

# Geothermienutzung mit Folgen

Andreas Märki | Abteilung für Umwelt | 062 835 33 60

**Im Rahmen einer Erdwärmesonden-Bohrung in Mumpf wurde 2009 ein Arteser angebohrt. Das artesisch gespannte, hochmineralisierte Tiefenwasser konnte aufgrund unzureichender Verschlussmassnahmen in die Niederterrassenschotter abfliessen. Nach einem erneuten Verschluss der Bohrung wurde an zwei Stellen in Mumpf weiterhin ein Einfluss von Tiefenwasser festgestellt. Zur Klärung der Herkunft dieses Wassers wurden Geoelektrik- und Bodengasmessungen durchgeführt. Sie zeigen, dass Tiefenwasser entlang eines lokalen geologischen Störungssystems aufsteigt.**

Während Bohrarbeiten für eine Erdwärmesonde (EWS) wurde 2009 in Mumpf in 187 Metern Tiefe ein Thermalwasser-Art eser angetroffen. Das Tiefenwasser ist zirka 23 °C warm und strömt mit einem Druck von 600 Liter pro Minute aus. Nach einem ersten, unzureichenden Verschluss im ober-

ren Bereich des Bohrlochs konnte das hochmineralisierte Tiefenwasser in die Schotter der Niederterrasse auslaufen und schliesslich durch seine stark erhöhte elektrische Leitfähigkeit in den Drainagen der benachbarten Grundstücke nachgewiesen werden. Daher wurde das Bohrloch schliesslich er-

neut aufgebohrt und direkt über dem Artesereintritt verschlossen. Zur Überprüfung der Verschlussmassnahmen wurden im Auftrag des Kantons Aargau verschiedene Wasserausstritte in Mumpf überwacht und regelmässig auf ihren Chemismus hin untersucht. Dabei konnte an zwei Stellen ein saisonal schwankender Thermalwassereinfluss festgestellt werden. Der Anteil an Thermalwasser beträgt an der einen Stelle zwischen ein und zwei, an der anderen zwischen zehn und zwölf Prozent. Aufgrund der Lage dieser beiden Thermalwasserausstritte wurde ein Aufsteigen des Wassers entlang geologischer Störungszonen in die Niederterrasse vermutet.



Foto: R. Becker

*Um das unzureichend verschlossene Bohrloch korrekt zu verschliessen, musste es 2010 erneut aufgebohrt werden. Bei einer Tiefe von 186 Metern wurde ein sogenannter Holzpacker gesetzt; darüber wurde das Loch auszementiert. Das Foto zeigt den Arteser während der Bohrarbeiten im Jahr 2010.*



Foto: AfU

*Mit einem solchen Holzpacker – hier ist es ein Eichenzapfen – wurde das Bohrloch abgedichtet.*

### Was ist ein Arteser?

Bei Bohrungen können sogenannte Arteser angetroffen werden. Ein Arteser – nicht zu verwechseln mit artesischen Quellen – entsteht künstlich, meist durch Erdwärmesonden-, Brunnen- und Erkundungsbohrungen, Baugrunduntersuchungen oder auch durch Schachtarbeiten. Bei einem Arteser steht das Grundwasser, das in der Erde fließt, unter Druck. Dieser Druck ist so hoch, dass das Grundwasser ohne Pumpen bis zur Erdoberfläche oder höher aufsteigt. Meist geschieht dies in einer Senke, in welcher der Grundwasserleiter durch eine grundwasserundurchlässige Gesteinsschicht (beispielsweise Tonstein) zur Erdoberfläche hin abgedichtet wird. Wird diese grundwasserundurchlässige Gesteinsschicht durchbohrt, steigt das Grundwasser im Bohrloch wie bei kommunizierenden Röhren bis zur Höhe des freien Grundwasserspiegels in der wasserführenden Schicht. Ist dieses Niveau höher als der Bohransatzpunkt, «spritzt» das Grundwasser aus dem Boden.

