



Bredel-Schürmann, S., Stiller, M., Bauer, K., Ryberg, T., Spalek, A., Huenges, E. (2011): Erschließung des geothermischen Potenzials für die Wärmeversorgung der Hauptstadt. - Geothermische Energie, 20, 71, 8-11

<http://www.geothermie.de/service/publikationen/zeitschrift-geothermische-energie.html>



Regenerative Energien werden aktuell nur zu 2 % für die Wärmeversorgung Berlins genutzt [1]. Das Versorgungskonzept für das am Schöneberger Gasometer entstehende CO₂-neutrale Stadtquartier sieht nun eine Nutzung der tiefen Geothermie vor. Für das Gelände mit wissenschaftlichen Einrichtungen, Büros und Gastronomie wird ein jährlicher Brutto-Wärmebedarf von ca. 7000 MWh und ein Kältebedarf von ca. 5000 MWh erwartet. Die Projektpartner GASAG und EUREF AG haben mit wissenschaftlicher Begleitung des Deutschen GeoForschungsZentrums (GFZ) erste Messungen zur Erkundung des geothermischen Potenzials der Hauptstadt durchgeführt.

Erschließung des geothermischen Potenzials für die Wärmeversorgung der Hauptstadt

TEXT: Dr.-Ing. Stefan Bredel-Schürmann, Manfred Stiller, Dr. Klaus Bauer, Dr. Trond Ryberg, Angela Spalek, Dr. Ernst Huenges

Das Projekt

Die Idee eines tiefen Geothermieprojekts in Berlin entstand mit dem Vorhaben der EUREF AG, den 1995 außer Betrieb genommenen Schöneberger Gasometer zu einem CO₂-neutralen Stadtquartier mit wissenschaftlichen Einrichtungen, Büros und Gastronomie umzugestalten. Die denkmalgeschützte Bausubstanz auf dem Gelände wird unter Beachtung der denkmalpflegerischen Erfordernisse in die Quartiersentwicklung integriert. Nach Fertigstellung des Europäischen Energie Forums (EUREF) ist ein jährlicher Brutto-Wärmebedarf von rund 7.000 MWh und ein Kältebedarf von 5.000 MWh für das gesamte Gelände zu erwarten. In dem klimaschonenden Versorgungskonzept soll die Tiefe Geothermie in der Wärmeversorgung einen entscheidenden Beitrag leisten.

Projektpartner ist die GASAG Berliner Gaswerke Aktiengesellschaft, der Erdgasgrundversorger der Hauptstadt. Sie hat sich mit der vierten Klimaschutzvereinbarung gegenüber dem Land Berlin verpflichtet, durch umfangreiche Effizienzmaßnahmen, Investitionen in die dezentrale Energieversorgung und die Förderung des Einsatzes regenerativer Energien bis zum Jahr 2020 den jährlichen CO₂-Ausstoß in Berlin um zwei Millionen Tonnen gegenüber 1998 zu verringern. In diesen Kontext sind auch Aktivitäten zur Tiefen Geothermie eingeordnet. Zu Beginn des Jahres 2010 erhielt die GASAG

vom Bergamt Berlin/Brandenburg die Aufsuchungsrechte für Erdwärme und Sole im Erlaubnisfeld »Tempelhof«, welches ein Gebiet von 80 km² mit rund 750.000 Einwohnern umfasst.

Die Geologie Berlins

Mit Ausnahme des Gebietes am Berliner Erdgaspeicher, der seit fast 20 Jahren von der GASAG betrieben wird, liegen für Berlin nur wenige Daten zum tiefen geologischen Untergrund vor. Eine wesentliche Ursache dafür ist, dass Berlin bei Beginn der modernen Tiefbohrtechnik bereits dicht bebaut war, was auch eine hochauflösende Kohlenwasserstoffexploration nur sehr eingeschränkt erlaubte.

