



Freitag, 1. März 2024, 10.10 Uhr
Baden Arena Kongress 2 – Oberflächennahe Geothermie

Friday, 1 March 2024, 10.10 am
Baden Arena Congress 2 – Shallow Geothermal Energy

Erkenntnisse zur Bohrlochintegrität aus rückgebauten Erdwärmesonden Interaktion von Erdwärmesonden-Verfüllbaustoffen mit dem Untergrund

Findings on borehole integrity from dismantled geothermal probes
Interaction of geothermal probe backfill materials with the subsurface

Yannick Reduth, Solites – Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

In dem Verbundvorhaben QEWSplus "Qualitätssteigerung oberflächennaher Geothermiesysteme" werden wichtige, praxisrelevante Aspekte der Qualitätssicherung und -steigerung oberflächennaher geothermischer Systeme untersucht. Dabei fällt der Betrachtung des Verfüllbaustoffs von Erdwärmesonden (EWS) und dessen Interaktion mit dem Untergrund eine wichtige Rolle zu.

Bei der Verfüllung von EWS tritt der Verfüllbaustoff in direkten Kontakt mit dem Untergrund, in dem die EWS-Bohrung abgeteuft wurde und interagiert mit diesem. Getrieben durch den Druck der hydrostatischen Auflast des verflüssigten Verfüllbaustoffs im Bohrloch, kann das Anmachwasser des Baustoffs während und nach dem Verfüllvorgang in signifikanten Mengen an den Untergrund abgegeben werden. Diese Wasserabgabe (Filtration) tritt bei allen Verfüllungen von Bohrungen in permeablen Boden- und Gesteinsarten auf und ändert die Eigenschaften des Verfüllbaustoffs im Bohrloch schon bei mittleren hydraulischen Durchlässigkeiten des Untergrunds erheblich.

Um die Auswirkungen der Filtrationsvorgänge auf die Bohrlochintegrität zu untersuchen, werden sowohl realitätsnahe Filtrationsversuche durchgeführt, die unterschiedliche, definierte Randbedingungen ermöglichen, als auch reale EWS erstellt, die anschließend in großem Umfang zur Analyse rückgebaut werden.

Zunächst wurde ein Filtrationsversuchsstand entwickelt, in dem erstmals zugleich realistische geologische Formationen sowie die in bis zu 50 m Tiefe herrschenden Druckbedingungen simuliert werden können. Der Versuchsaufbau berücksichtigt dabei zusätzlich den Übergangsbereich von zwei geologischen Schichten unterschiedlicher Permeabilität, um die potentielle Auswirkung der Filtration auf die Systemdurchlässigkeit bei einem abzudichtenden Grundwassersperrerr abschätzen zu können. Die ca. 4 m langen, experimentell erzeugten Verfüllsäulen tiefelegener Bohrlochabschnitte, werden nach dem Aushärten zerstörungsfrei rückgebaut und visuell sowie labortechnisch analysiert. Diese Vorarbeiten werden nun durch die Untersuchungen von real erstellten EWS ergänzt:

In einem Steinbruch wurden in einer Deckschicht aus Löss und dem darunter anstehenden Kalkstein acht EWS unter wissenschaftlicher Begleitung erstellt. Die einzelnen EWS wurden unterschiedlich ausgeführt, um die Auswirkungen der geänderten Ausführung auf die Verfüllqualität zu beobachten. Dies beinhaltet die Verwendung von zwei praxisüblichen Verfüllbaustoffen, Bohrlochdurchmessern (150 mm, 219 mm) und Sondentypen (Doppel-U, Wellrohr) sowie den Einbau von Abstandshaltern bei einer EWS. Nach einer Standzeit von einem Jahr wurden alle EWS lagenweise freigelegt, sodass Verfüllsäulen in unbeschädigten,



zusammenhängenden Abschnitten für die umfangreiche Analyse geborgen werden konnten (Abb. 1).



Abbildung 1: Lagerweise Freilegung von im Löss erstellten Erdwärmesonden im Steinbruch (links); Abschnitte mehrerer freigelegter Erdwärmesonden in unterschiedlicher Ausführung werden für die Analyse vorbereitet.

Neben der visuellen Betrachtung der rückgebauten Sondenabschnitte werden diese analog zu den Filtrationsversuchen systematisch auf Dichte, Wassergehalt, Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität untersucht. So wird der Vergleich der Untersuchungsergebnisse aus dem Filtrationsversuchsstand mit denen realer EWS möglich. Dabei zeigt sich, dass die wesentlichen Änderungen der Baustoffeigenschaften durch die Filtrationsversuche qualitativ vorhergesagt werden konnten. Der umfangreiche Rückbau ermöglicht zudem einmalige Einblicke in das Erscheinungsbild von EWS, wie sie im Untergrund tatsächlich vorliegen. Dazu zählen unter anderem die zum Teil erheblich von den Erwartungen abweichende Bohrlochgeometrien, die Positionen der Sondenrohre und das potentielle Auftreten von Lunkern (Abb. 2).



Abbildung 2: Stark vergrößerter Querschnitt einer Erdwärmesonde mit Zentrierhilfe (a); Schirmartige Ausprägung im Verfüllmaterial hervorgerufen durch einen Druckstoß beim Anbau der Verrohrungssegmente (b); Übergang vom verrohrten zum nicht verrohrten Bereich (c); Lunker oberhalb des Schichtübergangs von Löss zu Kalkstein (d)