### Geologischer Überblick

Die Ortschaft Mumpf liegt am Nordrand des Tafeljuras. Gegen Norden taucht das Kristallin des Schwarzwaldes unter den mesozoischen und spätpaläozoischen Sedimenten des Juras auf. Im benachbarten Bad Säckingen ist ein granitischer Pluton (Bad Säckinger Granit) aufgeschlossen. Über dem Kristallin liegen Sedimente aus dem Erdzeitalter Perm (Rotliegendes), die jedoch weitgehend von Schottern der Niederterrasse bedeckt sind. Sie bilden die Trogschulter des südlich gelegenen Nordschweizer Permokarbons.

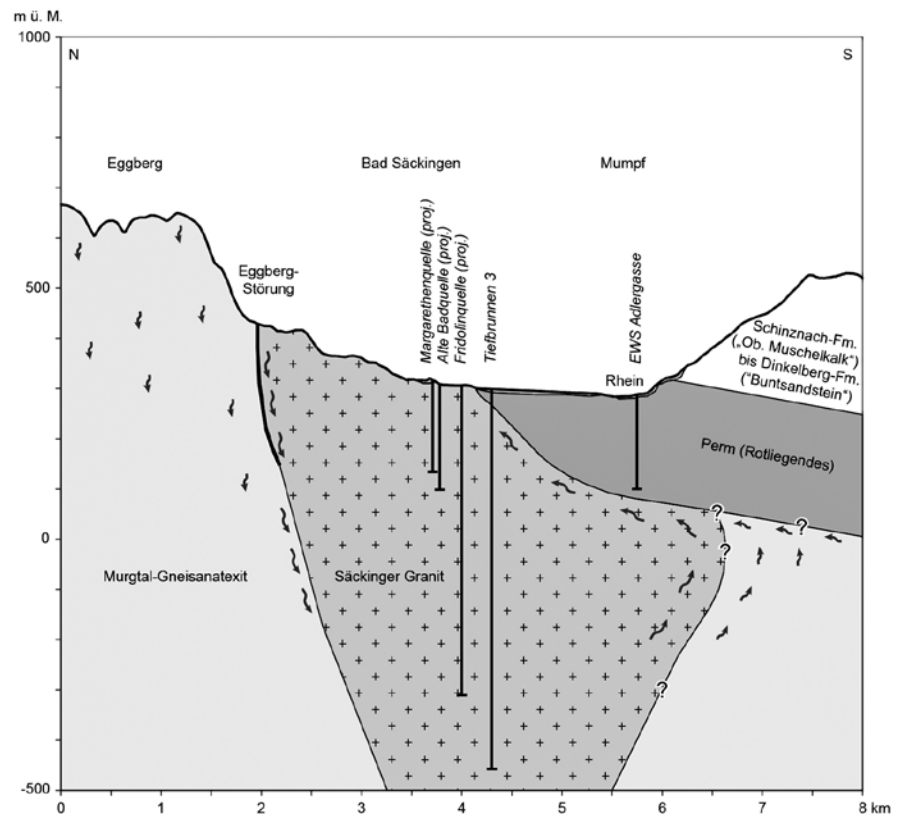
Entlang des abtauchenden Kristallins im Gebiet des Hochrheins und des Ostjuras wurde an mehreren Orten Thermalwasser angetroffen, das oft artesisch gespannt ist. Einige Ortschaften nutzen das Wasser als Thermalquellen. Die nächstgelegene Therme liegt auf deutscher Seite in Bad Säckingen. Als Nährgebiet des Bad Säckinger Thermalwassers kann der nahe gelegene Hotzenwald angesehen werden (versickerndes Niederschlagswasser). Nach einem Absteigen in grosse Tiefen steigt das Thermalwasser entlang des Granitplutons und des südlich gelegenen Permokarbons auf. Über Störungen kann das Thermalwasser in poröse Schichten der mesozoischen und spätpaläozoischen Sedimente aufsteigen. Im Rotliegenden bildet beispielsweise der «Untere Schutfächer»

