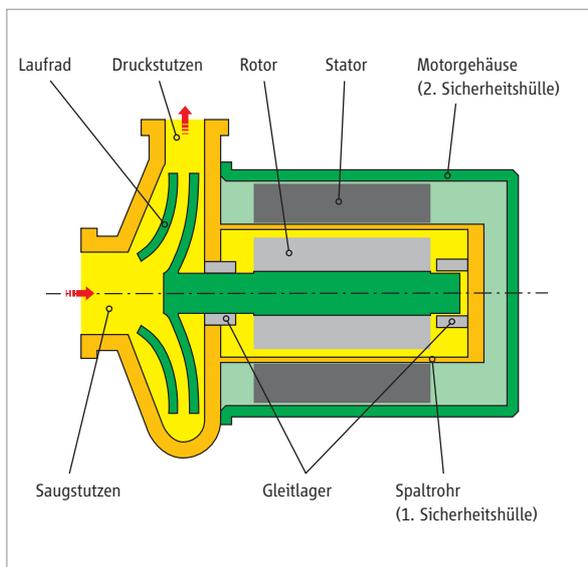


Abbildung 2: Schematische Darstellung einer Spaltrohrmotorpumpe

**DICHTUNGSLOSE PUMPEN**

Ein kritischer Punkt bei konventionellen Kreiselpumpen ist die Abdichtung der Wellendurchführung am Pumpengehäuse. An der Wellenabdichtung leckt systembedingt etwas Flüssigkeit heraus, wenn auch nicht sichtbar. Mit einer doppelten Gleitringdichtung läßt sich dieses Problem beheben. Höhere Sicherheit bieten hermetisch dichte Pumpen, wie Spaltrohrmotorpumpen und Pumpen mit Magnetkupplung, weil sie die Schwachstelle „Wellenabdichtung“ erst gar nicht besitzen, es kann systembedingt nichts nach außen gelangen. Das besondere an hermetisch dichten Pumpen ist die Art des Antriebes. Ansonsten sind es „normale“ Pumpen. Im Gegensatz zu Spaltrohrmotorpumpen haben Pumpen mit Magnetkupplung einen konventionell, außenliegenden Motor. Die Umdrehung des Motor werden berührungslos durch den Spalttopf auf die Welle in der Pumpe übertragen. [Abbildung 1]

Die Magnetkupplung besteht aus einem inneren und einem äußeren Rotor, die beide mit Permanentmagneten bestückt sind. Der innere Rotor sitzt auf der Laufradwelle und wird von dem äußeren Rotor angetrieben, der auf der Motorwelle sitzt. Die magnetische Anziehung zwischen den Polen bewirkt die Kupplung. Die Abdichtung zwischen dem inneren und dem äußeren Rotor übernimmt der Spalttopf. Laufrad, Gleitlager und der innere Rotor befinden sich also im Medium.

Normalerweise ist der Antrieb (z.B. der Elektromotor) von der Pumpe getrennt. Die Kraft wird von dem aussenliegenden Motor durch eine mechanische Kupplung auf das Pumpenlaufrad übertragen. Wenn man den Motor in die Pumpe einbaut, kann man auf die Wellendurchführung am Gehäuse verzichten. Ein Elektromotor besteht bekanntlich aus zwei Hauptteilen: dem Rotor und dem Stator. Bei der Spaltrohrmotorpumpe sind Rotor und Stator durch das Spaltrohr voneinander getrennt. [Abbildung 2]

