



Abb. 1: DeepDrifter®-Messwagen im Einsatz.

3D-Vermessung für Erdwärmesonden (EWS): System erfasst die wirkliche Geometrie und den Temperaturverlauf

DeepDrifter® ermöglicht Vermessung des tatsächlichen Erdsondenverlaufs

Die Erstellung von Erdsonden zur Beheizung und Kühlung von Gebäuden erfreut sich in unserem Land seit einiger Zeit einer grossen Beliebtheit. Mit der vermehrten Realisierung solcher Anlagen rücken jedoch auch zunehmend Nutzungskonflikte in den Vordergrund. Dies auch, weil die effektive Lage und der Verlauf der Sonden nicht genau bekannt sind. Mit dem System «DeepDrifter®» können der tatsächliche räumliche Sondenverlauf und die Temperaturen über die ganze Sondenlänge vermessen werden.

Mark Eberhard*

Zurzeit werden die Nutzungskonflikte grösstenteils noch nicht als solche wahrgenommen, da die Sonden im Untergrund liegen und deren Verlauf in der Tiefe nicht sichtbar ist. Die Erdsonden verlaufen nie gerade und schön senkrecht im Untergrund. Nur in seltenen Fällen wird uns dies vor Augen geführt, wenn beispielsweise bei einem Erdsondenfeld eine Sonde eine andere trifft oder wenn die effektive Heiz- oder Kühlleistung stark von den berechneten Auslegungsdaten abweicht.

Tatsachen

Eigentlich sollte man davon ausgehen können, dass, falls man nicht absichtlich schräg in den Untergrund hineinbohrt, der Bohrmeissel sich durch das Hammerschlagverfahren vertikal in den Untergrund hineintreibt. Dies ist jedoch in den seltensten Fällen so. Da der Untergrund aus verschiedenen harten Gesteinsschichten aufgebaut ist, diese nicht immer horizontal liegen und zudem vielfach von Störungen durchzogen sind, weicht der Bohrmeissel von der Vertikalen ab. Der Bohrmeissel richtet

sich dabei vorwiegend senkrecht zur Gesteinsoberfläche aus. Die Ablenkung (Drift) aus der Vertikalen hängt zudem davon ab, wie tief die Stahlverrohrung in den Untergrund nachgestossen wird, ob man Schwerstangen im Einsatz hat, welchen Bohrmeissel man verwendet und mit wie viel Druck der Bohrmeissel auf das Gestein gepresst wird. Die Stahlverrohrung verhindert, dass das Bohrloch wieder in sich zusammenfällt. Diese Nachführung des Stahlrohrs ist somit vor allem im Lockergestein wie z.B. in einem locker gelagerten Kies

notwendig. Wenn man auf standfesten Fels wie z.B. einen Kalkstein trifft, wird dieses nicht mehr nachgeführt. Hierdurch entfällt eine zusätzliche Führungsschiene, welche verhindert, dass der Bohrmeißel zu stark aus der Vertikalen wegdriftet.

Täglich kommen neue Sonden dazu

In der heutigen energietechnischen Situation, in welcher vermehrt auf die neuen erneuerbaren Energien gesetzt wird und somit die konventionellen, nicht erneuerbaren Energieversorger wie Öl und Gas in den Hintergrund treten, werden täglich neue Erdsonden realisiert. Die einzelnen Sonden kommen hierdurch immer näher beieinander zu liegen (Abb.2). Dadurch, dass man nicht voraussagen kann, wie die Sonden im Untergrund verlaufen, besteht somit zunehmend die Gefahr, dass die Sonden unter Nachbargrundstücke wegdriften und dort zu Nutzungskonflikten führen. Bei Erdsondenfeldern besteht die Gefahr, dass sich einzelne Sonden sehr nahe kommen, sich sogar berühren oder gar zerstört werden und dadurch zu verminderten Wärmebezügen bzw. sogar zu Kollateralschäden führen.

