

Bewährte Konzepte und neue Technologien im Kampf gegen die Energiekrise

# Pumpen für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

Weltweit haben sich Länder dazu verpflichtet, den aus erneuerbaren Energien erzeugten Stromanteil bis zum Jahr 2020 deutlich zu erhöhen. Sulzer Pumps unterstützt diese Ziele mit maßgeschneiderten Pumpenlösungen und Serviceleistungen für Solarthermie- und Geothermie-Kraftwerke sowie neuen Konzepten für die Speicherung der aus erneuerbaren Quellen gewonnenen elektrischen Energie.

Verschiedene erneuerbare Energiequellen werden dazu beitragen, die erwartete Nachfrage nach sauberem Strom zu decken. Die meisten Szenarien gehen von einer beträchtlichen Zunahme der Stromerzeugung aus Windkraft, Sonnenenergie, Biomasse und Erdwärme aus. Davon hat die Sonnenenergie das größte theoretische Potenzial, denn die Sonne gibt stündlich so viel Energie an die Erde ab, wie die Menschheit in einem Jahr benötigt.

## Energie von der Sonne

Die Umwandlung von Sonnenenergie in Elektrizität erfordert ein hohes Maß an technischem Know-how. Photovoltaikzellen und solarthermische Systeme (*Concentrated Solar Power, CSP*) sind die am häufigsten für die kommerzielle Stromerzeugung genutzten Technologien. Während Photovoltaikmodule das Sonnenlicht direkt in Elektrizität umwandeln, bündeln CSP-Systeme das Sonnenlicht, um ein Arbeitsmedium zu erwärmen und damit

in einer Dampfturbine Strom zu erzeugen. Die wachstumsstarke CSP-Technologie erfordert eine starke direkte Sonneneinstrahlung und wird von Energieversorgungsunternehmen vornehmlich in großen zentralen Anlagen eingesetzt.

In CSP-Anlagen werden Pumpen benötigt, um das Arbeitsmedium durch das Solarfeld zu transportieren und zu speichern. Darüber hinaus werden im Kraftwerksblock Kondensat-, Speisewasser- und Kühlwasserpumpen eingesetzt.

Das Zentralturm-Kraftwerk Gemasolar von Torresol Energy in der spanischen Provinz Sevilla mit einer Nennleistung von 19,9 MW ist das erste Kraftwerk dieser Art, das Flüssigsalz als Wärmespeichermedium nutzt. Die Speicherkapazität der Anlage reicht aus, um 15 Stunden ohne Sonnenlicht Strom zu produzieren.





1 BBS-Pumpen als Hauptumwälzpumpen für das Wärmeträgerfluid.

Dichtungslose ZEM/OHM-Pumpen als Hilfsumwälzpumpen für das Wärmeträgerfluid.

### Maßgeschneiderte Pumpen für Parabolrinnen-Kraftwerke

Die am weitesten verbreitete CSP-Technologie sind Parabolrinnen-Systeme, bei denen das Sonnenlicht durch lange, rinnenförmige Spiegel auf thermisch effiziente Absorberrohre gebündelt wird, die entlang der Brennlinie der Spiegel verlaufen. Die Rohre sind mit einem Wärmeträgermedium (z.B. Wärmeträgeröl) gefüllt, das auf 285–310 °C erwärmt wird. Einstufige Horizontalpumpen transportieren das Wärmeträgermedium durch Wärmetauscher, in denen Heißdampf erzeugt wird.

Sulzer fertigt verschiedene Pumpentypen für diesen Prozess:

- Fliegend gelagerte ZF-Pumpen (*Single Stage Process Pumps*)
- BBS-Pumpen (*Between Bearings Single Stage Pumps*) 1, doppelflutige HZB-Pumpen (*Double Suction Volute Pumps*)

Der Dampf wird anschließend in einem herkömmlichen Dampfturbinengenerator in elektrische Energie umgewandelt oder in einem kombinierten Dampf- und Gasturbinenkreislauf genutzt. Die Konstruktion der Wellendichtung der Pumpen ist von entscheidender Bedeutung, um einen zuverlässigen Betrieb sicherzustellen und ein Austreten des gefährlichen und leicht entzündlichen Wärmeträgeröls zu verhindern.