eine solche Schichtreihe – dort wurde der Arteser in Mumpf angebohrt. In Mumpf zeigt das Thermalwasser, wie auch in Bad Säckingen, einen hohen Chloridgehalt. Das Chlorid kann entweder aus dem Kristallin selbst stammen oder sedimentären Ursprungs sein. Der Arteser in Mumpf

hat einen sedimentären Einfluss, der sich auch im Thermalwasser von Bad Säckingen wiederfindet. Ein Aufsteigen des Tiefenwassers entlang der Trogschulter des Permokarbons erklärt diesen sedimentären Einfluss. Über das lokale Störungssystem kann es aus tieferen Schichten oder sogar dem Kristallin aufsteigen.

Da die Sedimente des Perms und die hangende Dinkelberg-Formation (Buntsandstein) in der Rheinebene von Schottern bedeckt sind, kann der Verlauf von Störungen bzw. Störungszonen nur abgeschätzt werden. Das Störungsmuster ist hauptsächlich rheintalisch (NNE-SSW) angelegt und hängt an der nahe gelegenen Wehra-Zeinigen-Bruchzone. Im Norden liegt die WNW-ESE streichende Eggberg-Störung.

In den 1920er-Jahren konnten auf der Mumpf gegenüberliegenden Rheinseite zwei Störungen kartiert werden. Diese Kartierung erfolgte vor Einstauen des Rheins bei Niedrigwasser und zeigt eine Horststruktur, die aufgrund eines Aufschlusses im Rheinbett auch



Geologisches Profil durch Bad Säckingen und Mumpf, vermerkt sind die wichtigsten Bohrungen. Mit den gewellten Pfeilen wird die vermutete Grundwasserströmung angedeutet.

Quelle: nach Stober 1995

am Mumpfer Rheinufer vermutet wurde. Einer der festgestellten Thermalwasseraustritte liegt genau auf einer dieser beiden vermuteten Störungen. Um die Vermutung zu bestätigen, dass es sich bei den Thermalwasseraustritten in die Niederterrasse um natürliche Austritte entlang von Störungszonen handelt, mussten diese Störungen auch in Mumpf nachgewiesen werden. Dafür wurden Geoelektrikprofile gemessen und Bodengasmessungen (Radonaktivität) durchgeführt. Bereits während früherer Untersuchungen wurde sowohl der Chemismus des thermalen Tiefenwassers als auch des oberflächennahen Grundwassers bestimmt.

### Geoelektrik

Die Gleichstrom-Geoelektrik ist eine weit verbreitete Methode, um Aufschluss über die elektrische Widerstandsverteilung im Untergrund zu erhalten. Dabei wird ein Gleichstrom in den Boden eingespeist. Gleichzeitig werden an bestimmten Positionen auf der Erdoberfläche Potenzialdifferenzen gemessen und daraus der elektrische Widerstand des Untergrundes berechnet. Durch wiederholte Messungen an verschiedenen Stellen erhält man ein Bild über die elektrische Widerstandsverteilung im Untergrund.

Aus dem kombinierten Datensatz aller Messungen lassen sich schließlich geoelektrische Tomogramme des Untergrundes berechnen. Sie zeigen die Widerstandsverteilung entlang definierter Profillinien. Im Zusammenhang mit dem Arteser von Mumpf wurde diese Methode genutzt, um hochmineralisiertes Thermalwasser (geringer Widerstand = hohe elektrische Leitfähigkeit) gegenüber oberflächennahem Grundwasser (höherer Widerstand = geringe elektrische Leitfähigkeit) abgrenzen zu können. Dazu wurden vier Geoelektrikprofile entlang des Rheins gemessen (Abstand zwischen den Elektroden ein Meter). Sie decken zusammen eine Länge von 290 Meter ab. Somit liegen sie im Grundwasserabstrom der verschlossenen EWS-Bohrung und verlaufen quer zu den bereits vermuteten Störungen.

