

# Der Sonne entgegen

## Spaltrohrmotorpumpen für den Hochtemperatureinsatz in solarthermischen Kraftwerken

Dr. Günter Feldle

**Spaltrohrmotorpumpen für den Hochtemperatureinsatz werden in vielen technischen und industriellen Prozessen eingesetzt, wenn Prozesswärme zur Verfügung gestellt werden muss. Mit der Solarthermie hat sich nun ein neues Anwendungsfeld aufgetan, in dem Hochtemperatur-Spaltrohrmotorpumpen aufgrund ihrer Eigenschaften bevorzugt zum Einsatz kommen.**

Für Temperaturen bis +320 °C werden in der Regel Chemienormpumpen eingesetzt (mit Gleitringdichtung und Pumpenfüßen auf der Grundplatte), die vom konventionellen Motor durch eine Wärmesperre getrennt sind. Durch den vorhandenen Kostendruck der Anlagenbauer wird oft auf Kompensatoren verzichtet, sodass bei Temperaturen über +320 °C die Stutzen- und Momentenkräfte des Rohrleitungssystems direkt auf die Stutzen der Pumpen übertragen werden. Dies kann zu Deformationen am Pumpengehäuse führen. Für die Temperaturen über +320 °C und bis max. +450 °C ist ein Pumpenkonzept, basierend auf der API 685, oft die bessere Lösung. Für dichtunglose Pumpen gibt es seit 2002 die API 685, Edition 1, die die Lücke der API 610 für einstufige, dichtunglose Pumpen schließt (Magnetkupplungspumpen und Spaltrohrmotorpumpen). Das Pumpengehäuse ist mit Aufhängungen (Pum-

penfüße) achsmittig ausgestattet, wie es zum Beispiel bei Kesselspeisepumpen seit Jahrzehnten üblich ist. Dadurch kann die temperaturbedingte Ausdehnung des Pumpengehäuses gleichmäßig nach oben und unten gewährleistet werden.

Bei Spaltrohrmotorpumpen handelt es sich um dichtsichere, d. h. völlig geschlossene Kreiselpumpen in Monoblockausführung, bei denen der Antrieb auf der gemeinsamen Welle auf elektromagnetischem Wege über den sogenannten Spaltrohrmotor erfolgt. Der Rotor und Stator des im Prinzip herkömmlichen Asynchronmotors werden durch unmagnetische Werkstoffe gegen korrosive Einflüsse geschützt. Ein Teilstrom wird zur Kühlung des Motors und zur Schmierung der zwei baugleichen hydrodynamischen Gleitlager benutzt. Nach dem Durchströmen des Spaltes zwischen Rotor und Stator wird der Teilstrom wieder durch die Hohlwelle auf die Druck-

seite des Laufrades zurückgeführt. Für Hochtemperaturenanwendungen bieten sich zwei unterschiedliche Konstruktionsprinzipien an: Spaltrohrmotorpumpen mit fremdgekühlten Motoren (Bild 1, links) oder Spaltrohrmotorpumpen mit eigengekühlten Motoren (Bild 1, rechts).

### Spaltrohrmotorpumpen mit fremdgekühlten Motoren

Pumpe und Spaltrohrmotor werden bei diesem Konzept durch ein Zwischenstück, das als Wärmesperre fungiert, räumlich voneinander getrennt. Auf diese Weise wird vermieden, dass die Wärme von der Pumpe auf den Motor übertragen wird. Über einen relativ engen und langen Ringspalt erfolgt der Druckausgleich zwischen der Hydraulik und dem Rotorraum.

