

*Gekürzte und überarbeitete Fassung. Zuerst erschienen in Mitteilungen der Schweizerischen Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik - Frühjahrstagung, 6. Mai 1993, St. Gallen

**Dr. U. Schärli, NEK Umwelttechnik AG, CH-Zürich.

Die größte erdgekoppelte Wärmepumpenanlage der Welt - Richard Stockton College, New Jersey

Burkhard Sanner* & Lynn Stiles**

Richard Stockton College of New Jersey, some ten miles east of Atlantic City, features the largest ground-source heat pump plant currently in operation world-wide. 400 boreholes, each 130 m (425 ft) deep, provide heat source- and sink for 66 rooftop heat pumps supplying 5,2 MW (1480 tons) of heat and cold for the college building (33 440 m²/ 36 000 sq.ft.). The heat pumps are connected to the well field through a water loop of 406 mm (16") diameter. The building dates from 1972, and during December 1993 the original roof-top air conditioners have been replaced by the new heat pumps in 1 1/2 days with the aid of a helicopter. Since January 1994 the plant is operational. An accompanying research program focuses the energy balance and savings, soil and groundwater chemistry, computer modelling of the ground etc. Extensive monitoring provides the necessary data.

In Pomona, etwa 15 km westlich Atlantic City in New Jersey, USA, befindet sich das Richard Stockton College of New Jersey. Die 1971-74 erstellten Gebäude mit einer Gesamtfläche von 33.440 m² verteilen sich auf 14 zwei- bis dreistöckige Flügel, die von einem langgestreckten, glasüberdachten Atrium abgehen (Abb. 14). In der ursprünglichen Ausstattung waren auf dem Dach jedes Flügels in der Regel 3 Klimageräte von je 70-105 kW Kühlleistung installiert; dazu kam eine gasgefeuerte Warmwasserheizung mit Radiatoren an den verglasten Außenwänden, die bei Temperaturen unter 10 °C zugeschaltet wurde. Da die Klimageräte nach 20 Jahren das Ende ihrer Lebensdauer erreicht hatten, wurde ein Austausch erforderlich. Dabei konnte aber nach dem nunmehr erreichten Stand der Technik eine Anlage mit erdgekoppelten Wärmepumpen zum Einsatz kommen.

Die einzelnen Wärmepumpeneinheiten haben etwa die gleiche Leistung wie die alten Klimageräte, sind jedoch nur etwa halb so groß. In einer spektakulären Aktion im Dezember 1993 wurden mit Hilfe eines Hubschraubers alle 66 Klimageräte auf den Gebäudedächern in nur eineinhalb Tagen ausgetauscht (Abb. 15). Die neu installierten Wärmepumpen haben eine Nennheiz- und -kühlleistung von zusammen 5,2 MW (1480 tons). Die Gasheizung wurde nicht ersetzt, sie dient nach wie vor der Abdeckung des Spitzenbedarfs, wobei mit den Wärmepumpen nunmehr auch bei tieferen Temperaturen als 10 °C geheizt werden kann. Ebenso blieb eine relativ neue Gasheizung für die Zuluft der naturwissenschaftlichen Arbeitsräume in Betrieb.



Abb. 14: Richard Stockton College of New Jersey



Abb. 15: Austausch der Rooftop-Airconditioner gegen Wärmepumpen

Als Wärmequelle und -senke dienen 400 Erdwärmesonden, die jeweils 4,6 m auseinanderliegen und 130 m tief reichen. Somit ergeben sich 52 km Bohrlochlänge, die auf einer Fläche von weniger als 100 x 200 m unter einem Parkplatz untergebracht wurden! Der Untergrund besteht aus mehreren Aquiferen und Grundwasserstauern (Abb. 16). Als Erdwärmesonden kommen einfache U-Rohre aus HD-Polyethylen mit 32 mm Nenndurchmesser zum Einsatz, von denen jeweils 20 in einem 102-mm-Rohr zusammengefaßt werden. Diese Rohre münden in eine zentrale Leitung zum Gebäude mit 406 mm Durchmesser, die einen maximalen Durchfluß von 1022 m³/h aufnimmt. Als Wärmeträger kommt Wasser ohne jeden Frostschutz zum Einsatz.

