

Achim Schröter ¹⁾, Ernst Rohner ²⁾

Nachhaltiger Campus der ETH Zürich mit oberflächennaher Geothermie

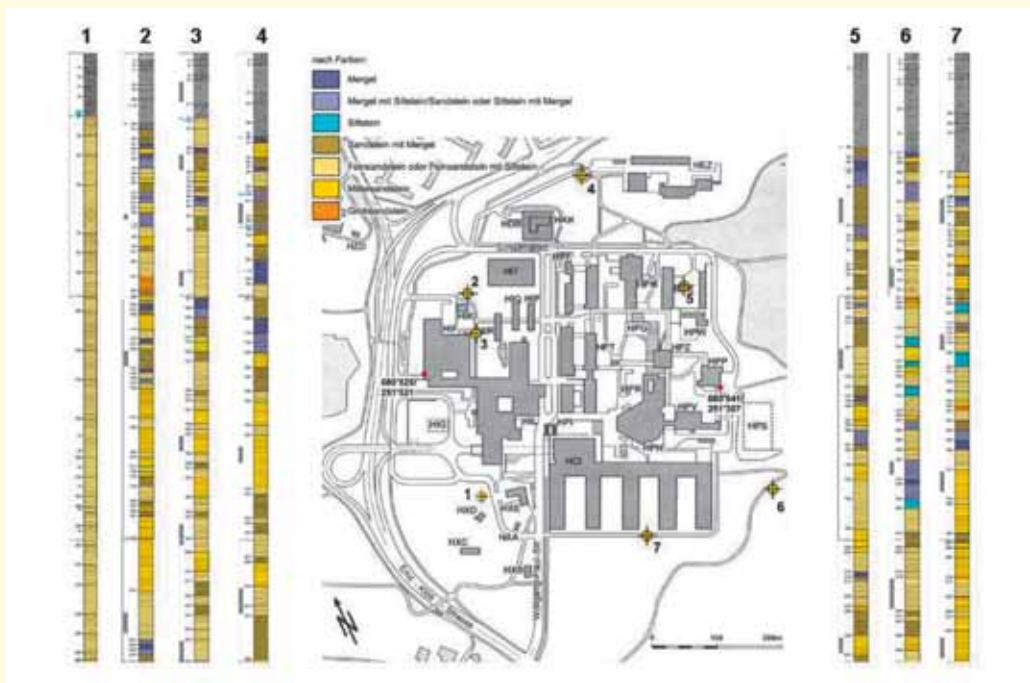


Abb. 1 · Übersichtsplan Science City mit geologischen Profilen der Probebohrungen.

In Zeiten steigender Energiekosten und allgemeiner Ressourcenverknappung spielen regenerative Energien eine immer größere Rolle. Erdwärme ist eine der Energieformen, die den Energiebedarf ohne Strahlungs- oder Umweltrisiko über tausende Jahre abdecken kann. Die Energie ist lokal vorhanden; Transportwege von Heizmitteln, die wiederum zum CO₂-Ausstoss beitragen, sind nicht nötig. Die Eidgenössische Technische Hochschule in Zürich (ETH) setzt auf die Geothermie zur Schaffung eines nachhaltigen Campus beim Ausbau des Standortes zu Science City bis ins Jahr 2020.

Mit dem Projekt Science City verfolgt die ETH Zürich, Schweiz, das Ziel, ihren Standort Höggerberg zum Vorbild eines nachhaltigen Campus zu entwickeln, und den Campus als internationalen Knotenpunkt von Wissenschaft, Wirtschaft und Bevölkerung auszubauen. In verschiedenen Bauabschnitten werden

neue, nachhaltige Gebäudekomplexe bis zum Jahr 2020 erstellt. Die ökologischen Ziele des Projektes sind eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 50% mittels Geothermie bis ins Jahr 2020. Hierfür wurde ein neues Energiekonzept als dynamisches Erdspeichersystem zur Deckung des Wärmebedarfs mittels Erdwärmesondenfelder entwickelt.