Spaltrohrmotorpumpen nach API 685 –  
Ein Beitrag zum Umweltschutz

Dr. G. Feldle

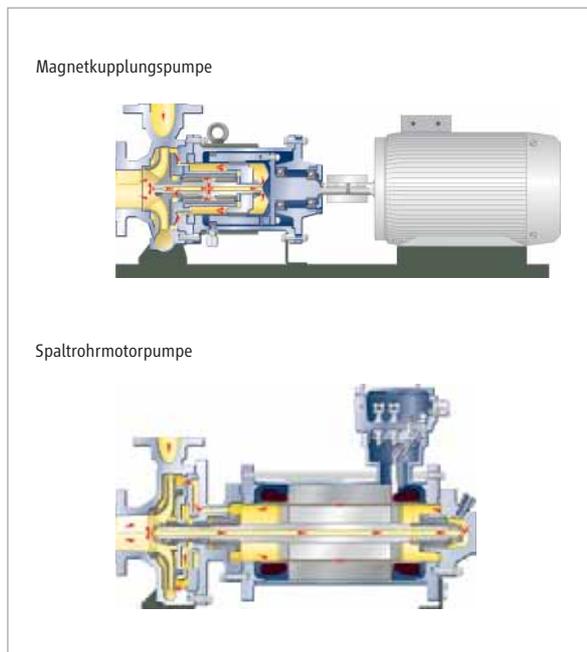


Abbildung 3: Gegenüberstellung Magnetkupplungspumpe – Spaltrohrmotorpumpe

Im Spaltrohr ist die geförderte Flüssigkeit, es ist also naß. Dort befinden sich der Rotor und die beiden mediumgeschmierten Gleitlager, in denen die Welle gelagert ist. Der Rotor ist über die Welle mit dem Laufrad verbunden. Außerhalb des Spaltrohres – und damit im Trockenen – befindet sich die Motorwicklung und die elektrischen Anschlüsse. Im Folgenden eine kurze Gegenüberstellung der dichtunglosen Kreiselpumpen im Vergleich [Abbildung 3]:

#### *Spaltrohrmotorpumpen*

- Doppelte Dichthülle: Selbst in seltensten Fällen bei Zerstörung des Spaltrohres gelangt keine Flüssigkeit nach außen; dadurch 100% leakagefrei!
- Keine Gleitringdichtungen: Durch dichtunglose Bauweise entfallen diese kostenintensiven Verschleißteile, dadurch optimale MTBF-Werte (Mean Time Between Failure), reduzierte Maintenance-Kosten und lange Betriebsdauer.
- Keinerlei Schmierflüssigkeiten und Sperrmedien erforderlich: Dank der wellendichtungslosen Konstruktion und der mediumgeschmierten hydrodynamischen Gleitlager wird keine kostspielige und aufwendige Installation von Schmier- und Kühlsystemen erforderlich.
- Blockbauweise: Durch die integrale, kompakte Blockbauweise ist keine Wellenausrichtung erforderlich. Kupplung und Kupplungsschutz entfallen dadurch, ebenso wie aufwendige Grundplattenkonstruktionen.
- Niedriger Geräuschpegel: Ohne Kupplung, Kugellagerung und Motorlüfter liegt der Geräuschpegel weit unter dem sonst üblichen Niveau.

#### *Magnetkupplungspumpen*

- Sicherheitshülle: Bei Beschädigung des Spalttopfes sind Leckagen möglich. Eine zweite Sicherheitshülle ist nicht vorhanden.
- Motor und Pumpe sind getrennt: Pumpe und Motor müssen ausgerichtet werden. Ein Fundament ist notwendig, um das große Gewicht des Motors zu tragen und die Gefahr eines Versatzes zu vermeiden.
- Hoher Geräuschpegel: Kugellager, Kupplung und vor allem der Motorlüfter bestimmen den Geräuschpegel, das Niveau entspricht dem von konventionellen Kreiselpumpen mit Gleitringdichtung.