Sondenverlauf-Überprüfung

Die in den vorhergehenden Abschnitten aufgeführte Sachlage führt zu Unsicherheiten bei der Planung weiterer solcher Anlagen, da nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann, im Untergrund plötzlich auf schon vorhandene Erdsonden zu treffen, und dies allenfalls

sogar unter dem eigenen Grundstück. Weitere unterirdische Bauwerke wie z.B. Tunnels, Kavernen usw. können dadurch ebenfalls betroffen sein. Im Hinblick darauf, dass vermehrt Erdsondenanlagen geplant und realisiert werden, wird es immer dringender zu wissen, wie der genaue Verlauf der Sonden in der Tiefe tatsächlich aussieht (Abb.3). Der Verlauf der in die Erdsondenbohrungen eingebrachten Polyethylenrohre (PE), welche einen Durchmesser von 32 mm oder 40 mm aufweisen, kann seit dem Jahre 2011 durch das DeepDrifter®-System der Eberhard & Partner AG, Aarau, bis in eine Tiefe von 500 m vermessen werden. Hierbei wird sowohl der Verlauf in die Tiefe als auch die prozentuale Abweichung von der Vertikalen und die Richtung, in welche die Abweichung erfolgt, aufgezeichnet (Abb.4). Daneben kann auch der tiefenabhängige Temperaturverlauf erfasst werden (Abb.5).

Planbarkeit, Einflussnahme auf den Bohrverlauf

Heutzutage werden Erdsondenanlagen auf Basis der möglichen Entzugs- bzw. Rückgabeleistungen aus dem bzw. in den Untergrund geplant. Seit dem Jahre 2010 besteht hierzu eine Schweizer Norm (SN 546 384/6, SIA 384/6:2010). Neben den für die Entzugsleistungen relevanten Bodenkennwerten, welche die Wärmeleitfähigkeiten der verschiedenen Gesteine berücksichtigen, wird der Durchmesser der geplanten Sonden (Ø 32 mm oder 40 mm) in die Berechnungen miteinbezogen und dadurch die

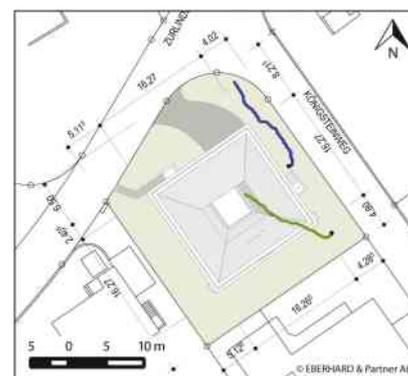


Abb.3: Spurverlauf von zwei Erdsonden in der Tiefe.

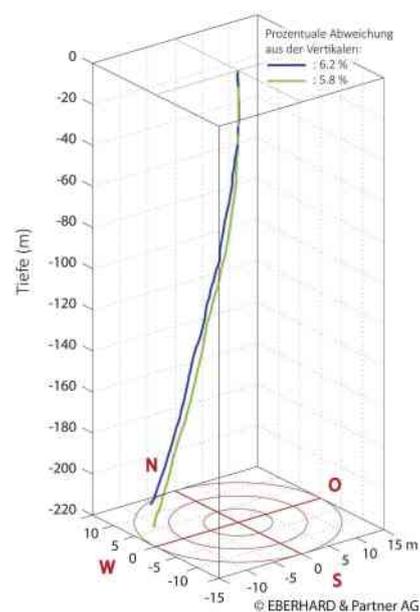


Abb.4: Räumliche Ansicht des Sondenverlaufs von zwei Erdsonden.

