

# Tief und heiß

## Tiefengeothermie-Anlagen – eine technische Herausforderung

Die hydrogeothermische Energieerzeugung stellt hohe Anforderungen an die Anlagentechnik. Grund sind oft hoch mineralisierte, stark korrosive Thermalwässer und extreme Förderdrücke. Für funktionssichere und damit wirtschaftliche Kraftwerke ist die Analyse der individuellen Risiken und Chancen eines Standorts zentral.

**M**it dem neuen Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG 2009 wurden wirtschaftliche Rahmenbedingungen geschaffen, die Energiegewinnung auf klimafreundliche Technologien umzustellen. Besondere Fördermöglichkeiten und Einspeisevergütungen haben auch die Energiegewinnung mit Tiefengeothermie-Kraftwerken zu einer wirtschaftlichen Alternative werden lassen. Dem gegenüber stehen besondere technische Anforderungen an das Anlagenkonzept. „Insbesondere korrosive, hoch mineralisierte Fluide und die benötigten hohen Förderdrücke stellen eine technische Herausforderung für das Anlagensystem zur geothermischen Stromerzeugung dar“, sagt René Schiemann, Geothermie-Spezialist von TÜV Süd Industrie Service. Vor allem wegen der hohen Investitionskosten bei der Entwicklung eines geothermischen Kraftwerkstandortes mit einer Bohrtiefe von oft mehreren Kilometern müssten die möglichen Risiken in allen Projektphasen erfasst werden. Ziel sei es, die Zuverlässigkeit, Sicherheit und somit auch die spätere Effizienz und Wirtschaftlich-

keit eines Kraftwerks von Anfang an systematisch zu optimieren, so der Experte.

### Kein Wärmereservoir gleicht dem anderen

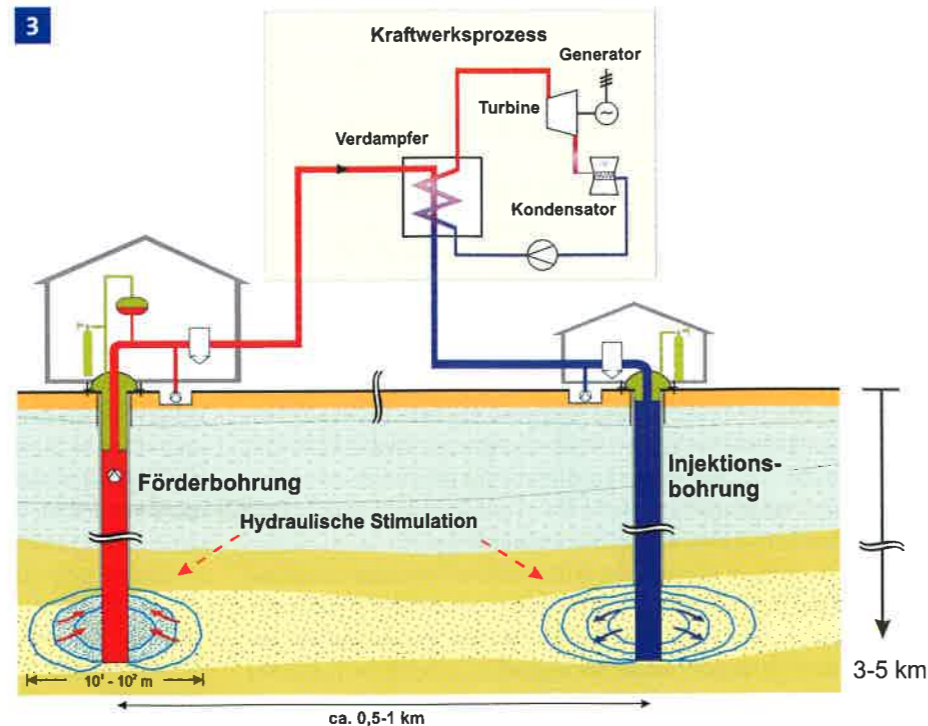
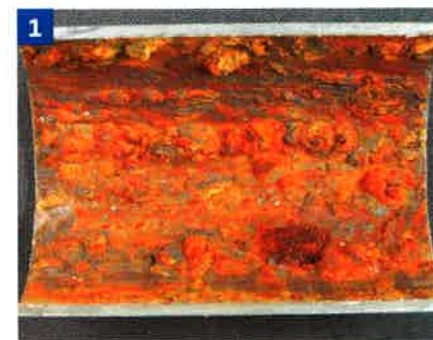
Die Anforderungen an Anlagentechnik und Komponenten eines geothermischen Kraftwerks sind stark standortabhängig. Für die Energiegewinnung werden bei der hydrothermalen Geothermie heißwasserführende Schichten angezapft, so genannte Aquifere. In Deutschland finden sich diese vorwiegend im süddeutschen Molassebecken, im Norddeutschen Becken und im Oberrheingraben. Schiemann: „Je nach Region und geothermischem Reservoir treten geologisch grundsätzlich unterschiedliche Aquifereigenschaften und geochemische Zusammensetzungen der Fluide auf. Die Thermalwässer sind je nach Bohrtiefe mehr oder weniger salzhaltig, bis hin zum Zehnfachen des Meerwassersalzgehalts.“ Infolge dessen muss die gesamte Infrastruktur einer Geothermieanlage wirksam geschützt werden – zum Beispiel gegen Korrosion und