Als Teil des Projektes Science City wird in der ersten Etappe ein neues Laborgebäude HPL erstellt. Dies besteht aus drei Untergeschossen und sechs oberirdischen Geschossen, und schliesst den ETH Campus auf dem Höggerberg in Zürich gegen Nordosten ab.

Zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs für dieses Gebäude wurde die erste Etappe des Erdspeichers unter dem Gebäude gebaut. Der Erdspeicher ist an eine Ringleitung angeschlossen, die im Endausbau über das ganze Campusareal führt. Das Konzept dieser dezentralen Wärme- und Kälteversorgung mittels mehrere Erdspeicher erfolgte durch die Firmen **Amstein + Walther** AG und die **Geowatt** AG. Die Simulation der Gesamtanlage im Hinblick auf die Dimensionierung der Erdspeicher wurde durch die Firma Geowatt AG, Zürich, realisiert. Hierbei wurden alle Systemschnittstellen (Wärmepumpen, direktes Kühlen [Geocooling], Kühlen mit Unterstützung von Kältemaschinen, Abwärme, saisonales Einspeichern von Wärme aus Prozessen

und Abwärme, Stabilisieren der Felder über Aussen-Luftwärmehaustauscher) berücksichtigt. Ziel der Simulation war ein möglichst geringer Primärenergiebedarf unter Berücksichtigung der hohen Anforderungen des Bauherrn.

Da es sich beim Gesamtvorhaben um eine sehr komplexe Anlage handelt, wurden im Vorfeld der Auslegung der geothermischen Anlage über das Areal verteilt enhanced Thermal Response Tests (e-TRT) durchgeführt. Bei dem durch die Geowatt AG patentierten e-TRT wird die Wärmeleitfähigkeit als Funktion der Tiefe bestimmt. Zusätzlich erhält man hieraus auch ein genaues Temperaturprofil über die Tiefe. Diese wichtigen geophysikalischen Parameter dienen nebst den Systemdaten als Basis für die Dimensionierung der Erdspeicher. Bei der Berechnung wurden die Anforderungen der seit dem 1.1.2010 in Kraft getretenen SIA 384/6 „Erdwärmesonden“ bereits mitberücksichtigt.

Für das Erdwärmesondenfeld HPL wurden insgesamt 101 Stk. GEROtherm Erdwärmesonden PE 100-RC („Resistance to Crack“) von der **Thermatech** AG, Tinzon, mit einer Länge von 200m abgeteuft. Mit zwei Bohrmaschinen wurden täglich in rund 10 h jeweils etwas mehr als ein komplettes 200m tiefes Bohrloch erstellt und die 200m GEROtherm Erdwärmesonden Dimension 40x3.7 mm aus PE 100-RC inkl. 24 kg Gewicht abgeteuft. Beim Bohren sowie beim Abteufen wurde vor allem auf folgende Punkte geachtet:

- Beim Abteufen wurde die Erdwärmesonde keinen hohen dynamischen Kräften ausgesetzt.
- Beim Einbau der Erdwärmesonde wurden die Druckverhältnisse beachtet – speziell der Differenzdruck (Innerer Überdruck/Äusserer Druck). Der Differenzdruck darf während der Installation und dem Verpressvorgang



1) Achim Schröter, Firma Haka-Gerodur AG, CH-8717 Benken a.schroeter@hakagerodur.ch www.hakagerodur.ch



2) Ernst Rohner, Firma Geowatt AG, CH-8050 Zürich, www.geowatt.ch

(Hinterfüllung) nicht über 21 bar innerer Überdruck (innen nach aussen) respektive 8 bar äusserer Überdruck (ausssen nach innen) liegen.

- Erdwärmesonden wurden bis zum Anschluss an den Verteiler/Sammler mit Kappen dicht verschlossen.
- Chronologisches Protokollieren der Bohrarbeiten durch den Geräteführer.