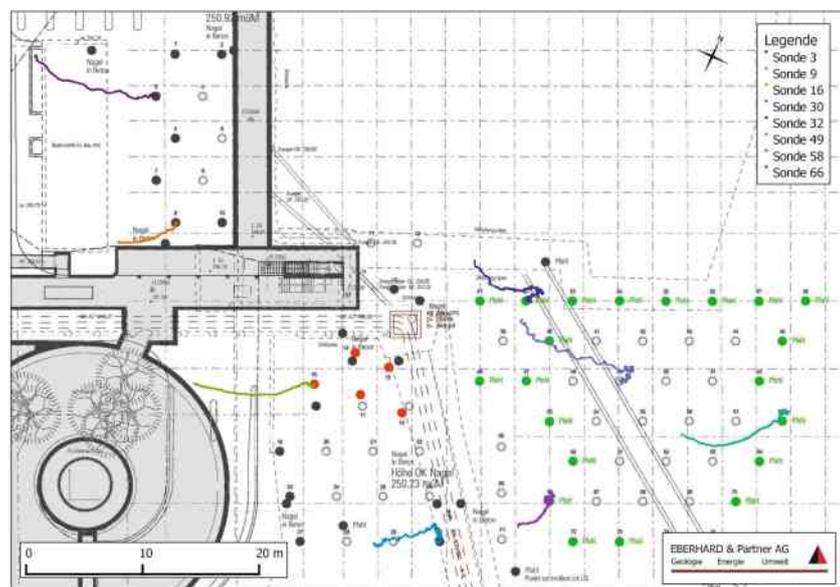


Abb.2: Blick auf ein Erdsondenfeld mit Spurverlauf einzelner Sonden in der Tiefe.

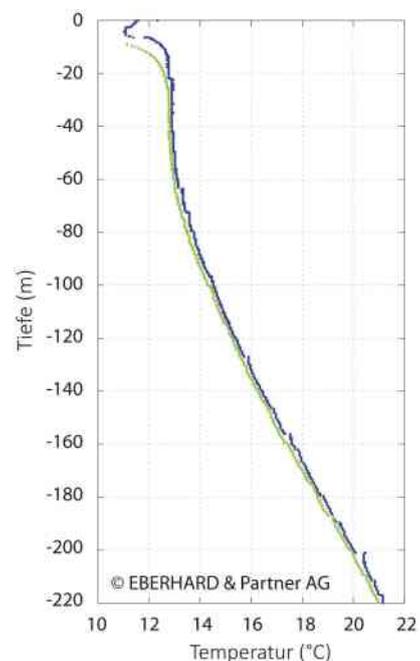


Abb.5: Tiefenabhängiger Temperaturverlauf in den Sonden.

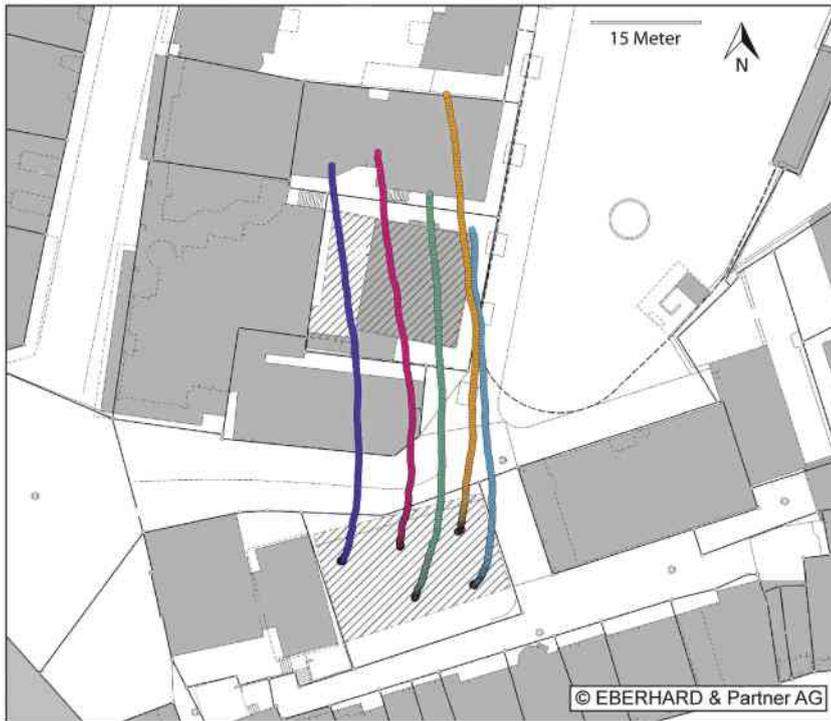


Abb. 6: Aufsicht auf den Sondenverlauf in der Tiefe zeigt Drift über mehrere Nachbarparzellen.