Spaltrohrmotorpumpen nach API 685 –  
Ein Beitrag zum Umweltschutz

Dr. G. Feldle

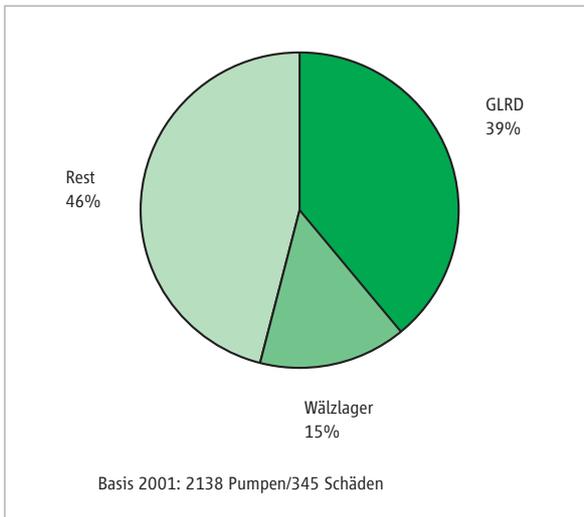


Abbildung 4: Verteilung der Schäden an konventionellen Kreiselpumpen  
Quelle: Raffinerie Schwechat/OMV

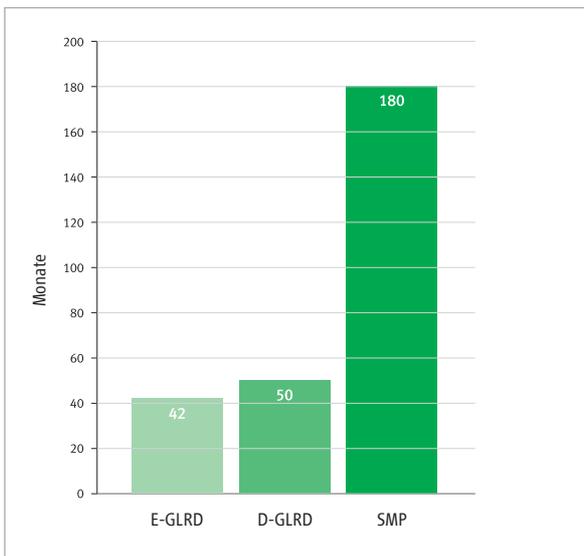


Abbildung 5: MTBF-Vergleich von konventionellen Pumpen und Spaltrohrmotorpumpen

**DIE API 685**

Erste Spaltrohrmotorpumpen kleiner Antriebsleistung, noch in konstruktiv einfacher Ausführung, waren Heizungsumwälzpumpen. Diese Bauart bewährte sich jedoch so gut, daß innerhalb eines Jahrzehntes Kreiselpumpen mit Wellendichtungen zur Umwälzung von Warmwasser in Zentralheizungen vollständig verdrängt wurden. Immerhin liegt der Anteil der Schäden durch die Wellendichtung bei konventionellen Kreiselpumpen bei 39%, wie eine Analyse der Raffinerie Schwechat zeigt. Hier wurden über einen Zeitraum von 10 Jahren 2138 Pumpen ausgewertet. [Abbildung 4]

Eine andere Statistik einer deutschen Raffinerie zeigt den Vergleich der MTBF-Werte (Mean Time Between Failure) zwischen konventionellen Pumpen mit einfach- (E-GLRD) bzw. doppelwirkender (D-GLRD) Gleitringdichtung und Spaltrohrmotorpumpen. Die Analyse ist ebenfalls das Ergebnis einer mehrjährigen Auswertung von über 1000 Prozesspumpen mit Gleitringdichtung und ca. 100 Spaltrohrmotorpumpen. [Abbildung 5]

In der chemischen und verfahrenstechnischen Industrie haben sich schon in den 30-iger Jahren Spaltrohrmotorpumpen durchgesetzt. In petrochemischen Anlagen und Raffinerien sind sie aufgrund der eingangs erwähnten Umweltschutz-Gesetzgebung nun auch auf dem Vormarsch. Dazu trägt entscheidend die relativ neue API 685, Edition 1 – Seal-less Centrifugal Pumps for Petroleum, Heavy Duty Chemical and Gas Industry Services – bei. Sie schließt die Lücke einer fehlenden Spezifikation für dichtungslose Pumpen, analog der API 610 für konventionelle Kreiselpumpen. Der API-Markt wartet schon lange auf eine solche standardisierte Technologie, um die Vorteile der dichtungslosen Pumpentechnik, wie hermetische Dichtheit, Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit in seinen Anwendungen erfolgreich einzusetzen.



