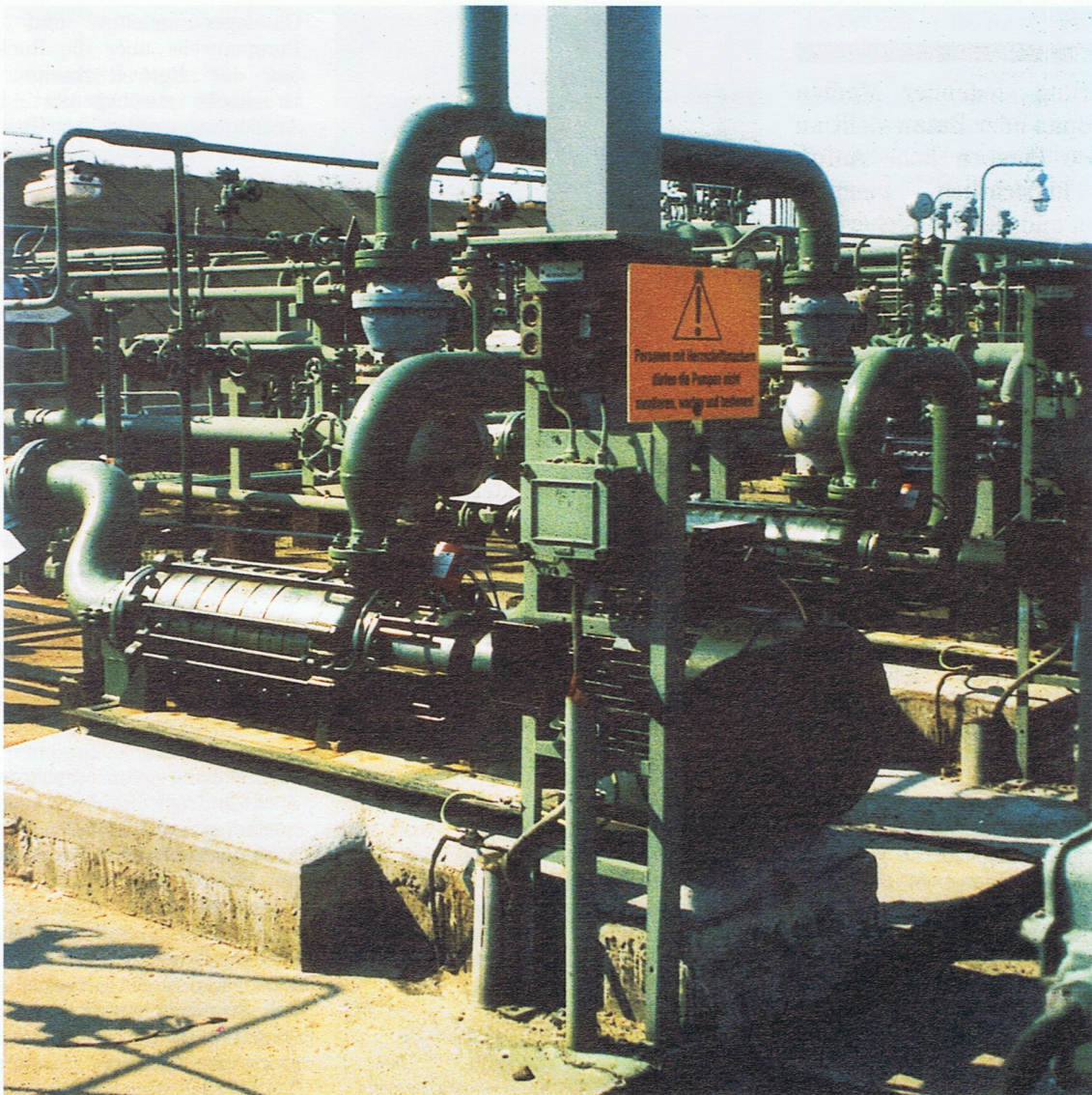


# Siedende Medien fördern

Leckagefreie Kreiselpumpen mit Permanentmagnet-Kupplungen



Sonderdruck aus  
VERFAHRENSTECHNIK  
ACHEMA-REPORT 2000



# Siedende Medien fördern

## Leckagefreie Kreiselpumpen mit Permanentmagnet-Kupplungen

HARRY SCHOMMER

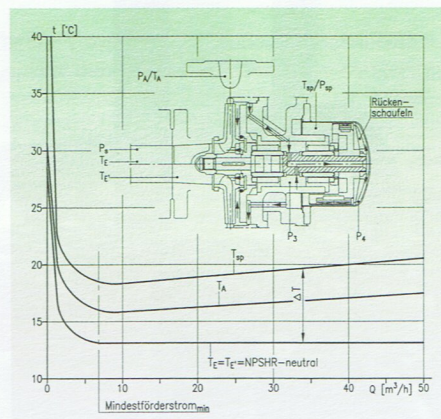
Die Förderung siedender Medien wie z. B. Propan oder Butan stellt an dichtungslose Pumpen hohe Anforderungen hinsichtlich Pumpenkonstruktion und Betriebssicherheit. Nachfolgend wird die allgemeine Problematik bei der Förderung siedender Kohlenwasserstoffe erläutert, außerdem werden ein neuentwickeltes Überwachungssystem und eine speziell auf diese Problematik zugeschnittene Pumpenkonstruktion vorgestellt (Bild 1).

Unter siedenden Medien versteht man Fluide, deren Verdampfungstemperatur bei Atmosphärendruck wesentlich unter der Umgebungstemperatur liegt, z. B. Propan, Butan, Methylchlorid, Butadien usw. Mangelnde Schmierfähigkeit bzw. geringe Viskosität erfordern Trockenlauf geeignete Gleitlager, niedrige Zulaufhöhen und die Förderung bei Siedetemperatur bedingen entsprechend niedrige NPSH-Werte. Eine Rückführung des internen Kühlstromes zur Ableitung der Magnetverlustwärme zur Saugseite ist nicht möglich. Die Verdampfung des Fördermediums im Spalttopfbereich muss vermieden werden und eine sichere Überwachung muss gewährleistet sein.

Dipl.-Ing. H. Schommer, Technischer Leiter der DICKOW PUMPEN KG, Waldkraiburg



1: Flüssiggaspumpe mit Mag-Safe-Überwachung zur Auslagerung von Propan/Butan im Raffineriebetrieb



2: Temperaturverhalten im Kühlstrom