Aufgrund der jahrelangen Erfahrung der Bohrfirma, Thermatech AG und im Speziellen des Bohrmeisters verliefen die Bohrungen problemlos. Die oberen 25-30m bestehen aus Moränematerial, darunter wurde Molassefels angetroffen. Nach der Fertigstellung des kompletten Bohrloches wurde die verwendete Erdwärmesonde aus PE 100-RC in kürzester Zeit und ohne Probleme über einen hydraulischen Haspel abgeteuft. Gleichzeitig während des Abteufens der ersten Bohrlöcher und Einbringen der Doppel-U-Erdwärmesonden wurde die Baugrube weiter ausgehoben (Abbildung 4). Dadurch wurde keine Zeit vergeudet und das Projekt lag gut in den straffen Vorgaben des Zeitplans.

Nach dem Abteufen der Doppel-U-Erdwärmesonden aus PE 100-RC wurde das Bohrloch entsprechend der Vorgaben der SIA 384/6 hinterfüllt. Es wurde eine Hinterfüllung mit verbesserter Wärmeleitfähigkeit ($\lambda > 2 \text{ W/mK}$), basierend auf Quarzsand, eingesetzt. Hierbei wurde mit zwei Injektionsrohren gearbeitet, um eine korrekte Hinterfüllung zu garantieren. Das Hinterfüllen des Bohrlochs hat grundsätzlich drei Aufgaben, die vollständige und dauerhafte Abdichtung, die Standfestigkeit sowie eine gute thermische Übertragung zwischen Gestein und Wärmetauscherrohren, zu gewährleisten. Während der Hinterfüllung wurden die Erdwärmesondenrohre bereits vollständig mit Wasser gefüllt, druckdicht abgeschlossen und mit einem Manometer versehen, damit der zulässige Differenzdruck ($\Delta p = 21 \text{ bar}$ innen nach aussen bzw. $\Delta p = 8 \text{ bar}$ von aussen nach innen) gemäss der Vorgaben des Regelwerkes und des Herstellers nicht überschritten wurde. Beim Verpressen der Erdwärmesonden wurden die zulässigen Druckverhältnisse ebenfalls beachtet.

Im Sinne der Qualitätssicherung wurden alle Hinterfüllun-



Abb. 2 · Baugrube Erdwärmesondenfeld HPL.

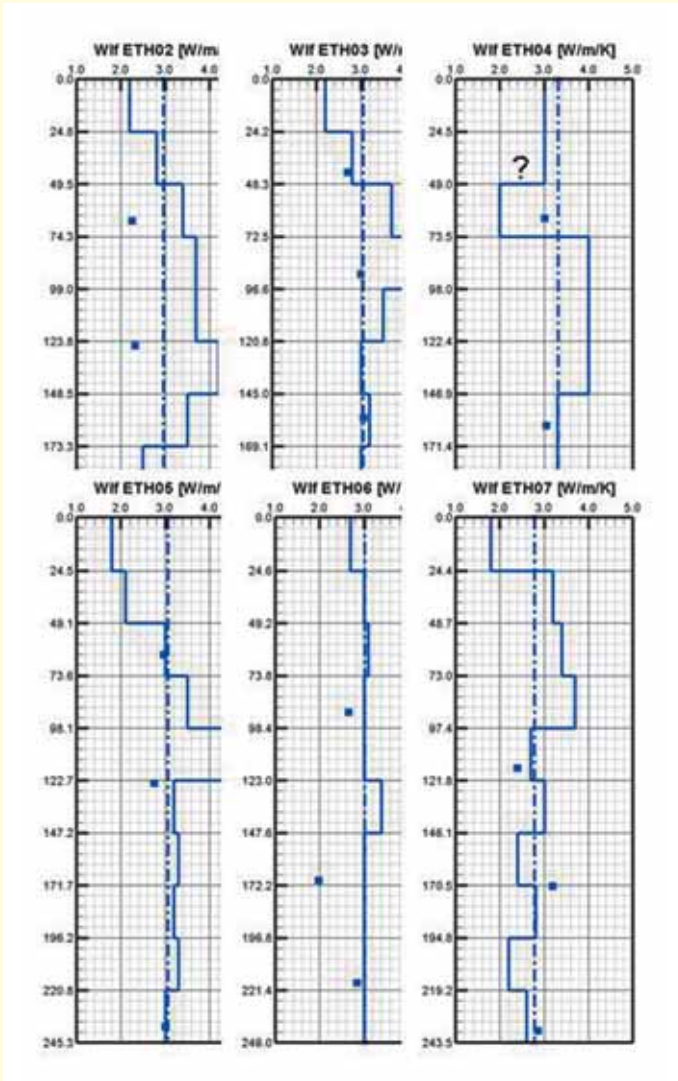


Abb. 3 · Wärmeleitfähigkeitsprofile der Probebohrungen.