Spaltrohrmotorpumpen nach API 685 –  
Ein Beitrag zum Umweltschutz

Dr. G. Feldle

In Abbildung 6 sind schematisch die einzelnen Bearbeitungsbereiche bzw. Geschäftsfelder bei der Gewinnung und Verarbeitung von Öl und Gas zu chemischen Produkten dargestellt. Die Übergänge und damit der Einsatz von API-Pumpen und Pumpen nach den Chemienormen ANSI bzw. DIN ISO sind an bestimmten Schnittstellen fließend. Die API 685 findet obligatorisch überall dort ihre Anwendung, wo in Raffinerien, Petrochemie und Gasindustrie bestimmte Betriebsparameter festgelegte Grenzwerte überschreiten. Darüber hinaus kann auch der Anlagenbetreiber bzw. Endkunde selbst den Einsatz von API 685-Pumpen fordern. In der API 685 wird die konstruktive Ausführung von dichtungslosen Kreiselpumpen spezifiziert. Neben der Grundausführung inklusive Zubehör beinhaltet sie auch spezifische Anforderungen an Spaltrohrmotorpumpen. Diese betreffen besonders den konstruktiven Aufbau inklusive Abdichtung und Antrieb.

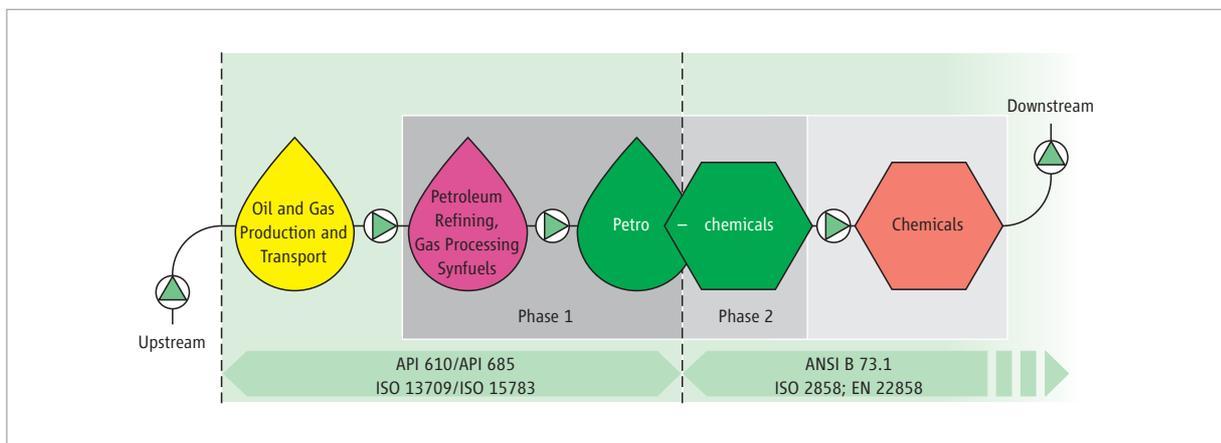


Abbildung 6: Definition der Geschäftsfelder

Spaltrohrmotorpumpen nach API 685 –  
Ein Beitrag zum Umweltschutz

Dr. G. Feldle

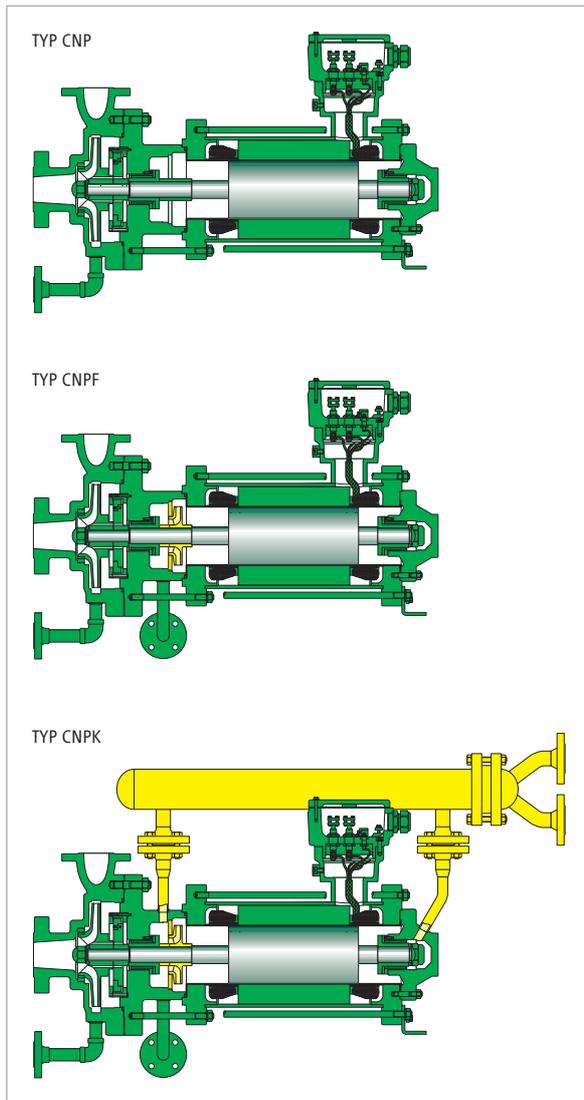


Abbildung 7: Baukastenprinzip

### MODULARES BAUKASTENSYSTEM

Um die Anforderungen der Kunden nach niedrigen Lebenszykluskosten, neben den bereits erwähnten sonstigen Anforderungen zu erfüllen, und andererseits die Entstehungskosten zu minimieren, wurde ein modulares Baukastensystem für die API 685-Kreiselpumpen entwickelt. Das Ziel ist es, mit wenigen Standardbaugruppen ein Optimum an Basisausführungen und Varianten zu erhalten. Die Standardbaugruppen bestehen aus den Hydrauliken (Gehäuse, Laufrad), Spaltrohrmotoren, Adapter und externer Kühler (inklusive Verrohrung). Damit lassen sich durch physikalisch sinnvolle Kombinationen die drei vorgesehenen Ausführungsvarianten erstellen [Abbildung 7]:

- CNP Basisversion
- CNPF Flüssiggasausführung
- CNPK Hochtemperaturlösung (mit externem Kühler)