### Temperaturverhalten, interner Kühlstrom

In hermetisch dichten Pumpen mit Magnetkupplung und metallischen Spalttöpfen entstehen im Betrieb Wirbelströme, die sich in Wärme umsetzen und zu einem entsprechenden Anstieg der Temperatur des Fördermediums im Spalttopfbereich führen. Zur Vermeidung unzulässiger Temperaturerhöhung ist diese Wärme durch einen internen Kühl- bzw. Zirkulationsstrom abzuführen. Zur Führung dieses Zirkulationsstromes, der als Teilstrom vom Hauptförderstrom abgezweigt wird und durch den Spalt zwischen internem Rotor und Spalttopf fließt, gibt es je nach Pumpenbauart verschiedene Möglichkeiten.

Bei einstufigen Spiralgehäuse-Pumpen (Bild 2) wird der Zirkulationsstrom auf der Druckseite hinter dem Laufrad entnommen, in den Raum zwischen die

Gleitlager geleitet und durch die Pumpenwelle über die Rückenschaufeln auf der Rotor-Rückseite wieder zur Druckseite zurückgeführt. Durch diese Anordnung werden der Gleitlagerbereich und der Spalttopf mit nahezu dem vollen Pumpendruck beaufschlagt, so dass der Gasbildung durch Erwärmung des Produktes in diesen Bereichen entgegen gewirkt wird. An der Stelle der kritischen Temperaturerhöhung herrscht der maximale Druck P<sub>4</sub>. Bei mehrstufigen Gliederpumpen (Bild 6) wird der Zirkulationsstrom von der Pumpen-Druckseite durch die Pumpenwelle zum Laufrad der letzten Förderstufe geführt. Im Spalttopf-Bereich herrscht somit der Förderdruck der vorletzten Stufe. Es ist zu beachten, dass in beiden Fällen kein erwärmtes Medium zur Saugseite fließt, so dass keine negative Beeinflussung des NPSH-Wertes stattfindet, d.h. die Pumpen verhalten sich NPSH-neutral.