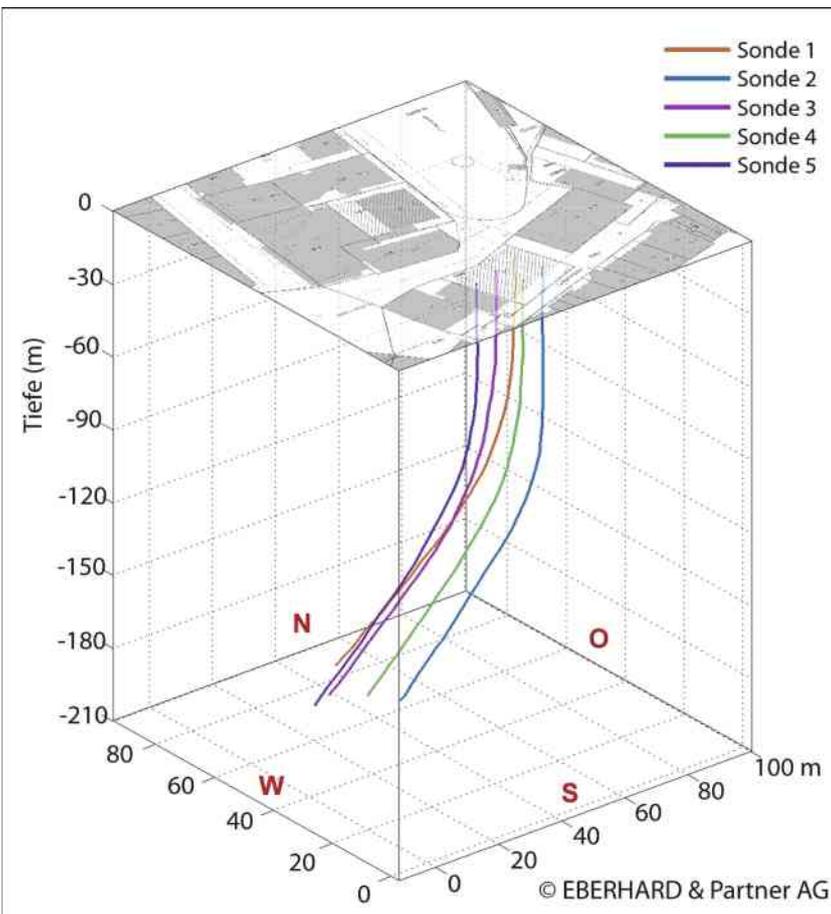


Abb. 7: Räumlicher Sondenverlauf in der Tiefe.

Wie in den vorangehenden Kapiteln dargelegt, weisen die meisten Sonden jedoch eine kleinere oder grössere Abweichung von der Vertikalen auf. Vorgängige Abklärungen, ob die Sonden auch in der Tiefe auf dem eigenen Grundstück verbleiben oder aufgrund der lokalen Geologie und Tektonik die Tendenz haben, in eine bestimmte Richtung wegzudriften, werden normalerweise nicht vorgenommen. Es existieren zurzeit auch keine Empfehlungen, wie eine Bohrung am besten realisiert werden soll, sodass ein Wegdriften aus der Vertikalen grösstmöglich verhindert wird. Wie schon weiter oben ausgeführt, wäre es zur Vermeidung von Nutzungskonflikten und Energiebezugseinbussen jedoch wichtig, die Sonde möglichst vertikal auszuführen. Im Hinblick auf eine grosse Planungssicherheit sollten die realisierten Sonden mit dem DeepDrifter®-System vermessen werden und die erfassten Daten in die Raumplanung einfließen, wo sie einer breiten Bevölkerung zur Verfügung gestellt werden können. Falls mehrere Sonden auf demselben Areal geplant sind (Erdsondenfelder), müssen bei einer einheitlichen Vorgehensweise beim Bohren aufgrund der mehr oder weniger gleichen Geologie und somit ähnlichen Ablenkung aus der Vertikalen auf diesem eng begrenzten Raum nur einzelne Referenzsonden vermessen werden, um ein einheitliches Bild der Sachlage im Untergrund zu erlangen. Durch diese raumplanerische Erfassung des Untergrunds wird es künftig möglich, Nutzungskonflikten und Unsicherheiten bezüglich des geplanten Energiebezugs aus der Tiefe bzw. der Energierückspeicherung in die Tiefe auszuweichen.