1 Blick in eine stark korrodierte Stahlrohrinnenwand.

2 Nach dem Reinigen: Muldenkorrosion durch Ablagerungen und Beläge.

3 Geothermische Stromerzeugung setzt zwei Bohrungen, einen nachhaltigen Thermalwasserkreislauf und ein oberflächiges Kraftwerk voraus. Über die

erste Bohrung (Förderbohrung) wird das Wasser aus der Tiefe gefördert und nach seiner thermischen Nutzung im Kraftwerk über die zweite Bohrung (Injektionsbohrung) wieder in den Speicher geleitet. Das geförderte Wasser gibt seine Wärme über einen Wärmetauscher an ein schon bei geringen Temperaturen siedendes Arbeitsmittel ab, das in einem Sekundärkreislauf den Generator zur Stromerzeugung antreibt.



Scaling. Rohrleitungen, Pump-, Aufbereitungs- und Filtrationsanlagen sowie alle Anlagenmodule der Förder- und Injektionsbohrung müssen entsprechend geeignet sein. Insbesondere für die hydrogeothermische Stromproduktion sind aufgrund der zusätzlichen Anlagentechnik zum Teil Sonderspezifikationen nötig.

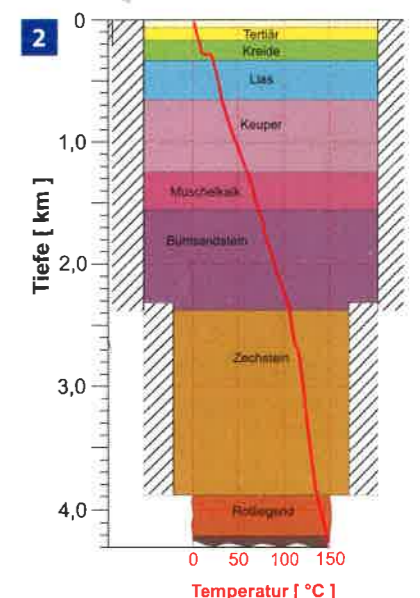
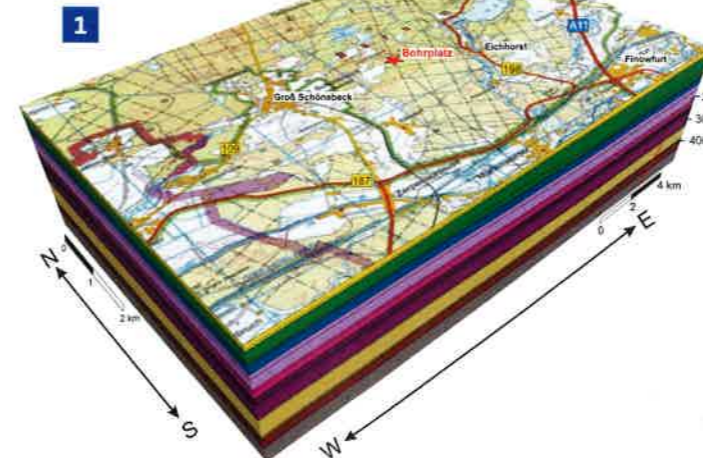
### Stromerzeugung mit dem Kalina-Verfahren

Wenn in den Sommermonaten statt Nah- oder Fernwärme eher Strom benötigt wird, kann aus dem System auch Wärmeenergie zur Stromerzeugung ausgekoppelt werden. Eine Möglichkeit ist das von Siemens patentierte Kalina-Verfahren. Dabei wird die Wärme des Thermalwassers an einen zweiten Kreislauf weitergegeben, der ein