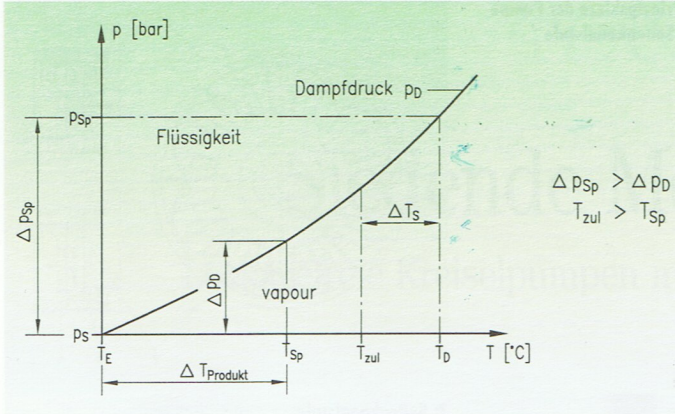
### Mindestförderstrom, zulässige Spalttopftemperatur

Bei Förderung siedender Medien, d. h. von Produkten, deren Dampfdruck in etwa dem Zulaufdruck P<sub>s</sub> entspricht, ist der Zusammenhang von Spalttopftemperatur, Spalttopfdruck und Siedepunkt des Fördermediums unbedingt zu beachten, um Siedepunkt-Überschreitung im Spalttopf mit Sicherheit auszuschließen. Diese Zusammenhänge sind in Bild 3 dargestellt.

Grundsätzlich muss gewährleistet sein, dass die Drucküberlagerung  $\Delta P_{sp}$  im Spalttopf während des Betriebes höher ist, als der erwärmungsbedingte Dampfdruckanstieg  $\Delta P_D$  des Fördermediums. Zur Bestimmung der zulässigen Spalttopftemperatur T<sub>zul</sub> ist daher gemäß Bild 3 die Dampfdruckkurve des Fördermediums heranzuziehen. Aus dem Schnittpunkt von Spalttopfdruck im Auslegungspunkt der Pumpe mit der Dampfdruckkurve ergibt sich die Siedetemperatur T<sub>D</sub> und mit einer entsprechenden Sicherheitsmarge  $\Delta TS$  schließlich die zulässige Spalttopftemperatur T<sub>zul</sub>, die größer sein muss, als die aus der Dampfdruckkurve errechnete Spalttopftemperatur T<sub>sp</sub>, um Siedepunkt-Überschreitung zu vermeiden.

Gemäß Bild 2 ist zu beachten, dass bei Unterschreitung eines gewissen Mindestförderstromes die Spalttopftemperatur überproportional ansteigt. Bei Ermittlung des Dampfdruckanstieges  $\Delta P_D$  ist daher die Temperaturerhöhung bei Mindest-





3: Spalttopftemperatur, Dampfdruckkurve

Der treibende Magnet schert den Verbindungsdraht ab, und die Maschine wird stillgesetzt, bevor es zu einer Beschädigung des Spalttopfes kommt.

**Gliederpumpe mit integrierter Seitenkanalstufe**

Bild 1 zeigt eine mehrstufige Gliederpumpe zur Auslagerung von Flüssiggas bzw. zur Befüllung von Eisenbahn-Kesselwagen. Die Fördermengen derartiger Pumpen liegen zwischen 75 und 100 m³/h bei Förderhöhen von 90 bis 140 mFS. Zur Reduzierung der Magnetverlustleistung und zur Erzielung niedriger erforderlicher NPSH-Werte wurde die Drehzahl 1450 min⁻¹ gewählt. Die Pumpen arbeiten im intermittierenden Betrieb und werden bei Bedarf über eine zentrale Messwarte eingeschaltet.

Die in der Raffinerie erzeugten Produkte Butan bzw. Propan werden vor der Verladung in entsprechenden Lagertanks zwischengelagert. Während die Lagertanks aus

förderstrom zugrunde zu legen. Bei Pumpen zur Förderung siedender Medien ist die Sicherheit gegen Siedepunkt-Überschreitung vom Hersteller rechnerisch nachzuweisen.

**Überwachung direkt an der Wärmequelle**

Bei konventionellen Pumpen mit doppelt wirkenden Gleitringdichtungen sind bei Flüssiggas-Förderung in der Anlage zur TRB 801 Nr. 25, Ausgabe Dezember 1991, eine Überwachung des Sperrmediums und der Lagertemperatur sowie Trockenlaufschutz vorgeschrieben.