Auf Grundlage der Tiefbohrungen Berlin 01 (4.040 m Teufe), Wartenberg 2/86 (1.890 m Teufe) und Großziethen (3.300 m Teufe) sowie vorhandener seismischer Daten wurde in einer geologischen Vorstudie eine erste Prognose für den Standort Schöneberg erstellt. Danach sind der Hettang in 400 m Teufe mit 20 °C, der Rüdersdorfer Schaumkalk in 1.100 m Teufe mit 44 °C, der Mittlere Buntsandstein in 1.500 m Teufe mit 55 °C sowie die Rotliegend-Sandsteine in 4.000 m Teufe mit 140 °C potenzielle geothermische Nutzhorizonte.

Als besonders vielversprechend wird der Aquifer im Mittleren Buntsandstein bewertet, da er eine Kombination aus guten Reservoireigenschaften und ausreichend hohen Temperaturen bietet



Dr. Stefan

Bredel-Schürmann

ist Stabsleiter Geothermie bei der GASAG Berliner Gaswerke Aktiengesellschaft

Kontakt:

sbredel-schuermann@gasag.de

www.gasag.de

www.gasag.de

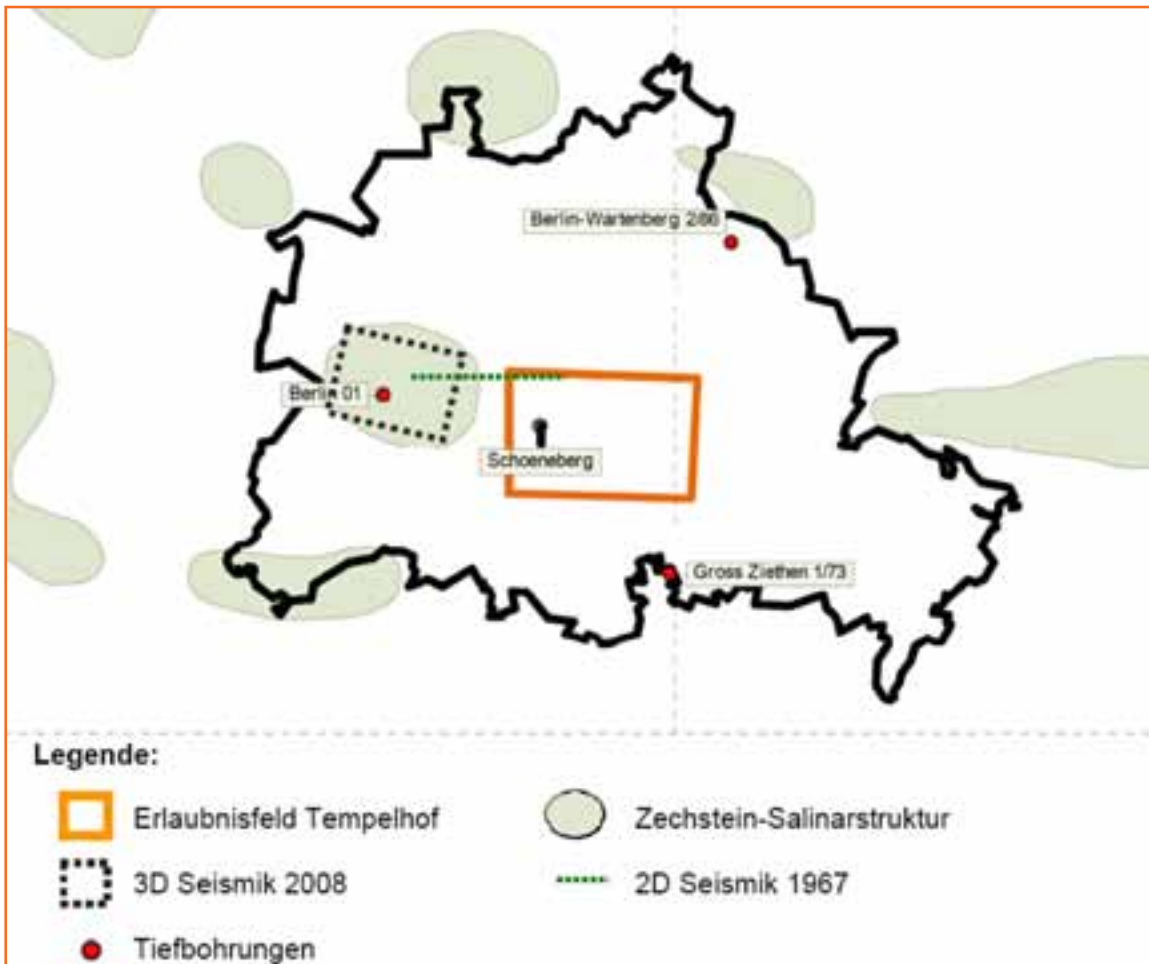


Abbildung 1:
Aufsuchungsfeld Tempelhof
(Grafik: nach M. Hauptmann,
GASAG).

(Datenbasis für die geologische Vorstudie, M. Hauptmann, 2009).

Das Konzept

Zur Versorgung des EUREF-Quartiers soll die Erschließung mit einer hydrothermalen Dublette geprüft werden. Ergänzt wird der Thermalwasserkreislauf durch die übertägigen Einrichtungen in der Heizzentrale. Als besonders vorteilhaft hat sich hier der Einsatz einer Gaswärmepumpe erwiesen. Ein Spitzenlastkessel vervollständigt die Anlagenkonfiguration. Er dient zugleich als Ausfallreserve. Gaswärmepumpe und Spitzenlastkessel können zur Sicherstellung der CO₂-neutralen Wärmeversorgung auch mit Bioerdgas anstelle des fossilen Erdgases betrieben werden. Aktuelle Projektplanungen zielen auf eine Erschließung des Mittleren Buntsandsteins in ca. 1.500 m Teufe ab. Die bei der