Ammoniak-Wasser-Gemisch enthält. Das Zwei-Stoff-Gemisch siedet bereits bei relativ niedrigen Temperaturen und der entstehende Dampf treibt eine Turbine zur Stromerzeugung an. Durch das Kalina-Verfahren lassen sich thermodynamisch höhere Wirkungsgrade erzielen als bei dem bisher verbreiteten Organic-Rankine-Cycle Verfahren (ORC). Beim ORC-Verfahren erreicht das Arbeitsmedium nur an einem Punkt der Temperaturskala ein Höchstmaß an Energieinhalt (Enthalpie), während bei dem Kalina-Verfahren hohe Enthalpie über einen breiter streuenden Temperaturbereich besteht. Aufgrund der korrosiven Wirkung des Ammoniak-Wasser-Gemisches muss das gesamte System des Sekundärkreislaufs anlagentechnisch entsprechend spezifiziert werden.

1 Geologisches 3D-Modell für die Umgebung von Groß Schönebeck.

2 Temperatur-Tiefenprofil und geologischer Aufbau des Untergrunds an der Bohrlokation Groß Schönebeck.



Grafiken: GeoForschungsZentrum Potsdam





1 Geothermische Bohrungen erfordern schweres Gerät.

2 Schwerarbeit: Rohreinbau im Rahmen des Geothermie-Projekts Groß Schönebeck. Je nach Standort müssen gegebenenfalls unterschiedliche Rohre eingesetzt werden.

**Problematisch: Korrosion und Ablagerungen**

„Für eine wirtschaftliche Stromerzeugung sind Produktionshorizonte meist in Tiefen von 3000 bis 4000 m und tiefer zu erschließen. Je nach Lage sind aus den Tiefenbohrungen Thermalwässer mit Temperaturen von 100 °C bis über 150 °C zu fördern,“ so Schiemann weiter. Auch hänge es von der Mineralisation des verwendeten Thermalwassers und eventuell enthaltener Gase ab, welche Stoffe sich in der Geothermieanlage hydrochemisch abscheiden könnten. Die mögliche Folge seien ganz verschiedene Formen von Korrosion und Scaling.

Neben unterschiedlichen Gehalten an Gasen wie Methan oder Kohlendioxid gefährden oft auch chloridreiche Wässer die Werkstoffbeständigkeit. „Die Chlorverbindungen greifen die Passiv-

sowie ein exakt darauf abgestimmtes Engineering. Laut Schiemann muss die individuelle Beschaffenheit des geothermischen Reservoirs stets berücksichtigt werden: „Bei der Förderung der Fluide im Oberrheingraben können die Druckspiegel der stärker gespannten Aquifere bis auf Niveaus wenig unterhalb der Geländeoberfläche anstehen. Im Malmkarst hingegen liegen die Druckspiegel oft mehrere 100 m unter Gelände. Hier müssen besonders druckleistungstarke Förderpumpen verwendet werden. Für den Primärkreislauf eines Geothermiekraftwerks sind daher im Malmkarst tendenziell hohe Förderdrücke aufzubringen, während im Oberrheingraben hohe Reinjektionsdrücke benötigt werden.“

Was folgt daraus für die benötigten Pumpen, Rohrleitungen und Anlagenteile? Sowohl bei der Festigkeit und Dauerhaltbarkeit als auch bei der Korrosionsbeständigkeit sind die Anforderungen zum Teil extrem hoch – etwa was die Beschaffenheit von Werkstoffen und Bauteilen betrifft. Eine sorgfältige Auswahl anhand einer „Wirksamkeitsbeurteilung“ ist notwendig, entsprechend müssen die Komponenten individuell ausgewählt, dimensioniert und wo nötig angepasst werden. Eine verfahrens- oder anlagentechnische Kontrolle sollte darüber hinaus mögliche chemische Ausfällungsreaktionen im System einbeziehen. Im Hinblick auf einen dauerhaft zuverlässigen Anlagenbetrieb empfehlen Experten den Anlagenbetreibern, entsprechende Kontroll- und Monitoringsysteme an kritischen Anlagenteilen – wenn notwendig individuell zu entwickeln und einzubauen.