Aufbau und Funktionsweise des DeepDrifter®-Systems

Das vollautomatisch arbeitende DeepDrifter®-System setzt sich aus einem 9,5 cm langen und 1,8 cm dünnen zylindrischen Messsensor, welcher an einem Spezialkabel befestigt ist, einer elektrischen Kabelwinde und einer speziellen Auswertungssoftware zusammen (Abb.1). Die Anlage ist sehr mobil und kann in einem Lieferwagen zum Vermessungsort transportiert werden. Sie ist dort sofort einsatzbereit. Erdsonden können damit räumlich bis in eine Tiefe von 500 m vermessen, die Temperaturen im Untergrund ermittelt und die Hinterfüllung auf ihre Qualität hin überprüft werden. Am Vermessungsstandort angekommen, wird der Sensor

spezifische Entzugsleistung pro Laufmeter definiert. Gemäss der oben aufgeführten Norm sollen Erdsonden prinzi-

piell senkrecht ausgeführt werden. Es wird also vorausgesetzt, dass die Sonde vertikal im Untergrund steht.

in einen der vier Sondenstränge der Erdsonde eingeführt und sofort mit der Messung begonnen. Während die Sonde langsam in die Tiefe sinkt und anschliessend wieder automatisch hinaufgezogen wird, werden die Richtungs- und Temperaturdaten direkt zum Feldlaptop übermittelt, dort umgerechnet und auf dem Bildschirm grafisch dargestellt. Es ist somit möglich, jede Richtungsänderung der Sonde und den Temperaturverlauf in der Tiefe sofort auf dem Bildschirm zu erfassen.

Im Büro erfolgt anschliessend eine Gesamtauswertung, grafische Darstellung und Interpretation der Daten. Hieraus wird ersichtlich, in welcher Tiefe die Sonde wohin driftet, wie gross die prozentuale Abweichung aus der Vertikalen ist und wie hoch die jeweiligen Temperaturen sind. Falls ein Katasterplan zur Verfügung steht, kann man mit der grafischen Auswertung in einer Aufsicht zudem sichtbar machen, in welche Richtung sich die Sonde bewegt hat bzw. ob sich der Endpunkt der Sonde noch auf dem eigenen Grundstück befindet oder schon unter einem fremden Grundstück liegt (Abb. 2, 3, 6). Mit einer umfangreicheren 3D-Auswertung kann der räumliche Verlauf der Sonden visualisiert werden. Auch wird ersichtlich, ob die Sonden immer parallel zueinander liegen oder sich in gewissen Streckenabschnitten annähern oder sogar berühren und sich so gegenseitig thermisch beeinflussen (Abb. 7).

Da der Zementanteil der Hinterfüllung während seiner Abbindung erst nach 24 Stunden seine Maximaltemperatur erreicht, und diese anschliessend im Laufe von vier Wochen allmählich abnimmt, kann die Temperaturmessung für eine wirklichkeitsgetreue Ermittlung der Untergrundtemperaturen frühestens nach ein bis zwei Wochen erfolgen. Auf eine gleichmässige Hinterfüllung und somit effiziente Wärmeübertragung vom Erdreich in die Sonde kann dann geschlossen werden, wenn die Temperaturen während eines Betrachtungszeitraumes von rund einem Monat kontinuierlich rückläufig sind und keine positiven oder negativen Ausreisser über den ganzen Profilverbereich registriert werden. Temperaturanomalien sind ein Hinweis auf fehlende oder mangelhafte Hinterfüllung. Für diese Qualitätsmessung der Hinterfüllung muss somit eine Temperaturmessung unmittelbar nach dem Einbringen der Sonde bzw. der Hinterfüllung und eine weitere nach ungefähr ein oder zwei Wochen erfolgen.