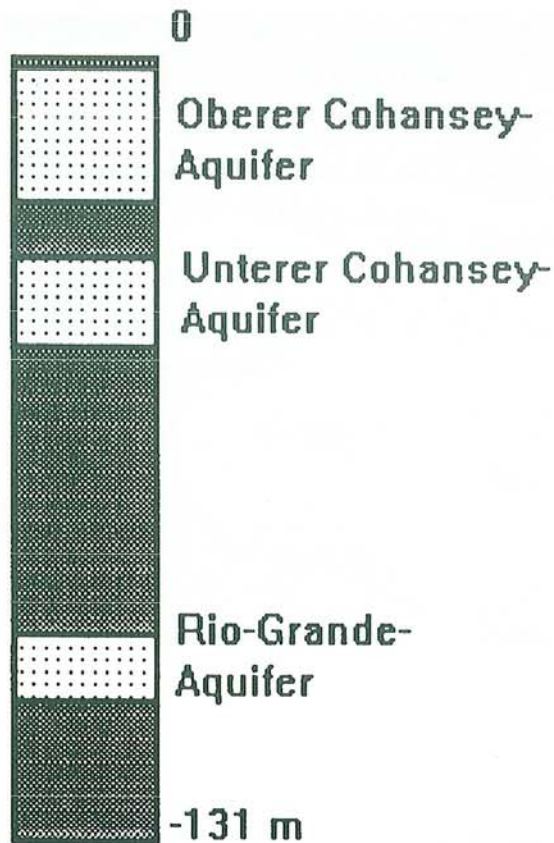


Abb. 16: Schematisches Untergrundprofil

Bei einer angenommenen Arbeitszahl im Heizbetrieb von $\beta=3$ ergibt sich eine spezifische Sondenleistung von etwa 66 W/m, was den europäischen Standardwerten für Erdwärmesonden in Wohnhäusern von 50-60 W/m sehr nahe kommt. Die Durchflußmenge mit etwa $0,3 \text{ m}^3/\text{h}$ für jedes kW Kälteleistung liegt ebenfalls im Rahmen europäischer Werte. Von der zentralen Ringleitung zweigen im Gebäudekomplex fünf Kreise ab, die direkt die Wärmepumpen versorgen und dort Wärme abge-



Abb. 17: Bohrarbeiten für die Erdwärmesonden

ben bzw. aufnehmen. Der Durchfluß in der Hauptleitung und den fünf Nebenleitungen wird durch drehzahlregelte Pumpen gesteuert, die bei steigenden Temperaturdifferenzen die Umwälzmenge erhöhen. Die Anordnung ermöglicht auch, daß in der Übergangszeit gleichzeitig anfallender Heiz- und Kühlbedarf in unterschiedlichen Gebäudezonen über die Ringleitung ausgeglichen werden kann.

Die Bohrungen wurden im August 1993 beendet (Abb. 17), die Wärmepumpen im Dezember 1993 installiert und der Betrieb im Januar 1994 aufgenommen. Am Standort Pomona ist Air Conditioning erforderlich, und der Sommerbetrieb somit fast wichtiger als der Heizbetrieb im Winter. Nach Berechnungen sollen etwa 2 GWh Strom und 17 MMBtu Gas eingespart und Emissionen entsprechend denen von 400 US-PkW vermieden werden. Die Betriebskosten sollen um 455.000,- US-\$ pro Jahr sinken bei einem Investitionsvolumen für die Anlage von 5,2 Mio. US-\$. Ein Ersatz der alten Anlage durch herkömmliche Klimageräte hätte etwa 5 Mio. US-\$ gekostet. An den Investitionskosten beteiligte sich das Department für Energie und Umwelt des Staates New Jersey mit 2,3 Mio. US-\$, das Department für höhere Bildung mit 1,4 Mio. US-\$, und der lokale Stromversorger Atlantic Electric mit 1,2 Mio. US-\$.