**Ganzheitliche Schwachstellenanalyse**

Technische Berater und Zertifizierer wie TÜV Süd Industrie Service verfügen über langjährige Praxiserfahrungen in korrosionschemischen Prozessen sowie entsprechenden Anlagen und Kraftwerken. Diese Kompetenzen bringt TÜV Süd auch in das Engineering für Tiefengeothermie-Kraftwerke ein. Nach Erkenntnissen von Fachleuten wie René Schiemann hängt der langfristig zuverlässige und wirtschaftliche Anlagenbetrieb entscheidend von der Analyse der individuellen Risiken und Chancen eines Standorts ab. Hydrochemie, Werkstoffe und eine funktionssichere Anlagentechnik müssen deshalb bis ins Detail geplant und mit den passenden dimensionierten Komponenten und Bauteilen realisiert werden. Von der Planung über den Bau bis zum Betrieb ist hierbei eine ganzheitliche Analyse und Bewertung – insbesondere möglicher Schwachstellen – die Grundvoraussetzung für eine hohe Anlagenverfügbarkeit.

**get Autor** Dr. Thomas Oberst, Unternehmenskommunikation, TÜV Süd  
**get Contact** www.tuev-sued.de

Insbesondere die Fluide und die benötigten hohen Förderdrücke stellen eine technische Herausforderung für das System dar.

René Schiemann, TÜV Süd

schicht des Stahlwerkstoffs in Abhängigkeit der Legierungsbestandteile an. Zusätzlich können Lochkorrosionen in der Wärmeinflusszone von Schweißnähten auftreten,“ weiß Schiemann zu berichten. Weitere Risiken seien zum Beispiel Schwefelwasserstoff-Konzentrationen, die eine Werkstoffkorrosion durch die chemische Reaktion mit metallischen Oberflächen verursachen könnten. Bei Mineralisationen von 100 bis 250 g/l und mehr, wie sie im Oberrheingraben, aber auch im norddeutschen Becken vorkommen, seien im Primärkreislauf außerdem Ablagerungen durch massive Ausfällungen und so genanntes Scaling möglich, so der Geothermie-Fachmann.

**Förderraten und Mineralisation ermitteln**

Um die Druckspiegelhöhen im Kraftwerksbetrieb planen zu können, werden in der Praxis zunächst umfangreiche Pumpentests durchgeführt. Erst nach Auswertung der Testergebnisse lässt sich die künftige hydraulische Situation sowie die Mineralisation näher erkennen und die Pumpanlage passend auslegen. Zwei zentrale Erfolgsfaktoren für eine hohe Anlagenverfügbarkeit sind die ganzheitliche verfahrens- und anlagentechnische Ergebnis-Analyse

**Anlaufgerät**

**Softstarter mit elektronischem Motorvollschutz**



Die neue Sanftanlaufgeräte-Generation Ministart GI 9014 von Dold steuert kostengünstig Asynchronmotoren bis 200 A. Durch eine optimierte Stromregelung ist sie besonders sanft zu Motor und speisendem Netz. Neben Softstart und -stop bietet sie auch integrierte Motorschutzfunktionen für Motorüberlast, Phasenausfall und

Überschreitung der Startzeit. Sämtliche An- und Auslaufparameter sind am Softstarter über Potis getrennt einstellbar. Dies ermöglicht eine exakte Geräteanpassung an die jeweiligen technischen Anforderungen. Integrierte Bypass-Kontakte zu den Leistungshalbleitern machen zusätzliche externe EMV-Maßnahmen nach Motorhochlauf überflüssig. Das reduziert zudem die Baugröße und den Preis. Durch seinen sanften Motorhochlauf gestattet der Ministart GI 9014 außerdem eine optimierte Auslegung der Antriebselemente, die weiteres Einsparpotenzial bietet. Der Softstarter sorgt für einen stromgeführten Motoranlauf. Dabei lässt sich der Anlaufstrom auf einen einstellbaren Wert begrenzen.

So wird ein kontrollierter und vor allem schonender Betrieb der Motoren sichergestellt. Zusätzlich sorgt ein Anlauf mit Stromrampe für das schnelle Überwinden des Losbrechmoments bei Schwerlastanläufen. Für die Einbindung in übergeordnete Steuerungen stehen optionale Kommunikationsmodule für Modbus, Profibus, DeviceNet sowie ein Modul für Pumpenanwendungen beispielsweise im Bereich der Geothermie zur Verfügung. Zu den wichtigsten Anwendungsgebieten gehören unter anderem Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren, Förder- und Transportanlagen, Antriebe mit Schweranlauf.