Im Motor selbst ist ein Hilfslaufrad installiert, das die im Rotorraum befindliche artgleiche Flüssigkeit über einen um den Motor herum angeordneten oder separat montierten außenliegenden Kühler umwälzt. Die Motorverlustwärme wird dabei von einer Kühlflüssigkeit aufgenommen. Auf diese Weise entstehen zwei Förderkreise mit unterschiedlichem Temperaturniveau. Der Betriebskreislauf kann für Temperaturen bis +450 °C zugelassen werden, während die Förderflüssigkeit des sekundären Kühlschmierkreislaufes wesentlich niedrigere Temperaturen von +60 bis +80 °C aufweist. Deshalb kann die Motorwicklung mit der langlebigen Isolationsklasse H ausgeführt werden. Infolge des Druckausgleiches im Ringspalt der Wärmesperre findet so gut wie kein Flüssigkeitsaustausch zwischen den beiden Temperaturniveaus statt. Durch die Verwendung eines separaten Kühlkreislaufes ist es nicht notwendig, den Motorteilstrom von dem hohen Betriebstemperaturniveau auf einen bei normalen Spaltrohrmotoren zulässigen Wert herunterzukühlen, um ihn dann wieder dem Förderstrom beizumengen. Dies würde einen zu hohen Energieverlust verursachen. Diese Kühlervariante bzw. -anordnung kann bei ein- und mehrstufigen Spaltrohrmotorpumpen eingesetzt werden. Aus Kostengründen kann neben dem klassischen Rohrbündelkühler auf kompakte Plattenkühler zurückgegriffen werden.

Steht kein Kühlwasser zur Verfügung, können auch Luftkühler diverser Bauweise eingesetzt werden. Hier gibt es einfache Wabenkühler mit Ventilatoren, die über dem Aggregat angeordnet und auf der Grundplatte befestigt sind (Bild 2). Bei größeren Pumpenleistungen werden separat aufgestellte System-Trockenluftkühler (ebenfalls mit Axialventilatoren) eingesetzt.

Bild 1: Für Hochtemperaturenanwendungen bieten sich zwei unterschiedliche Konstruktionsprinzipien an: Spaltrohrmotorpumpen mit fremdgekühlten Motoren (links, einstufige Spaltrohrmotorpumpe CNPK) oder Spaltrohrmotorpumpen mit eigengekühlten Motoren (rechts, einstufige Spaltrohrmotorpumpe CNPF)

### Spaltrohrmotorpumpen mit eigengekühlten Motoren

Wenn für die Motorkühlung nicht genügend oder gar keine Kühlflüssigkeit in ausreichender Qualität zur Verfügung steht, muss auf ein anderes Konstruktionsprinzip zurückgegriffen werden. Bei Fördermedien der unterschiedlichsten Art ist darüber hinaus immer eine Aufheizung des Fördermediums vor der Inbetriebnahme sowohl in der Pumpe als auch im Spaltrohrmotor erforderlich. Die hierfür benötigten Temperaturen liegen in der Regel in einem Bereich, der die zulässige Höchsttemperatur der vorgenannten Isolationsklasse H überschreitet. Hier kommen nun die mit der Sonderwicklung der Isolationsklasse C versehenen Spaltrohrmotoren zum Einsatz. Mit den sogenannten Heißmotoren können verschiedene Förderaufgaben im Hochtemperaturbereich einfach gelöst werden. Als Isolationsmaterial wird Silikonkeramik verwendet, wobei hier durch geeignete Maßnahmen die Oxidation des Kupferdrahtes vermieden wird. Wicklungen dieser Art sind in der Lage, Dauertemperaturen von +450 °C im Wickelkopf zu bewältigen. Dies lässt wirtschaftliche Motorbelastungen bis +400 °C (Temperatur des Fördermediums) zu. Zentrisch am Motorgehäuse angeordnete Rippen verbessern bei eigengekühlten Spaltrohrmotoren die Wärmeabgabe durch natürliche Konvektion (Bild 1, rechts).

### Solarthermische Anwendungen

Eine zukünftige Hochtemperaturanwendung ist der Einsatz von Spaltrohrmotorpumpen in Solarkraftwerken. Solarthermische Kraftwerke gelten als geeignete Großtechnologie, um insbesondere im sogenannten Sonnengürtel der Erde preiswerten Strom aus Sonnenenergie zu erzeugen. Diese Systeme werden unter dem Begriff CSP (Concentrating Solar Power) Technologie zusammengefasst. Vier verschiedene Typen solarthermischer Kraftwerke, unterschieden nach der Art des Spiegelsystems, sind auf dem Markt: Parabolrinnen-Kraftwerke, solare Turmkraftwerke, Dish-Stirling-Systeme und die Fresnelsysteme. In Europa wurden Konzepte und Komponenten auf dem internationalen Testfeld Plataforma Solar de Almeria (PSA) erprobt.