Die Erfahrung von Sulzer Pumps mit Wärmeträgerfluid-Anwendungen reichen zurück bis in die 1980er Jahre, als die ersten Parabolrinnen-Kraftwerke in der kalifornischen Mojave-Wüste in Betrieb genommen wurden.

### Hocheffiziente Zentralturm-Kraftwerke

Mit der sogenannten Zentralreceiver-Technologie können höhere Temperaturen und höhere Wirkungsgrade erreicht werden als mit Parabolrinnen-Anlagen. Mehrere kreisförmig angeordnete, bewegliche Spiegel (sogenannte Heliostate) bündeln das Sonnenlicht auf einen zentralen Absorber, der sich in einem Turm befindet. Darin wandelt ein Wärmeträgermedium die Sonnenenergie in thermische Energie um. Diese erzeugt Heißdampf, der anschließend in einer herkömmlichen Dampfturbine Strom produziert. Als Wärmeträgermedium kann Wasser bzw. Dampf oder Flüssigsalz verwendet werden. Zentralturm-Kraftwerke erreichen höhere Temperaturen als andere CSP-Systeme und somit auch bessere Wirkungsgrade. Die Arbeitstemperatur in einer solchen Anlage liegt bei 500–600 °C, was die Erzeugung von überkritischem Dampf und somit eine höhere Effizienz des Wärmekreislaufs ermöglicht.

### Stromerzeugung in der Nacht

CSP-Anlagen erzeugen Strom bei direkter Sonneneinstrahlung. Doch durch die

#### *Sulzer Pumps hat umfassende Erfahrung in Wärmeträgerfluid-Anwendungen.*

Integration geeigneter Wärmespeicher ist auch eine Stromerzeugung in der Nacht oder bei anhaltender Bewölkung möglich. Die meisten heutigen CSP-Anlagen verfügen zusätzlich über eine erdgasbefeuerte Dampferzeugung. Damit können diese Anlagen jederzeit die Grundlast decken, was einen hohen wirt-

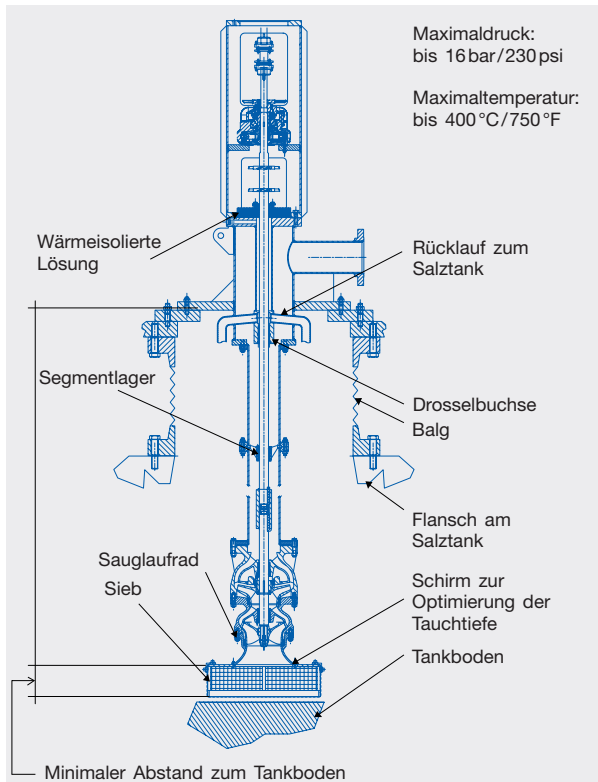
schaftlichen Wert für Betreiber sicherstellt. Alternativ können CSP-Kraftwerke Wärmespeicher einsetzen, um die Grundlast ohne zusätzlichen Brennstoffbedarf zu decken. Aufgrund ihrer hohen spezifischen Wärmekapazität werden in CSP-Anlagen heute zunehmend Flüssigsalze als Wärmespeichermedium oder als primäre Wärmeträgerfluide eingesetzt. Mit einem entsprechenden Wärmespeicherreservoir kann eine CSP-Anlage auch nach Sonnenuntergang für etwa 6 bis 8 Stunden weiter Strom produzieren.