Spaltrohrmotorpumpen nach API 685 –  
Ein Beitrag zum Umweltschutz

Dr. G. Feldle

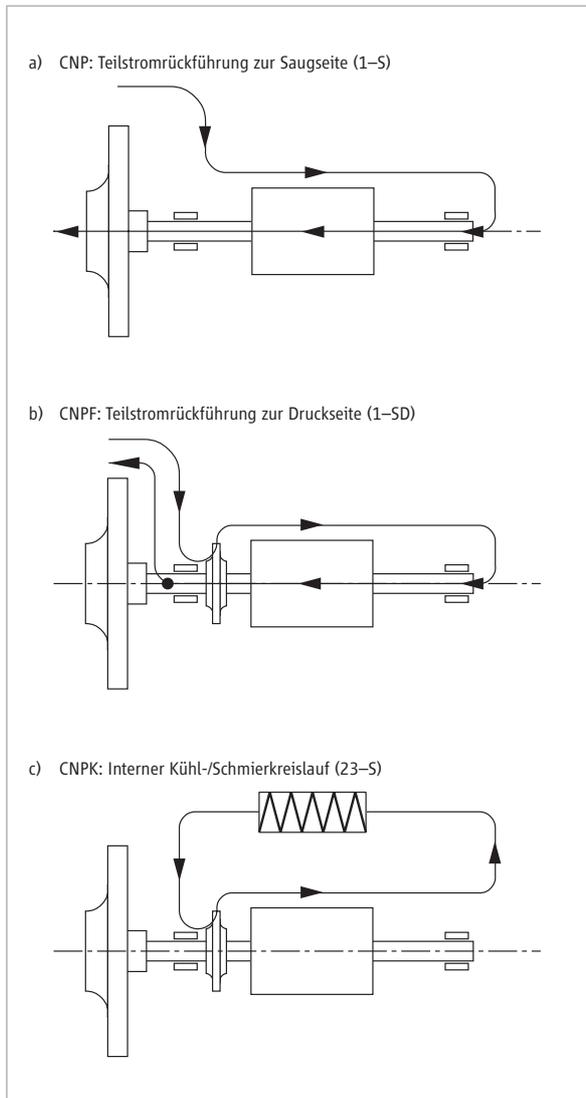


Abbildung 8: Verrohrungspläne nach API 685, Appendix D

Im Wesentlichen unterscheiden sich diese Ausführungen durch die unterschiedlichen Teilstromführungen des Kühl- und Schmierstromkreislaufes, die in der API 685 im Appendix D definiert sind. [Abbildung 8]

Für die drei Ausführungsvarianten sind dies die Verrohrungspläne 1-5 (CNP), 1-SD (CNPF) und 23-5 (CNPK).

#### Funktionsweise der drei Ausführungsvarianten

Bei der Basisversion wird der Teilstrom zur Kühlung des Motors und Schmierung der Gleitlager an der Peripherie des Laufrades über einen Ringfilter abgezweigt und nach dem Durchströmen des Motorspaltes wieder durch die Hohlwelle auf die Saugseite des Laufrades zurückgeführt. Fluide, die sich bei Fördertemperatur in der Nähe des Siedezustandes befinden oder sogar schon siedend (z.B. Flüssiggase), können mit Aggregaten dieser Baureihe nicht gefördert werden. Bei der Flüssiggasausführung wird der Teilstrom ebenfalls an der Peripherie des Laufrades über einen Ringfilter abgezweigt und nach Durchströmen der Hohlwelle wieder auf die Druckseite des Laufrades zurückgeführt. Ein Hilfslaufrad dient zur Überwindung der auf diesem Strömungsweg anfallenden hydraulischen Verlusten. Durch die Teilstromrückführung zur Druckseite hat der, der größten Erwärmung entsprechende Punkt, genügend Abstand von der Siedelinie. Unter sonst gleichen Bedingungen können daher mit dieser Baureihe auch Flüssiggase mit extrem steiler Dampfdruckkurve gefördert werden.

Bei der Hochtemperatursausführung mit externem Kühler gelangt das Fördermedium durch den Saugstutzen in das Laufrad und wird durch dieses zum Druckstutzen gefördert. Den direkten Wärmeübergang vom Pumpenbereich zum Motorteil verhindert eine Wärmesperre, die auch als Adapter zwischen den Pumpengehäusen und verschiedenen Motorgrößen dient. Die Motorverlustwärme wird durch den sekundären Kühl-/Schmierkreislauf in einem getrennt angeordneten Wärmetauscher abgeführt. Dieser Kühl-/Schmierkreislauf versorgt gleichzeitig die hydrodynamischen Gleitlager.