Fündigkeit von Thermalwasser nutzbare Energie reicht nach aktuellen Schätzungen für die Grundlastversorgung des EUREF-Quartiers aus. Die erwartete Thermalwassertemperatur von ca. 55 °C eignet sich für eine direkte Wärmeversorgung der auf dem Gelände geplanten Neubauten. Die Haustechnikseite der Gebäude wird auf dieses Temperaturniveau abgestimmt und das Nutzungskonzept im Rahmen der weiteren Bauplanung optimiert.

Seismische Pilotstudie Tempelhofer Feld Vibroseismische Messungen

Um genauere Erkenntnisse über den Untergrund in Berlin zu gewinnen, hat die GASAG im März 2011 seismische Testmessungen auf dem Gelände des ehemaligen Tempelhofer Flughafens beauftragt. Diese wurden durch den Leipziger Kontraktor Geophysik GGD mbH unter wissenschaftlicher Begleitung des GFZ Potsdam durchgeführt. Das Tempelhofer Feld eignete sich dazu ideal. Anders als das ca. 2,4 km entfernte Schöneberger Gasometer-Gelände erlaubt es die Durchführung eines umfangreichen Testprogramms, ohne den direkten Lärm von naheliegender Stadtautobahn sowie S- und U-Bahn, ohne komplizierte Genehmigungsprozeduren und ohne die erheblichen Beeinträchtigungen des fließenden Verkehrs sowie des allgemeinen Stadtalltags. Kosten und Aufwand blieben damit in einem vertretbaren Rahmen.

Auf zwei West-Ost verlaufenden, parallelen Linien (den beiden ehemaligen Start-/Landebahnen) von jeweils zwei Kilometern Länge wurden reflexionsseismische Pilot-Messungen durchgeführt. Diese sollen einerseits Auskunft über den strukturellen Aufbau des lokalen Untergrundes geben, andererseits auch grundsätzliche Informationen über Machbarkeit und Grenzen sowie die notwendigen Parameter für potenzielle weitere seismische Erkundungsarbeiten in einer pulsierenden Großstadt wie Berlin liefern.