Begleitend wird am Richard Stockton College ein Forschungsprogramm durchgeführt, das die Vorteile und den Umwelteinfluß der erdgekoppelten Wärmepumpenanlage aufzeigen soll. EPRI, das Electrical Power Research Institute, fördert ein 3-Jahres-Programm zur energetischen Beurteilung, und die South Jersey Transportation Authority fördert für 5 Jahre die Untersuchung der Umweltauswirkungen. Eine Anzahl Meßbohrungen für Grundwasserentnahme und Temperaturmessungen sind vorhanden, dazu diverse Meßstellen im Gebäude.

Ziel des Forschungsprogrammes ist es,

- die Einsparungen an Gas und Strom zu beziffern,
- den Anteil der drehzahlregulierten Umwälzpumpen und der DDC-Steuerung an den Einsparungen zu erfassen,
- die Energiebilanz aufzustellen und zu untersuchen, ob langfristig ein Gleichgewicht zwischen Entzug und Einspeisung von Wärme zu erzielen ist,
- bestehende Computermodelle auf ihre Tauglichkeit zur Beschreibung des Verhaltens des Bohrlochfeldes zu prüfen und ggf. zu modifizieren,
- festzustellen, ob Grundwasserchemismus und Bodenporosität beeinflusst werden.

Messungen aus dem ersten Betriebsjahr (1994) haben gezeigt, daß die natürlichen Erdreichtemperaturen unter den Parkplatzflächen einen ungewöhnlichen Verlauf aufweisen (Abb. 18). In der neutralen Zone in 30 y (10 m) Tiefe liegen die Temperaturen bei über $15 \text{ }^\circ\text{C}$, sinken darunter auf etwa $12 \text{ }^\circ\text{C}$ ab und steigen erst ab ca. 40 m Tiefe entsprechend dem geothermischen Gradienten an. Dies kann nur darauf zurückgeführt werden, daß die dunkle Asphaltfläche der Parkplätze wie ein Sonnenkollektor wirkt, die oberflächennahen Schichten damit stärker aufgeheizt werden als vor dem Parkplatzbau, und sich das Energiegleichgewicht im Erdreich verschiebt. Die Erwärmung hat in den 20 Jahren seit Bestehen des College eine Tiefe von etwa 40 m erreicht.

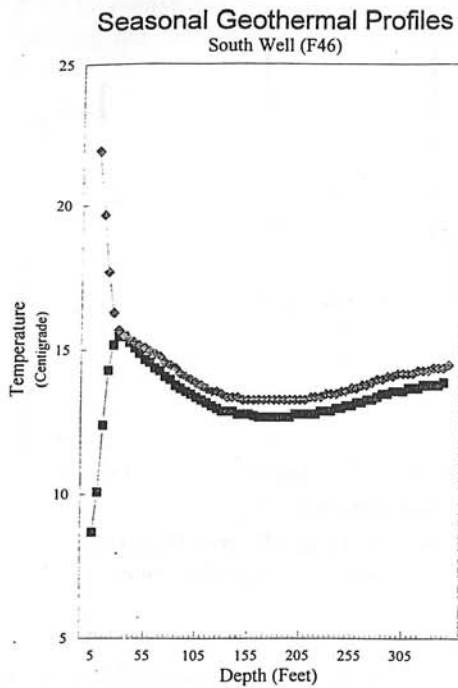


Abb. 18: Temperaturprofil südlich des Sondenfeldes

In der außerhalb des Sondenfeldes gelegenen Beobachtungsbohrung (Abb. 18) ist im Sommer eine Erwärmung um weniger als 1 K zu verzeichnen. In der direkten Umgebung der Erdwärmesonden wird Erdreich und Grundwasser jedoch teilweise bis über 20 °C aufgeheizt. Im Sondenfeld kann außerdem der Einfluß der drei Aquifere (Abb. 16) beobachtet werden; die Temperaturen in den jeweils im Oberstrom gelegenen Erdwärmesonden sind im Bereich der Aquifere niedriger, in den im Unterstrom gelegenen Bohrungen höher als im Bereich der stauenden Schichten.