gen protokolliert und stichprobenweise kontrolliert. Unmittelbar nach dem fertigen Einbau wurde bei allen Erdwärmesonden je eine Durchfluss- und Druckprüfung durchgeführt, um Quetschungen der Erdwärmesonde

auszuschliessen und deren Dichtigkeit zu bestätigen. Die Abnahmeprüfung beinhaltete im Detail drei Prüfungen, wobei alle Messergebnisse schriftlich in einem Abnahmeprotokoll festgehalten wurden:

- **Spülen:**
Vollständiges Spülen jedes Erdwärmesondenkreises.
- **Durchflussprüfung:**
Bei konstanter Durchflussrate wird die Druckdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf gemessen und mit dem in der SIA Norm gegebenen theoretischen Wert verglichen. Die Abweichung der beiden Werte darf +/- 15 % nicht überschreiten.
- **Dichtigkeitsprüfung:**
Diese Prüfung muss unmittelbar nach dem Hinterfüllen (seit 1.1.2010 gemäss SIA 384/6 analog SN EN 805) erfolgen.

Nach Fertigstellung der Erdwärmesonden wurden die kompletten Anbindungsleitungen in PE 100-RC erstellt und mit dem Verteiler bzw. Sammler verbunden. Die Verbindung der Leitungen erfolgte über die bewährte Elektroschweissmuffen-Verbindungstechnologie mittels EL-GEF+-Schweissmuffen. Der Verteiler/Sammler wurde gemäss den kundenspezifischen Vorgaben für dieses Bauprojekt ausgelegt und in kürzester Zeit erstellt. Die erstellten SAVE Verteiler/Sammler sind groß dimensioniert und besitzen aus diesem Grund einen sehr geringen Druckverlust. Die Hydraulik der Teilfelder wurde so ausgelegt, dass auf Drosselorgane verzichtet werden konnte.

Der gesamte Zeitbedarf für die Erstellung des Erdwärmesondenfeldes für das Bauprojekt HLP Life Science Platform betrug nur einige Monate. Der-

zeit befindet sich bereits die 2. Bauetappe mit 128 Stk. Erdwärmesonden aus PE 100-RC à 200m in der Bearbeitung durch die Firma e-therm AG, Uetendorf, (Abbildung 5) und weitere Bauabschnitte werden in naher Zukunft ebenfalls mit Erdwärmesonden ausgestattet. ■

OBJEKT-DATEN

Baustelle:
ETH Life Science
Schafmattstrasse 22
CH-8049 Zürich

Bauherr:
ETH Zürich Immobilien
CH-8092 Zürich

Generalpartner:
Burkhardt+Partner AG
CH-8022 Zürich

Bauleitung:
Perolini Baumanagement AG
CH-8034 Zürich

Baugruben Aushub:
Marti AG
Bauunternehmung
CH-8050 Zürich

Planer Geothermie-Anlage:
Geowatt AG
Swiss Geothermal Expert Group
Dohlenweg 28
CH-8050 Zürich
www.geowatt.ch

Ausführende Bohrfirma:
Thermatech AG
Öko-Energie
Julierstrasse 85
CH-7453 Tinizong
www.thermatech.ch

Eingesetztes Produkt:
101 Stk. HakaGerodur
Geotherm Erdwärmesonden
L=200m/PE 100-RC
DE 40mm x 3.7 inkl. Anbindung
www.hakagerodur.ch



Abb. 4 · Erdwärmesondenfeld HPL mit 101 x 200m GEROtherm Erdwärmesonden unter der Bodenplatte. Aushub, Bohrungen, Verrohrung und Bauarbeiten in enger zeitlicher Abfolge



Abb. 5 · Erdwärmesondenfeld HC mit 128 x 200m GEROtherm Erdwärmesonden.