Manfred Stiller
(Diplom-Geophysiker) ist am GFZ im Department «Physik der Erde», Sektion «Geophysikalische Tiefensondierung» tätig. Sein Schwerpunkt liegt bei der Planung, Durchführung und Auswertung von seismischen Messprojekten weltweit.
Kontakt:
manfred@gfz-potsdam.de
www.gfz-potsdam.de/sec22

Entsprechend dieser Vorgaben wurde ein umfangreiches Testprogramm gefahren, bestehend aus der Anwendung unterschiedlicher Anregungsparameter (Signalstärke, -dauer und -frequenzen) sowie einem Vergleich von Tag- und Nachtmessungen.

Zum Einsatz kam dabei die umweltfreundliche Vibroseis-Methode, bei der auf LKWs montierte, hydraulische Vibrationseinheiten mittels auf den Boden gepresster Metallplatten periodische Schwingungen in den Untergrund einbringen. Diese künstlichen Schallwellen breiten sich senkrecht in die Tiefe aus und werden an den Schichtgrenzen der unterschiedlichen Gesteinsformationen sukzessive reflektiert, d.h. verzögert zur Erdoberfläche zurückgeworfen. Dort werden sie von empfindlichen Schwingungsaufnehmern, den Geophonen, registriert. Die zeitliche Abfolge und die Signalform der »Echos« geben nach einer umfangreichen Datenbearbeitung detailliert Auskunft über die Tiefenlage, die räumliche Anordnung und die spezifischen Eigenschaften der Untergrundstrukturen.



Dr. Klaus Bauer

beschäftigt sich am GFZ schwerpunktmäßig mit geothermischer Exploration mit Hilfe seismischer und seismologischer Methoden (Projekte im Norddeutsch-Polnischen Becken, Island, Indonesien, Kanada).

Kontakt:

klaus@gfz-potsdam.de,
www.gfz-potsdam.de/sec22



Dr. Trond Ryberg

ist Mitarbeiter am GFZ mit den Schwerpunkten Strukturerkundungen mit seismischen Verfahren, Entwicklung innovativer Abbildungs- und Inversionsverfahren sowie Planung, Durchführung und Datenauswertung geophysikalischer Experimente.

Kontakt:

trond@gfz-potsdam.de,
www.gfz-potsdam.de/sec22

Vibratoren sowie durch die Einzeldauer und Wiederholrate der ausgesendeten Sweep-Signale) hat naturgemäß einen großen Einfluss auf die Qualität der sich ergebenden Untergrund-Abbildung.

- Nachtmessungen erbringen wegen der insgesamt geringeren Störgeräusche durch Industrie und Verkehr bei gleicher Anregungsstärke in allen Laufzeitbereichen sichtbar bessere Resultate als Tagmessungen.
- Die auf dem Tempelhofer Flughafen-Gelände gewonnenen Erkenntnisse können innerhalb gewisser Grenzen zur Optimierung der Messparameter bei zukünftigen seismischen Messungen in Berlin (oder vergleichbaren Ballungszentren) benutzt werden. Da im direkten Stadtgebiet die Anregungsbedingungen jedoch erheblich eingeschränkter sein werden, spielt insbesondere die genaue Kenntnis des Trade-Offs zwischen allen die Signalstärke bestimmenden Komponenten (Anzahl der Vibratoren, Peak-Force, Sweep-Form und -Dauer, Sweeps pro Messpunkt usw.) eine entscheidende Rolle im Hinblick auf Flexibilität und Abschätzung der resultierenden Messzeit und -kosten.

Das Deutsche GeoForschungsZentrum führt aktuell weitere Auswertungen der Messdaten mit speziellen Processing-Verfahren durch, um zu einer verbesserten Abbildung des Berliner Untergrundes in diesem Bereich zu kommen. Eine grundsätzliche Schwierigkeit bleibt allerdings bestehen: Da es keine Tiefbohrung in der Nähe der in Tempelhof gemessenen seismischen Profile gibt, ist die verlässliche Zuordnung von aufgezeichneten Reflexionen zu geologischen Einheiten sowie die exakte Umrechnung der gemessenen Laufzeiten in Bohrtiefen schwierig bzw. nur mit einer gewissen Ungenauigkeit möglich.