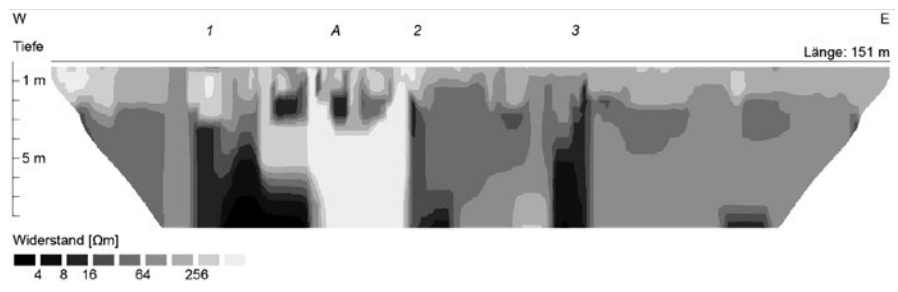
Insgesamt 37 Bodengasmessungen entlang des Rheins ergänzen die Geo-

elektrikprofile. Dabei wurde die Radonaktivität der Bodenluft gemessen. Die Anordnung dieser Messungen erlaubt eine Orientierung und räumliche Einordnung der Ergebnisse.

### Resultate

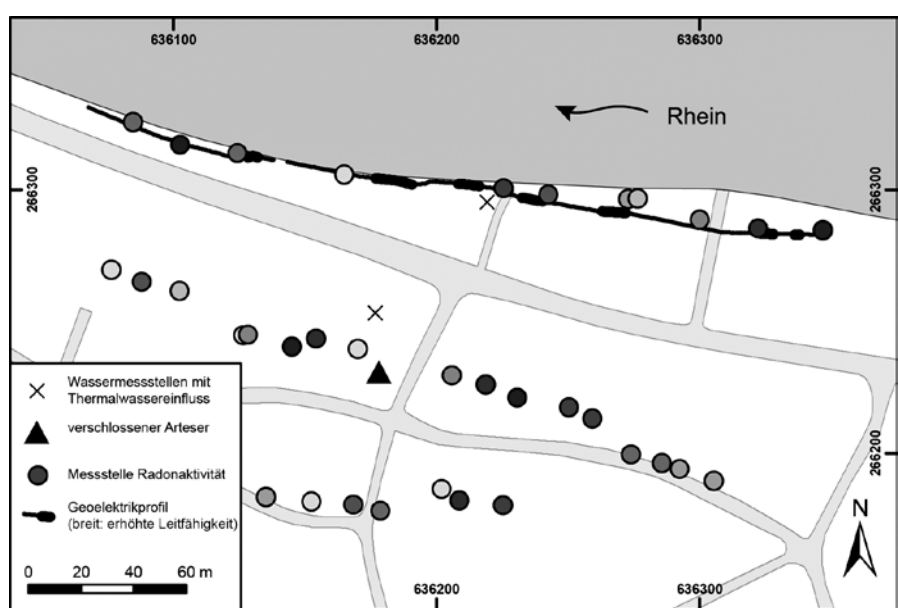
In den Geoelektrikprofilen ist der Grundwasserspiegel in zwei Meter Tiefe an einer sprunghaften Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit deutlich erkennbar. Oberhalb des Grundwassers schwankt die Leitfähigkeit stark. Dies kann den schwierigen Messbedingungen entlang des Rheinufers zugeschrieben werden. So ist der hohe Widerstand im Westen des Profils auf

die Messungen entlang eines betonierten Wegstücks zurückzuführen. Unterhalb des Grundwasserspiegels zeigen die vier Profile sieben Stellen mit deutlich erhöhter elektrischer Leitfähigkeit. Diese Stellen werden als Austritte von Thermalwasser in Niederterrassenschotter und das oberflächennahe Grundwasser angesehen. Die gemessenen Radonaktivitäten zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Geoelektrikprofilen. So decken sich hohe Radonaktivitäten entlang des Rheins mit Bereichen erhöhter elektrischer Leitfähigkeit. Diese Gebiete können als permeable Störungszonen betrachtet werden.