Bisherige Erfahrungen

Seit dem Beginn der DeepDrifter®-Vermessungen im Jahre 2011 wurden bis jetzt mehr als 200 Sonden bis in eine Tiefe von 500 m vermessen. Die Ablenkungen aus der Vertikalen bewegen sich hierbei auf die realisierten Bohrmeter bezogen im Durchschnitt zwischen 5 und 10 Prozent. Einzelne Abweichungen aus der Vertikalen können jedoch bis 30 Prozent betragen (Abb. 6 und 7). Bei diesen Messungen ist zudem zu erkennen, dass sich einzelne Sonden in einem Erdsondenfeld sehr nahe

kommen und somit die Effizienz der Anlage beeinträchtigt werden könnte.

Gesetzliche Regelungen, speziell im Kanton Aargau

Geothermische Anlagen sind in der Schweiz auf gewässerschutzrechtlicher Basis bewilligungspflichtig. Hinsichtlich der Vertikalablenkung in der Tiefe existieren ausser im Kanton Aargau zurzeit jedoch keine Gesetze bzw. kantonale oder eidgenössische Vorschriften. Im Kanton Aargau sind oberflächennahe Erdsonden jeder Art gemäss dem Einführungsgesetz zur Bundesgesetzgebung über den Schutz von Umwelt und Gewässer (EG UWR, Artikel 15) bewilligungspflichtig. Seit dem 1. März 2013 müssen zudem Bohrungen mit einer Tiefe von mehr als 100 m bezüglich ihrer seitlichen Abweichung vermessen werden. Der Kanton hat sich jedoch bis heute (Stand Dezember 2015) noch nicht entschlossen, wie dieses Gesetz in der Praxis durchgesetzt wird. In einer Übergangsregelung verlangt er die Vermessung von allen Bohrungen ab einer Tiefe von 200 m. Diese Praxis ist jedoch weder zweckmässig noch zielführend, zeigen doch die bis jetzt durchgeführten Messungen, dass die grössten Ablenkungsraten zwischen 100 und 200 m Tiefe erfolgen. Eine solche Praxis verleitet zudem dazu, nur Sonden auszulegen, die kürzer als 200 m sind, und dies auch in Fällen, wo der Leistungsbedarf höher liegt.

Mitteltiefe und tiefe geothermische Anlagen fallen im Kanton Aargau unter das am 19. Juni 2012 erlassene Gesetz über die Nutzung des tiefen Untergrundes und die Gewinnung von Bodenschätzen (GNB). Dieses regelt alle Bewilligungen für Bohrungen, welche tiefer als 400 m in den Untergrund reichen. Erdwärmesonden mit einer Tiefe von bis zu 400 m benötigen keine Konzession. Sie werden gemäss den Vorschriften des oben erwähnten Umweltrechts bewilligt. ■

Grundlagen

- [1] Kanton Aargau, Einführungsgesetz zur Bundesgesetzgebung über den Schutz von Umwelt und Gewässer (EG Umweltrecht, EG UWR) vom 4. September 2007 (Stand 1. März 2013).
- [2] Kanton Aargau, Gesetz über die Nutzung des tiefen Untergrundes und die Gewinnung von Bodenschätzen (GNB) vom 19. Juni 2012 (Stand 1. März 2013).
- [3] SIA 384/6: 2010 Bauwesen, Schweizer Norm SN546 384/6, Erdwärmesonden.

*Autor:

Geologe Dr. Mark Eberhard, Inhaber der EBERHARD & Partner AG, Geologie/Energie/Umwelt, 5000 Aarau, eberhard@eberhard-partner.ch

www.deepdrifter.ch
www.eberhard-partner.ch



SOLTOP Energiesysteme leisten und begeistern

Mit den SOLTOP Energiesystemen nutzen Sie erneuerbare Energien effizient, zuverlässig und auch kombiniert. Eigene Produktion in Elgg ZH und schweizweites Vertriebs- und Servicenetz.

www.soltop.ch
 052 397 77 77

SOLTOP
 SONNE WÄRME STROM