Seismische Strukturabbildung mit Hilfe von Umgebungsrauschen

Als zusätzliche Komponente zur Vibroseisermik hat das GFZ auf dem Flughafen Berlin-Tempelhof seismische Rauschmessungen durchgeführt. Sie erfolgen rein passiv, also ohne kontrollierte Wellenanregung mit Vibrator, Sprengung oder Fallgewicht. Dabei wird die durch Mensch und Natur erzeugte Bodenunruhe als Nutzsignal



Abbildung 2: Seismischer Vibrator (Foto K. Erbas, GFZ)

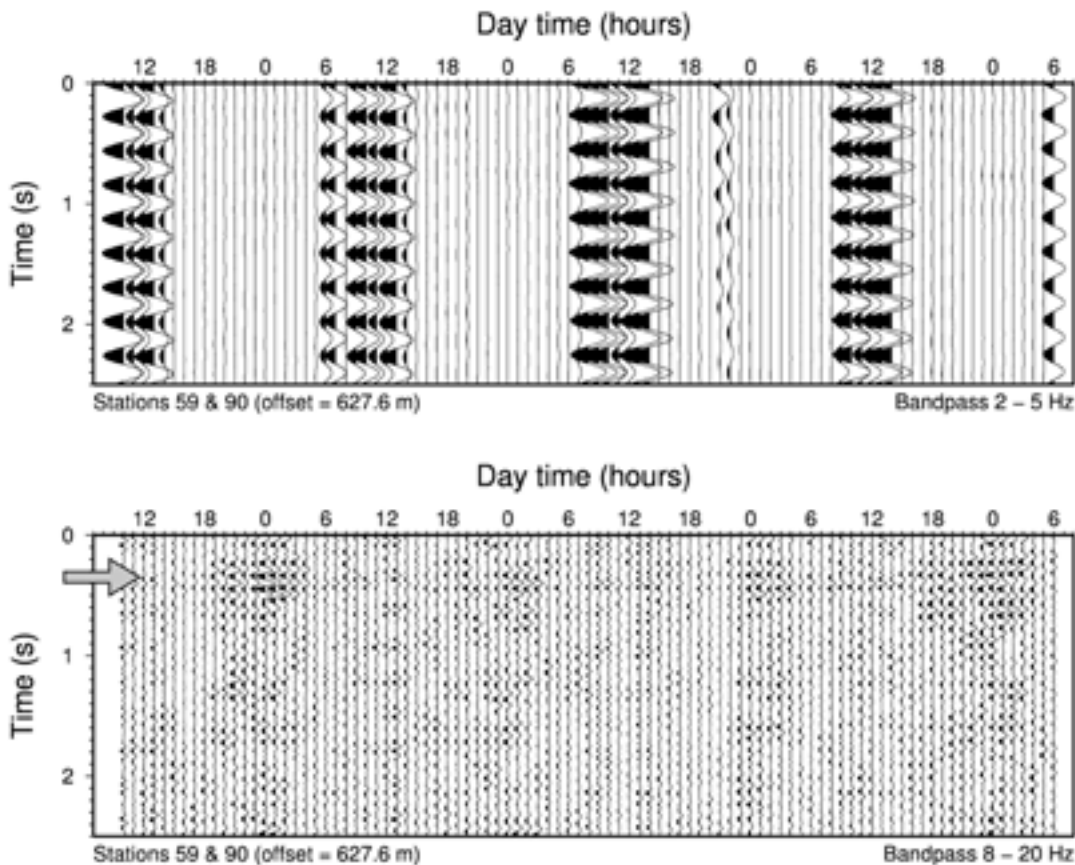


Abbildung 3:
Stundenweise Kreuzkorrelation der kontinuierlichen Zeitreihen für ein exemplarisches Stationspaar. Im oberen Teil zeigen sich bei einem Bandpass von 2-5 Hz tageszeitabhängige ungewünschte Störsignale. Im unteren Teil kann eine reproduzierbare Phase bei etwa 0,3-0,5 s identifiziert werden. In diesem Fall wurde ein höheres Frequenzband gefiltert.