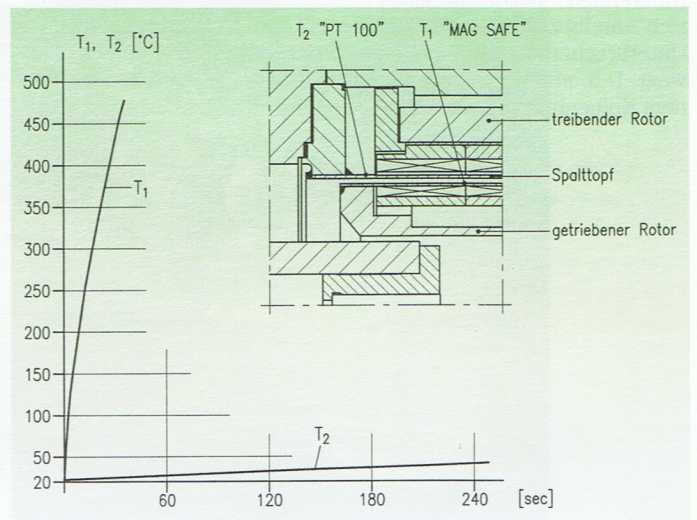
Zur Überwachung von Pumpen mit Permanentmagnet-Kupplungen werden bevorzugt Widerstandstemperatur-Fühler PT100, angeordnet auf der Spalttopf-Oberfläche, eingesetzt. Die Problematik, Pumpen mit PT100-Fühlern gegen Schäden abzusichern, ist bekannt. Insbesondere wurde gemäß Bild 4 festgestellt, dass die Spalttopf-Oberflächentemperatur T1 im Zentrum der Magnete wesentlich von der Oberflächentemperatur T2 an der PT100-Messstelle außerhalb der Magnete abweicht. Es ist zu beachten, dass z. B. bei einer Magnetverlustleistung von nur 2 kW nach 20 Sekunden Trockenlauf im Bereich der Magnete eine Spalttopftemperatur von 330 °C auftritt.

Bild 5 zeigt die Mag-Safe-Überwachung, die die Spalttopftemperatur direkt an der Wärmequelle erfasst und in ein lineares Ausgangssignal von 4 bis 20 mA umwandelt. Damit lässt sich über einen entsprechenden Grenzwertgeber jede gewünschte Abschalttemperatur im Bereich zwischen -50 und 250 °C einstellen. Hierdurch ergeben sich gegenüber der herkömmlichen PT100-Überwachung wesentliche Vorteile:

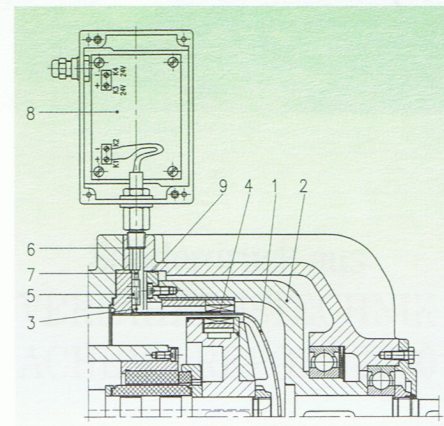
- gemäß Bild 4 extrem schnelle Reaktion auf alle auftretenden Temperaturerhöhungen, d. h. rechtzeitige Abschaltung auch bei Trockenlauf. In Verbindung mit diamantbeschichteten Gleitlagern, die durch ihre Notlauf Eigenschaften Trockenlauf-Situationen bis zur Aktivierung des Mag-Safe ohne Probleme überstehen, ist hier ein zuverlässiger Schutz gegen Gleitlagerschäden gegeben.
- Sichere Abschaltung ist auch bei abgerissener Magnetkupplung gewährleistet.
- Da der Spalttopf mit den darin induzierten Wirbelströmen die eigentliche Wärmequelle darstellt, wird eine Temperaturver-

änderung bereits registriert, bevor sie sich auf die Temperatur des Fördermediums im Spalttopf auswirkt. Siedepunktüberschreitungen bei korrekt eingestellter Grenztemperatur sind somit ausgeschlossen.

4: Spalttopf-Oberflächentemperatur, Trockenlauf



- Unzulässige Spalttopf-Oberflächentemperaturen im Ex-Bereich sind ausgeschlossen.
- Bei ausgeschlagener bzw. heißlaufender Wälzlagerung rotiert die äußere Magnetkupplung bedingt durch eine gewisse Restunwucht exzentrisch und läuft am gesamten Umfang der Anlaufsicherung an.