Tomogramm des mittleren Geoelektrikprofils entlang des Rheins: 1 bis 3 stellen Bereiche hoher elektrischer Leitfähigkeit dar (niedriger Widerstand). Sie können als Thermalwasserausläufe in das oberflächennahe Grundwasser angesehen werden. A stellt einen Bereich hohen Widerstands dar, der als Felsrippe interpretiert wird. Bei rund 2 Meter Tiefe ist der Grundwasserspiegel erkennbar.

Quelle: Gruner Böhlinger AG, 2015



Karte des Messgebiets in Mumpf. Aufgrund der unterschiedlichen Messbedingungen der drei Radonprofile werden die drei Profile (Nord, Mitte, Süd) getrennt dargestellt: Dunkle Punkte stellen relativ hohe Radonaktivitäten dar, helle relativ niedrige.



Foto: AfU

Artesischer Wasseraustritt aus dem Bohrgestänge



Foto: AfU

Das Verschliessen der Bohrung wird durch Spezialisten ausgeführt.

## Fazit

Mit den Ergebnissen der Geoelektrik- und Radonaktivität-Messungen konnten Existenz und Lage eines Störungssystems am Mumpfer Rheinufer bestätigt werden, das bereits früher durch eine Aufschlusskartierung am gegenüberliegenden Flussufer vermutet worden war. Die Messergebnisse rücken das Anbohren des Artesers im Jahr 2009 in ein neues Licht: Offenbar war die Bohrung für die Erdwärmesonde in unmittelbarer Nähe einer permeablen Störung abgeteuft worden, entlang der bereits zuvor Thermalwasser aufstieg.

Auch können die zuvor festgestellten Thermalwassereinflüsse an zwei Grundwassermessstellen nun erklärt werden: Während eine Messstelle im direkten Störungsbereich liegt, befindet sich eine im Abstrom einer weiteren Störung. An dieser zweiten Messstelle wurde auch ein geringerer Anteil Thermalwasser festgestellt (ein bis zwei Prozent gegenüber zehn bis zwölf Prozent). Die Vermutung, die höhere Mineralisierung an den beiden Messstellen könnte auf weiterhin aus der verschlossenen Bohrung auslaufendes

des Wasser zurückzuführen sein, erscheint daher heute hinfällig.

Der Fall Mumpf zeigt die Risiken beim Anbohren eines Artesers. Auch wird deutlich, wie wichtig der korrekte und fachgerechte Umgang mit Artesern ist: Anderthalb Jahre lang konnte hoch-mineralisiertes Thermalwasser in die Niederterrassenschotter Mumpfs auslaufen, ehe ein erneutes Aufbohren und Verschliessen des Bohrlochs das Problem schliesslich löste. Auch verdeutlicht in diesem Fall die Nähe zu einem bestehenden Nutzer des artesischen Wassers (Thermalbad Bad Säkingen) den potenziell hohen Schaden eines unsachgemässen Umgangs mit der Arteserproblematik. Nach den vorliegenden umfassenden Untersuchungen können nun aber Nachfolgeschäden ausgeschlossen werden.

Dieses Beispiel zeigt die Wichtigkeit umfassender geologischer Abklärungen vor Bohrbeginn im Bereich des Tafeljuras. Gerade entlang des Hochrheintals sind lokale Störungssysteme oft von Schottern bedeckt. Neben den Gefahren, die sich aus Bohrungen in unmittelbarer Nähe permeabler Störungen ergeben, spielen auch

potenzielle Nutzungskonflikte oder quellende Schichten, beispielsweise Sulfate der Zeglingen-Formation (Mittlerer Muschelkalk), eine Rolle. Da die für umfassende Voruntersuchungen notwendigen Mittel das übliche Budget solcher Bohrungen oft sprengen, könnte eine regionale, auf hydrogeologischen 3D-Modellen basierende Eigenschaftskarte zweckmässig sein.

Dieser Artikel wurde einem Bericht von Johannes Pietsch, Gruner Böhlinger AG, Oberwil, entnommen.