Spaltrohrmotorpumpen nach API 685 –  
Ein Beitrag zum Umweltschutz

Dr. G. Feldle

Die Baureihe besteht aus einer einstufigen Pumpenhydraulik nach API 610, Edition 9, welche mit der zuverlässigen Spaltrohrmotortechnologie nach API 685, Edition 1, kombiniert wird. Die achsmittige („center line“) Pumpenaufstellung mit geflanschter Entleerung gehören ebenso zur Standardausführung, wie die obligatorischen Flansche nach ANSI 300 lbs.RF. Der modulare API 685-Baukasten deckt den kompletten Leistungsbereich einstufiger Kreiselpumpen ab von Fördermengen bis 800 m<sup>3</sup>/h bei Förderhöhen bis 300 m. Die Spaltrohrmotoren sind bis zu einer Leistung von 325 kW vorhanden. Die komplette Baureihe ist nach ATEX 100a (EG-Richtlinie 94/9/EG) zertifiziert, auch ist die Ausführung nach dem amerikanischen Ex-Schutz UL (Underwriters Laboratories) verfügbar.

Die Pumpen sind geeignet für Heavy Duty Anwendung und somit ausgelegt nach dem obligatorischen API-Nenndruck von PN 50. Hydraulik und Spaltrohrmotor werden einem Prüfdruck von 75 bar unterzogen. Die Werkstoffe entsprechen der Appendix H der API 685. In den eingangs erwähnten Industrien werden nahezu alle Medien gefördert. Diese vielseitigen Förderaufgaben umfassen

- Fluide mit niedrigsten Viskositäten
- Fluide mit höchsten Dampfdrücken
- Hoch- und tieftemperierte Fluide zwischen -150 °C bis +480 °C
- Hochdruckkreisläufe mit flüssigen Stoffen oder superkritischen Gasen



## Spaltrohrmotorpumpen nach API 685 – Ein Beitrag zum Umweltschutz

Dr. G. Feldle



Abbildung 9: Standardausführung Typ CNP/CNPF

Dafür gibt es neben den drei Standardausführungen auch definierte Variantenträger, die sich aus dem Standardbaukasten realisieren lassen. Abbildung 9 und Abbildung 10 zeigen die Standardausführungen CNP bzw. CNPF und die CNPK, in Abbildung 11 ist eine vertikale Spaltrohrmotorpumpe CNPFV dargestellt, die sich aus Standardbaugruppen zusammensetzt.

### ZUSAMMENFASSUNG

Spaltrohrmotorpumpen gelten nach der europäischen IPPC-Richtlinie 96/61/EG und deren BAT-Merkblätter als „Beste verfügbare Technologie“ bei Förderung gefährlicher und umweltbelastenden Medien. Sie sind 100% leckagefrei und leisten damit auch einen wesentlichen Beitrag zum primären Explosionsschutz. Durch den Einsatz eines modularen Baukastens ist es zudem möglich, flexible Umbaumöglichkeiten, kurze Lieferzeiten und niedrige Lebenszykluskosten zu realisieren.



Abbildung 10: Standardausführung Typ CNPK mit externem Kühler



Abbildung 11: vertikale Spaltrohrmotorpumpe Typ CNPFV

Spaltrohrmotorpumpen nach API 685 –  
Ein Beitrag zum Umweltschutz

Dr. G. Feldle

## LITERATURQUELLEN

*Dr. R. Krämer*

API 685 Symposium, HERMETIC-Pumpen GmbH,  
14.Okt. 2005

*D. Lau*

API 685 – seal-less technology in petrochemicals, oil & gas  
PUMP engineer February 2004

*D. Lau*

API 685 – dichtungslos für Raffinerie und Petrochemie  
Delta p 1/2004

*Dr. G. Feldle*

Flexibilität hermetischer Pumpen durch modulares  
Baukastensystem  
Industriepumpen und Kompressoren Heft 2/2002 Mai

*S. Liegat, D. Lau*

Dicht, zuverlässig und langlebig  
Delta p 4/2003

*G. Trommer*

Die richtige Balance  
PROCESS 1-2/2003