für eine unkonventionelle Strukturerkundung genutzt. Eine inzwischen relativ verbreitete Methode ist die Modellierung bzw. Inversion von tieffrequenten, durch Wellenbewegungen in den Ozeanen generierten Oberflächenwellen [siehe z. B. [3]]. Dagegen ist bisher wenig über das Angebot von Bodenunruhe-Signalen in Großstädten bekannt. Besonders interessant wären hochfrequente Raumwellen (z. B. an geologischen Grenzflächen reflektierte Wellen), die mit reflexionsseismischen Methoden direkte Untergrundbilder, z. B. in für Vibroseismik schwer zugänglichen Gebieten, liefern könnten. Allerdings werden mit Rauschmessungen prinzipbedingt Raumwellen deutlich schlechter erfasst als Oberflächenwellen [4]. Durch Vergleich mit Sprengseismik gelang erst kürzlich der Nachweis von reflektierten Phasen unter Verwendung von Rauschmessungen [5].

Bei den Messungen in Tempelhof wurden 100 Empfänger entlang von zwei Profilen auf dem Flughafengelände aufgestellt. Die am GFZ entwickelten Geräte eignen sich für Langzeitregistrierungen bei minimalem Energieverbrauch. Die über etwa fünf Tage kontinuierlich aufgezeichneten Zeitreihen wurden für alle Stationen paarweise miteinander korreliert und bilden die Grundlage für eine Machbarkeitsstudie. Es wird untersucht, unter welchen Bedingungen auswertbare Phasen erfasst werden können (z. B. Tagesschwankungen, Frequenzgehalt, Empfängerabstände, Dauer der Registrierung). Ein Beispiel für solche Tests ist in Abbildung 3 dargestellt. Später werden die identifizierten Phasen je nach Wellentyp ausgewertet, um Strukturbilder des Untergrundes zu gewinnen. Die Verifizierung

ist durch den Vergleich mit der Vibroseismik gegeben. Die Geräte werden durch die am GFZ ansässige Firma Omnirecs vertrieben.

Ausblick

Sollten die Auswertungen der seismischen Daten und die weitere Ausarbeitung des geothermischen Nutzungskonzepts ebenfalls positive Ergebnisse erbringen, steht als nächster Schritt eine Tiefbohrung an. Sie könnte dann endgültig Auskunft darüber geben, ob und in welchem Umfang die tiefe Geothermie zu einer nutzbaren heimischen Energiequelle für Berlin werden kann. ♦

Literatur

1. Hirschl, B. Erneuerbare Energien in Berlin – vom Schlusslicht auf die Überholspur? <http://www.berlin.de/imperia/md/content/sen-wirtschaft/energie/energiekonzept.pdf>, IÖW, 2011.
2. Karp, T., Olgemann, W. Technischer Bericht (Feldmessungen, Erstbearbeitung) Testseismik Berlin-Tempelhof. Geophysik GGD Leipzig i. A. GASAG Berlin, 2011.
3. Shapiro, N. M., Campillo, M., Stehly, L., und Ritzwoller, M. H. High-resolution surface wave tomography from ambient noise. *Science*, 307, 1615-1618, 2005.
4. Forghani, F. und Snieder, R. Underestimation of body waves and feasibility of surface-wave construction by seismic interferometry. *The Leading Edge*, 29, 790-794, 2010.
5. Ryberg, T. Body wave observations from cross-correlations of ambient seismic noise: A case study from the Karoo, RSA. *Geophys. Res. Lett.*, 38, L13311, 2011.



Angela Spalek
ist Mitarbeiterin des International Centre for Geothermal Research am GFZ.

Kontakt:
spalek@gfz-potsdam.de,
www.gfz-potsdam.de/geotherm



Dr. Ernst Huenges
ist Leiter des International Centre for Geothermal Research am GFZ.

Kontakt:
huenges@gfz-potsdam.de,
www.gfz-potsdam.de/geotherm