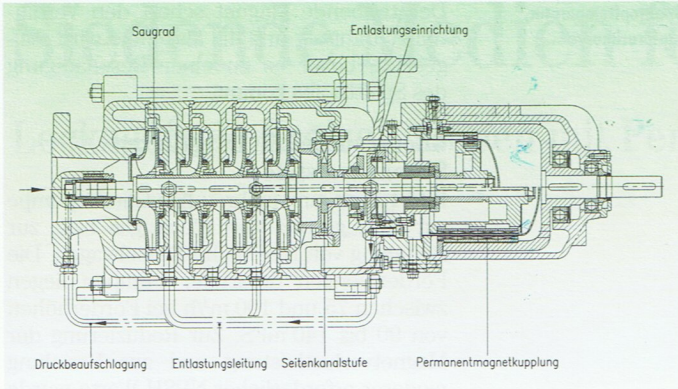
5: Temperaturüberwachung Mag Safe

1 Spalttopf, 2 Treibender Magnet, 3 Verbindungsdraht, 4 Thermoelement, 5 Anschlussbuchse, 6 Gewindebohrung zur Aufnahme des Anschlusssteckers, 7 Anschlussstecker, 8 Verstärker, Ausgang 4 bis 20 mA, 9 Anlaufsicherung

Sicherheitsgründen Erdabdeckung besitzen (freistehende Kugelbehälter sind nicht mehr zulässig), sind Pumpe und Rohrleitung der vollen Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Der dadurch bewirkte Temperaturunterschied zwischen Pumpe und Behälterinnenraum führt dazu, dass sich trotz der Stickstoffüberlagerung im Behälter durch Siedepunkt-Überschreitung bei stehender Pumpe in der Saugleitung Gasblasen bilden.

Zwar ist am höchsten Punkt der Saugleitung über ein Schwimmerventil eine automatische Entlüftung zur Fackel vorgesehen, die beim Anfahren der Pumpe geschlossen wird, das schließt jedoch nicht aus, dass saugseitig noch Gasblasen vorhanden sind. D.h. die Pumpe muss in der Lage sein, beim Anfahren einen Gasphasenanteil aus der Saugleitung zu evakuieren. Da normalsaugende Kreiselpumpen nicht in der Lage sind, Medien mit einem Gasanteil von mehr als sieben Prozent zu fördern, wurde in der Pumpe (Bild 6) druckseitig eine Seitenkanalstufe (Bild 7) angeordnet. Diese besteht aus dem Seitenkanalrad, dem Saugstück und dem Druckstück mit Seitenkanal und Unterbrecher. Charakteristisches Merkmal ist der Seitenkanal zwischen dem Eintritt





6: Prinzipskizze der Pumpe mit Seitenkanalstufe

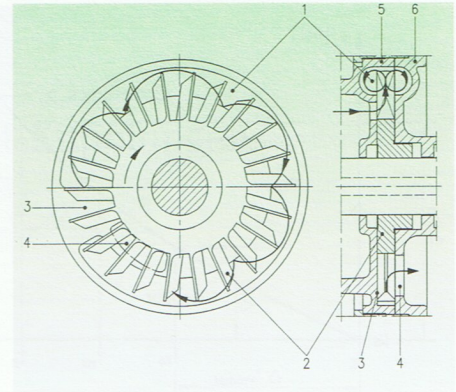
in der Saugstufe und dem Austritt in der Druckstufe.

Saug- und Druckbereich werden durch den Unterbrecher getrennt. In der Anfahrphase arbeitet die Seitenkanalstufe nach dem Prinzip einer Verdrängerpumpe. Der Verdrängereffekt wird bewirkt durch den rotierenden Betriebsflüssigkeitsring, der sich ständig zwischen Seitenkanal und – im Unterbrecherbereich – Seitenkanalrad bewegt. D.h. mit jeder Umdrehung findet ein dem Kolbenhub der Verdrängerpumpe ähn-

licher Vorgang statt, wobei die Betriebsflüssigkeit den Kolben darstellt. Die saugseitig vorhandene Gasphase wird in der Seitenkanalstufe komprimiert und wieder in die Flüssigphase zurückgeführt. Die damit erfolgende Volumenreduzierung beschleunigt die Anfahrphase.

#### Wartungsfrei

Die Pumpen mit Mag-Safe-Überwachung arbeiten seit mehreren Jahren wartungsfrei. Aufgetretene Anlagenprobleme wie



7: Seitenkanalstufe

1 Seitenkanal, 2 Seitenkanalrad, 3 Unterbrecherbereich, 4 Gasaustritt, 5 Saugstück, 6 Druckstück

Unterschreitung des Mindestfüllstandes im Tank oder unzureichende Drucküberlagerung im Tank wurden von der Mag-Safe-Überwachung erkannt, d.h. in beiden Fällen wurden die Pumpen rechtzeitig abgeschaltet.