E. Dold & Söhne  
**get Contact** www.dold.com

**Plattenwärmetauscher**

**Kupfergelötetes Programm überarbeitet**

GEA PHE Systems hat die GBH-Reihe der Plattenwärmetauscher, die für Drücke von bis zu 45 bar bei 150 °C ausgelegt sind, überarbeitet. Neben dem Topmodell wurde die GB-Serie um weitere zwei Modellreihen erweitert: Die GBS-Reihe als Standard-Variante für Anwendungen bis 30 bar bei +/-200 °C und das Economy-Modell GBE (bis 16 bar) für die Heizungstechnik. Gleichzeitig wurde die Anzahl der Baugrößen auf 32 Varianten ausgeweitet. Die neuen Plattenwärmetauscher (PWT) sind zertifiziert nach PED (CE) und haben eine verbesserte Anschlusskonfiguration. Dadurch wurde die Einsatzbandbreite erhöht. Mit der Segmentierung der Wärmetauscher überträgt GEA PHE Systems die Anforderungen der Kunden an die PWTs auf die einzelnen Modellreihen.

Die neue GBH-Serie wird in elf, die GBS-Serie in 21 Baugrößen bis zu einem maximalen Volumenstrom von 160 m³/h, bei den Topmodell GBS 1000, geliefert. Die Economy-Reihe GBE wird in vier Baugrößen angeboten. Die Plattenzahl variiert entsprechend der Baugröße zwischen 50 und 360. Dank einer optimierten Plattenprägung ist der Wärmeübergang noch einmal gesteigert worden. Als Plattenwerkstoff kommt Edelstahl AISI 316/1.4401 zum Einsatz. Wie alle größeren, gelöteten PWTs von GEA PHE Systems sind auch die neuen GBH-Serien mit patentierter Sicherheitskammer (Safety Chamber) ausgestattet. Sie absorbiert auf-



tretennde Spannungen, die als Folge von Druck- und Temperaturschwankungen auf die ersten Lötunkte im Stutzenbereich einwirken, und beugt damit einer internen Leckage vor. Beim Einsatz der PWTs als Verdampfer gewährleistet das Full-Flow-System eine optimale Umströmung der Stutzen und verhindert so das Einfrieren der Fließkanäle. Die technischen Spezifikationen sowie die Druck- und Temperaturgrenzen ermöglichen einen vielfältigen Einsatz der GBE-, der GBS und der GBH-Serien in Kälteanlagen, bei der Prozesskühlung in Wärmepumpen und in der Haus- und Solartechnik.

GEA PHE Systems  
**get Contact** www.gea-phe.de

**Wärmepumpen**

**Naturwärme aus dem Erdreich effizient nutzen**

Viessmann bietet ein Komplettprogramm mit Wärmepumpen von 1,5 bis 1500 kW. Sie können als alleiniger Wärmeerzeuger ein Gebäude ganzjährig beheizen oder zusammen mit einem Heizkessel oder einer Solaranlage betrieben werden. Viessmann bietet dazu die gesamte Systemtechnik bis hin zu Heizkörpern und Fußbodenheizungen. Mit „natural cooling“ sind Kühlleistungen bis 5 kW, mit „active cooling“ bis 13 kW möglich.



Mit ihren Leistungszahlen bis 6,0 gehört die Wärmepumpe Vitocal 300-G zu den effizientesten Geräten zur Nutzung von Wärme aus dem Erdreich oder Grundwasser. Neue Leistungsgrößen erweitern jetzt das Einsatzgebiet der Vitocal 300-G auch auf Objekte mit höherem Wärmebedarf. Die Umsetzung des 3D-Schallkonzeptes macht die Wärmepumpe zudem zu den leisesten Geräten im Markt. In allen Ausführungen der Vitocal 300-G kommt der Compliant-Scroll-Verdichter zusammen mit einem elektronischen Expansionsventil und dem RCD-System (Refrigerant Cycle Diagnostic) zum Einsatz. Das RCD-System überwacht und regelt permanent den Kältemittelkreislauf. So ist in jedem Betriebspunkt der Wärmepumpe eine optimale Betriebsweise gewährleistet.

Viessmann  
**get Contact** www.viessmann.de



**D-67246 DIRMSTEIN  
AM ALTBACH 3-5  
TEL.: +49 (0)6238/920490  
FAX:+49(0)6238/9204910  
www.handke-international.com**