#### Parabolrinnen-Kraftwerke mit Wärmeträgeröl-Zwischenkreislauf

Parabolrinnen-Kraftwerke gelten als erprobt und werden bereits im großtechnischen Maßstab gebaut. Als reines Solarkraftwerk bis 50 MW Leistung (CSP) in Spanien (Bild 3) und als Hybrid-Solarkraft-



Bild 2: Steht kein Kühlwasser zur Verfügung können auch Luftkühler diverser Bauweise eingesetzt werden (einstufige Spaltrohrmotorpumpe CNPK 250-630)

werk ISCCS (Integrated Solar Combined Cycle System) in Ägypten bis 150 MW. Bei Hybrid-Solarkraftwerken wird ein Teil des Stromes durch Erdgas erzeugt. Sie bestehen aus dem Solarteil, dem Speicherblock und dem Powerblock. Beim Parabolrinnen-Kraftwerk befindet sich ein Rohr (Receiver) mit einer Wärmeträgerflüssigkeit in der Brennlinie des Parabolspiegels. Dieser wird mit einer Achse der Sonne so nachgeführt, dass das Sonnenlicht immer auf das Wärmeträgerrohr gebündelt wird. Infolge der sich konzentrierenden Sonneneinstrahlung erhitzt sich das Wärmeträgermedium, in der Regel ein synthetisches Wärmeträgeröl, bis auf etwa +400 °C. Die einzelnen Rinnenkollektoren sind durch Sammelleitungen miteinander verbunden. Diese führen das Wärmeträgeröl einem Wärmetau-

scher zu, der Wasser verdampft. Der Dampf treibt wie bei einem konventionellen Kraftwerk eine Turbine an. Die Leistung der Dampfturbine wird auf einen Generator zur Stromerzeugung übertragen. Bei der Integration eines thermischen Speichers (Salzschmelzespeicher) kann der Strom planbar bereitgestellt werden, da die Solarkraftwerke dann auch nach Sonnenuntergang Strom erzeugen. Für die Umwälzung des synthetischen Thermalöls werden hermetische Spaltrohrmotorpumpen CNPK (Bild 1, links) von Hermetic eingesetzt, in diesem Fall mit einem externen Rohrbündelkühler (Spanien) bzw. Trockenluftkühler (Ägypten) (Bild 2), die entweder über den Pumpen oder wegen der Größe neben den Pumpen aufgestellt sind. Alle Pumpen werden mit einem Frequenzum-

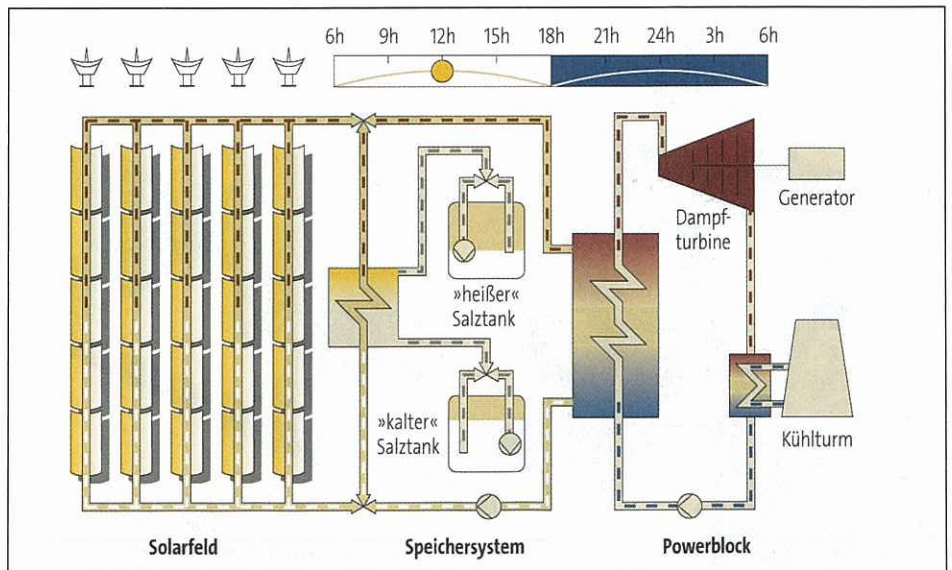


Bild 3: Schematische Darstellung eines Parabolrinnen-Kraftwerks mit Wärmeträgeröl-Zwischenkreislauf  
Grafik: Solar Millennium AG

former betrieben, um die verschiedenen Fördermengen im Tagesverlauf bei maximalem Wirkungsgrad zu realisieren.