### Pumpen für den Einsatz bei hohen Temperaturen

In Zentralturm-Kraftwerken mit Flüssigsalz-Wärmespeicher können die Fluidtemperaturen bis zu 570 °C betragen. In vergleichbaren Parabolrinnen-Kraftwerken liegen die Temperaturen bei etwa 400 °C. Die Konstruktion von Pumpen für diese hohen Temperaturen erfordert eine umfangreiche Abstimmung der Materialien und der Anlagentechnologie sowie ein aufwändiges Engineering.

Um das Flüssigsalzsystem zu vereinfachen, werden heute bevorzugt in Tanks montierte Vertikalpumpen eingesetzt. Dadurch kann auf Pumpensümpfe, Absperrventile, Füllstandmesstechnik und entsprechende Heiztechnik verzichtet werden. Außerdem werden Wärmeverluste reduziert, und der Abfluss des Dampferzeugersystems kann direkt in den Tank geführt werden.

Die Sulzer Pumpen vom Typ SJT-VCN 2 für die Zirkulation von Flüssigsalz in Parabolrinnen-Anlagen verwenden die gleiche Hydraulik wie die SJT-Reihe. Die vertikalen Schraubenradpumpen mit hoher Fördermenge und mittlerer



2 Flüssigsalz-Umwälzpumpe SJT-VCN für Parabolrinnen-Kraftwerke.

bis hoher Förderhöhe sind darauf ausgelegt, die Anforderungen eines hohen Wirkungsgrads, einer geringen Tauchtiefe und einer minimalen Haltedruckhöhe (NPSH) in Einklang zu bringen.

Die SJT-VCN, die für die Zirkulation kalter und heißer Medien sowie für Drainage- und Salzschmelzanwendungen geeignet ist, erreicht einen Maximaldruck

von 16bar und kann bei Temperaturen bis 400 °C betrieben werden.

Seit 1985 liefert Sulzer Pumps Pumpen für Zentralturm-, Parabolrinnen-, Linear-Fresnel- sowie kombinierte Gas- und Dampfturbinen und Solarthermie-Kraftwerke (*Integrated Solar Combine Cycle, ISCC*). Bis heute hat das Unternehmen weltweit über 450 Pumpen für mehr als 25 CSP-Projekte bereitgestellt.

### Energie aus der Erde

Erdwärme hat ihren Ursprung in der Verdichtung von Staub und Gas bei der Entstehung der Erde vor über 4 Milliarden Jahren. Die Wärme des Erdkerns strömt kontinuierlich gegen den festen Erdmantel. Wenn der Druck und die Temperaturen hoch genug sind, schmilzt das Gestein des Erdmantels zu flüssiger Magma, die langsam zur Erdkruste aufsteigt und die Wärme nach oben transportiert. Die Geothermietechnik nutzt die im Gestein und in eingeschlossenen Dämpfen oder Flüssigkeiten (wie Wasser oder Sole) gespeicherte Energie – entweder zur Stromerzeugung oder zu Heizzwecken.

Für die Stromerzeugung ist eine Fluidtemperatur von über 100 °C erforderlich. Durch Anbohren geothermischer Lagerstätten gelangen die Fluide an die Oberfläche, wo sie in geothermischen Kraftwerken zur Stromerzeugung genutzt werden.