Die Anlage im Richard Stockton College hat einen Netto-Kühlbedarf, so daß im Winter deutlich weniger Wärme aus dem Erdreich entnommen wird, als im Sommer zugeführt wird. Mithin ist längerfristig eine Erwärmung des Erdreiches im Sondenfeld zu erwarten. Um den Heizbedarf im Winter zu erhöhen, wird die Einbeziehung einiger Studentenwohnheime in die Heizwärmeversorgung durch Wärmepumpen überlegt. Die Temperaturen sinken auch im Winter nicht in den Minusbereich ab, und so kann auf die Beigabe eines Frostschutzmittels zum Wärmeträgermedium Wasser verzichtet werden.

Die Erfahrungen aus Anlagenbau und -betrieb sowie die Ergebnisse des Forschungsvorhabens sollen verbreitet werden, um zum Bau ähnlicher Anlagen anzuregen.

* Dr. Burkhard Sanner, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Justus-Liebig-Universität, Gießen

**Lynn Stiles, Richard Stockton Collage, Pomona, New Jersey, USA

Geothermie in Templin - Riskikobewertung als Entscheidungshilfe

Frank Kabus & Ingo Bachmann*

Preliminary investigations on deposits of thermal water and their energetic utilisation for the city of Templin situated in the northern part of Brandenburg were already carried out in 1992/93 with positiv results. The urban devolopment meanwhile is intensive characterized by the settlement of cure and spa installations. Thus a combination of geothermics with materially and balneological installations of deep thermal water moves in the center of interest. Modelling calculations were carried out for the purpose of a valuation of risks and definition of an optimal concept of exploitatione of thermal water and the later utilisation.

Zielsetzung

Für die Stadt *Templin* im nördlichen *Brandenburg* wurden bereits 1992/93 Voruntersuchungen zum Vorkommen und zur energetischen Nutzung von Thermalwasser mit positivem Ergebnis ausgeführt. Zwischenzeitlich ist die städtische Entwicklung verstärkt durch die Ansiedlung von Kur- und Bädereinrichtungen geprägt, so daß eine Kombination der Geothermie mit einer stofflich-balneologischen Verwertung von Tiefenthalwasser in den Blickpunkt rückt. Zur Bewertung von Risiken und Definition eines optimalen Konzeptes der Thermalwassererschließung und späteren -nutzung wurden aktuell modellhafte Rechnungen ausgeführt.

Grundlagen und Herangehensweise

Am Standort sind Tiefenthalwasser in verschiedenen Stockwerken mit sehr unterschiedlichen Parametern und Erwartungsintervallen prognostiziert:

Eozän	400...710 m	19...24°C	5...15m ³ /(h*MPa)
Eozän	820...960 m	35...42°C	5...30m ³ /(H*MPa)
Aalen	1700...1.880 m	68...76°C	50...100m ³ /(h*MPa)
Hettang	1800...2050 m	72...80°C	100...>100 m ³ /(H*MPa)

Für eine Nutzung der Wässer kommen, zum einen, eine stofflich-balneologische Anwendung der Thermalsole in einer Therme und als Kurmittel in verschiedenen Kliniken, zum anderen, eine thermische Nutzung für die umweltfreundliche Wärmeversorgung der künftigen Kurstadt in Frage.

In der Konzipierung verschiedener Nutzungsmöglichkeiten wurden zunächst die Bedarfswerte in den relevanten Varianten ermit-

telt. Besondere Beachtung galt dabei der Solenutzung für unterschiedliche Zwecke (mit entsprechender Verdünnung und Aufbereitung) sowie Entsorgung der dabei anfallenden verschieden salzbefrachteten Abwässer.

Hinsichtlich des künftig zu versorgenden Wärmebedarfs wurden für die Gebäude im Kurgebiet typisierte Tagesverläufe sowie darauf aufbauende geordnete Jahresganglinien bestimmt und