### Parabolrinnen-Kraftwerke mit Direktverdampfung

Bei der direkten Dampferzeugung in Parabolrinnen-Kraftwerken wird das derzeit verwendete Zweikreisssystem mit Thermalöl und Wasser als Wärmeträger durch einen einzigen Wärmeträger, und zwar Wasser, ersetzt. Ohne auf die Vorteile der Direktverdampfung einzugehen, sei erwähnt, dass seit ca. acht Jahren in der weltweit größten Direktverdampfungsanlage, der Parabolrinnen-Testanlage DISS (Direct Solar System) auf der Plataforma Solar de Almeria (PSA) in Spanien, die technischen Herausforderungen untersucht werden. Für die zwei je 500 m langen Kollektorstränge wurde die Funktionstüchtigkeit der Direktverdampfung unter realen Bedingungen nachgewiesen. Hier wurde als Rezirkulationspumpe für das Wasser mit 100 bar Systemdruck und +400 °C eine hermetische Hochdruckpumpe CAMKT 30/6 (PN 100) mit externem Kühler eingesetzt. Die Hochdruckpumpe ist als mehrstufige Spaltrohrmotor-

## Daten & Fakten

Die Vorteile der Spaltrohrmotorpumpe:

- **doppelte Dichthülle:** Selbst im Falle der Zerstörung des Spaltrohres gelangt keine Förderflüssigkeit nach außen in die Umwelt; dadurch 100 % leakagefrei.
- **keine Gleitringdichtungen:** Durch die dichtungsfreie Bauweise entfallen diese kostenintensiven Verschleißteile. Dadurch werden drei- bis vierfache MTBF-Werte (Mean Time Between Failure) erreicht. Reduzierte Maintenancekosten und lange Standzeiten sind die Folge.

- **keinerlei Schmierflüssigkeiten und Sperrmedien:** Dank der wellendichtungslosen Konstruktion und der mediumgeschmierten hydrodynamischen Gleitlager ist die Installation von Schmier- und Kühlsystemen nicht erforderlich.
- **Blockbauweise:** Durch die integrale und kompakte Blockbauweise ist keine Wellenausrichtung erforderlich. Eine mechanische Kupplung und Kupplungsschutz entfallen dadurch, oft auch die aufwendige Grundplattenkonstruktion.
- **niedriger Geräuschpegel:** Der Geräuschpegel liegt weit unter dem sonst üblichen Niveau von Gleitringdichtungs- und Magnetkupplungspumpen, da konstruktiv keine mechanische Kupplung, Motorkugellager und Motorlüfter benötigt werden.

pumpe in Topfbauweise ausgeführt. Die Topfbauweise reduziert die sechs statischen Dichtungen auf eine einzige Dichtung. Auch für das erste Parabolrinnen-Kraftwerk in Asien, das auf dem Prinzip der Direktverdampfung basiert, wird im Zentrum von Thailand in der Provinz Kanchanaburi eine

hermetische Hochdruckpumpe CAMKT 44/3 (PN 100) mit externem Kühler eingesetzt. Auch diese Pumpe ist, aufgrund der gewonnenen Erfahrungen in Almeria, als Topfbauweise ausgeführt.

**Online-Info**  
[www.cav.de/0610447](http://www.cav.de/0610447)

## SPALTROHRMOTORPUMPEN – VORTEILE, DIE ÜBERZEUGEN



- für die sichere Förderung gefährlicher Flüssigkeiten
- für Tieftemperaturanwendungen bis -160 °C und Hochtemperaturanwendungen bis +450 °C geeignet
- in den Druckstufen PN 16 bis PN 1000 verfügbar
- in ein- oder mehrstufiger Ausführung
- in horizontaler oder vertikaler Aufstellung
- niedrige Lebenszykluskosten
- geräuscharm
- in Standard- oder kundenspezifischer Ausführung – abgestimmt auf die Anforderungen Ihrer Prozesse

**LEDERLE**  
**Hermetic**

HERMETIC-Pumpen GmbH  
[info.cav@lederle-hermetic.com](mailto:info.cav@lederle-hermetic.com)  
[www.lederle-hermetic.com](http://www.lederle-hermetic.com)