Heute existieren mehrere Technologien für geothermische Anlagen. Die weltweit installierte geothermische Erzeugungslleistung beträgt rund 10,7 GW<sub>e</sub>, die jährliche Stromproduktion liegt bei 67,2 TWh<sub>e</sub>.<sup>1</sup>

### Umfangreiches Portfolio für geothermische Anlagen

Es gibt verschiedene Arten von geothermischen Kraftwerkstechnologien. In Trockendampfanlagen (Dry-Steam) wird unter Druck stehender, überhitzter Dampf, der mit hoher Geschwindigkeit an die Oberfläche gelangt, zur Stromerzeugung direkt durch eine Dampfturbine geleitet. In sogenannten Flash-Steam-Anlagen, Binary-Cycle-Anlagen oder kombinierten Flash/Binary-Cycle-Anlagen<sup>3</sup> wird das heiße geothermische

### Welche erneuerbaren Energiequellen gibt es?

**Wasserkraft:** Wasserkraftwerke nutzen die Energie von bewegtem Wasser.

**Biomasse:** Die in organischer Materie gespeicherte Energie wird direkt – in Form von Wärme oder Strom – freigesetzt oder in flüssigen Biokraftstoff oder brennbares Biogas umgewandelt.

**Windkraft:** Die kinetische Energie von Luftströmungen treibt Rotorblätter zur Stromerzeugung an.

**Geothermie:** Die in natürlichen Lagerstätten in der Erde gespeicherte Wärmeenergie wird zur Stromerzeugung in Dampfkraftwerken genutzt.

**Photovoltaik:** Solarzellen enthalten ein photovoltaisches Material, mit dessen Hilfe Sonnenenergie direkt in Strom umgewandelt wird.

**Solarthermie:** Spiegel bündeln die Wärmeenergie der Sonnenstrahlung zur Erzeugung hoher Temperaturen für die Stromerzeugung.

**Meeresenergie:** Die Energie des Ozeans in Form von Gezeiten, Wellen, Meereswärme, Meeresströmungen, Meereswinden und Salzgradienten dient zur Stromerzeugung.

Fluid bei geringerem Druck verdampft und in einer Gegendruckturbine zur Stromerzeugung genutzt. Der Niederdruckdampf, der die Turbine verlässt,

### Sulzer bietet seit 1982 Pumpenlösungen für geothermische Anlagen an.

kann in einem weiteren (binären) System kondensiert werden. Neue Technologien wie EGS (*Enhanced Geothermal System*) befinden sich zurzeit in Australien und den USA in der Entwicklung.

Seit 1982 arbeitet Sulzer Pumps mit Kunden an der Entwicklung zuverlässiger und kostengünstiger Pumpenlösungen für die geothermische Stromerzeugung. Das umfangreiche Produkt- und Serviceportfolio umfasst unter anderem die SJT Geo, eine vertikale Bohrlochpumpe für Bohrlochtliefen von bis zu 650 m, die speziell für die geothermische Wasserförderung bei geringen Lagerstättentiefen konzipiert wurde. Darüber hinaus bietet Sulzer Pumps Pumpen zur Kondensat- und Soleinjektion sowie Pumpen für den thermischen Erzeugungskreislauf an.

### Wussten Sie, dass ...

... die erforderliche neue Stromerzeugungskapazität bis zum Jahr 2035 bis zur Hälfte durch erneuerbare Energien gedeckt wird, wenn Regierungen weltweit ihre bestehenden Absichten umsetzen?

Die Tabelle zeigt die Stromerzeugungskapazität in GW, die laut dem «New Policies Scenario» des World Energy Outlook 2011 installiert werden muss. Dieses Szenario geht von einer sorgfältigen Umsetzung der jüngsten regierungspolitischen Verpflichtungen aus – auch wenn diese noch nicht durch konkrete Maßnahmen gesichert sind.

Elektrische Leistung (GW)	2009	2015	2020	2035
Wasserkraft	1007	1152	1297	1629
Biomasse und Abfall	53	75	109	244
Windkraft	159	397	582	1102
Geothermie	11	15	20	41
Photovoltaik	22	112	184	499
Solarthermie	1	7	14	81
Meeresenergie	0	0	1	17



### Flexible Energiespeicherung

Der zunehmende Anteil von unbeständigen erneuerbaren Energiequellen wird sich erheblich auf den Betrieb von Stromnetzen auswirken. Mit der geplanten Erhöhung des Anteils an erneuerbarem Strom am weltweiten Strommix auf 20% bis zum Jahr 2020 wird auch der Anteil an unbeständiger, nicht steuerbarer Erzeugungskapazität steigen, was umfangreiche Speicherkapazitäten erforderlich macht. Technologien, die hierzu in Frage kommen, sind Druckluftspeicher (CAES, *Compressed-Air Energy Storage*), Gruppen von Batterien von Elektrofahrzeugen, Wasserstoffherstellung durch Elektrolyse sowie Pumpspeicherwerke. In einem Stromnetz mit einem hohen Anteil von Wind- und Solarkraftwerken kann die erzeugte Strommenge den aktuellen Bedarf zeitweise übersteigen, sodass Strom aus dem Netz entnommen werden muss, um die Frequenz stabil zu halten. Pumpspeicherwerke, in denen Wasser zwischen Speicherbecken auf unterschiedlichen Höhen bewegt wird, stellen die effizienteste Möglichkeit für eine Energiespeicherung im großen Maßstab in einem Stromnetz dar. In Zeiten mit geringem Bedarf wird die überschüssige Erzeugungsleistung dazu verwendet, Wasser in das höher gelegene Becken zu pumpen. Steigt der Bedarf, wird das Wasser über

eine Turbine wieder in das untere Becken geleitet und so der tägliche Kapazitätsfaktor des Erzeugungssystems verbessert.

### Neues Konzept für Pumpspeicherwerke

Anfang des 20. Jahrhunderts gehörte Sulzer zu den ersten Anbietern von Ausrüstungen für Pumpspeicherwerke. Auf der Grundlage dieser Erfahrung hat Sulzer Pumps ein neues Konzept für Pumpspeicherwerke entwickelt, das für die Anforderungen des 21. Jahrhunderts ausgelegt ist.

Kleine, dezentrale Pumpspeicherwerke mit rückwärts laufenden Kreiselpumpen, die eine schnelle Reaktion auf Lastveränderungen ermöglichen, werden eine

*Sulzer bietet komplette Systemlösungen mit modernster Pumpentechnik für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien an.*

wichtige Rolle in gemischten Stromversorgungssystemen spielen. Die installierte Leistung dieser Anlagen ist zwar geringer als die von herkömmlichen Pumpspeicherwerken, doch der Einsatz mehrerer solcher Einheiten zur Regulierung eines größeren Wind- oder Solarparks hilft dabei, eine optimale Nutzung erneuerbarer Energien zu gewährleisten. Diese neuen Pumpspeicheranlagen ermöglichen die Nutzung von überschüssigem Regenerativstrom, ohne dass eine signi-

fikante Erhöhung der Netzkapazität erforderlich ist. Dies wiederum hilft Netzbetreibern, die kaum steuerbare Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien besser einzusetzen.

### Sulzer unterstützt die Nutzung erneuerbarer Energien

Um den durchschnittlichen globalen Temperaturanstieg auf 2°C zu begrenzen, wird der aus erneuerbaren Energien erzeugte Stromanteil in den nächsten Jahren deutlich zunehmen. Sulzer Pumps arbeitet kontinuierlich an der Entwicklung innovativer Lösungen, welche die Anforderungen der Schlüsseltechnologien im Bereich erneuerbare Energien erfüllen und zu diesem Umbruch beitragen. Pumpen von Sulzer sind sowohl in Solarthermie-, Geothermie- und Biomassekraftwerken als auch in Pumpspeicherwerken im Einsatz. Darüber hinaus bietet Sulzer Pumps Lösungen für die CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung (CCS, *Carbon Capture and Storage*).

#### Shamila Streit

Key Account Manager Renewable Power  
Sulzer Pumps AG  
Zürcherstraße 12  
8401 Winterthur  
Schweiz  
Telefon +41 52 262 39 71  
shamila.streit@sulzer.com

#### Literaturhinweise

<sup>1</sup> IEA – Renewable Energy Markets & Prospects by Technology.

3 Geothermie-Kraftwerk nach dem Flash/Binary-Cycle-Prinzip.

