

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 56 (2015)
Heft: 2

Artikel: Abschätzung möglicher Nachfolgeschäden untiefer Geothermienutzung in Mumpf : Lokalisierung eines permeablen Störungssystems
Autor: Pietsch, Johannes
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088122>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Abschätzung möglicher Nachfolgeschäden untiefer Geothermienutzung in Mumpf: Lokalisierung eines permeablen Störungssystems

Johannes Pietsch

Zusammenfassung

Im Rahmen einer Erdwärmesonden-Bohrung in Mumpf wurde 2009 ein Arteser angebohrt. Das artesisch gespannte, hochmineralisierte Tiefenwasser konnte auf Grund 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 Bodengas-Messungen durchgeführt. Sie geben Aufschluss über das lokale Störungssystem und zeigen, dass Tiefenwasser entlang dieses Störungssystems aufsteigt.

1 Hintergrund

Während der Bohrarbeiten für eine Erdwärmesonde (EWS) wurde 2009 in Mumpf bei 187 m Tiefe ein Thermalwasser-Arteser angetroffen (23 °C, Auslauf von ca. 600 l min⁻¹). Nach einem ersten, unzureichenden Verschluss im oberen Bereich des Bohrlochs konnte das hochmineralisierte Tiefenwasser in die Schotter der Niederterrasse auslaufen und schliesslich in den Drainagen der benachbarten Grundstücke nachgewiesen werden (stark erhöhte elektrische Leitfähigkeit), bevor das Bohrloch schliesslich erneut aufgebohrt wurde (Abb. 1) und direkt über dem Artesereintritt verschlossen wurde (Böhringer AG 2014).

Zur Überprüfung der Verschlussmassnahmen wurden im Auftrag des Kantons Aargau verschiedene Wasseraustritte in Mumpf überwacht und regelmässig auf ihren Chemismus hin untersucht (Böhringer AG 2014). Dabei konnte an zwei Stellen ein saisonal schwankender Thermalwassereinfluss festgestellt werden. Der Anteil an Thermalwasser schwankt an der einen Stelle zwischen 1 % und 2 %, an der anderen zwischen 10 % und 12 %. Auf Grund der Lage dieser beiden Thermalwasseraustritte wurde ein Aufsteigen des Wassers entlang von Störungen in die Niederterrasse vermutet.



Abb. 1 Um das unzureichend verschlossene Bohrloch korrekt zu verschliessen, musste es 2010 erneut aufgebohrt werden. Bei einer Tiefe von 186 m wurde ein Holzpacker gesetzt, darüber wurde das Loch auszementiert. Das Foto zeigt den Arteser während der Bohrarbeiten im Jahr 2010.

Foto: R. Becker, 2010

2 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 (Abb. 2). Über dem Kristallin liegen Sedimente des Perms (Rotliegendes), welche jedoch weitgehend von Schottern der Niederterrasse bedeckt sind. Sie bilden die Trogschulter des südlich gelegenen Nordschweizer Permokarbondtals.

Entlang des abtauchenden Kristallins im Gebiet des Hochrheins und des Ostjuras wurde an mehreren Orten Thermalwasser angetroffen, welches oft artesisch gespannt war (*Burger* 2009; *Burger* 2011). 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 es entlang des Granitplutons und des südlich gelegenen Permokarbondtals auf (*Stober* 1995). Über Störungen kann das Thermalwasser in poröse Schichten der mesozoischen und spätpaläozoischen Sedimente aufsteigen. Im Rotliegenden bildet beispielsweise der "Untere Schuttfächer" (*Blüm* 1989) eine solche Schichtreihe; hier wurde der Arteser in Mumpf angebohrt.

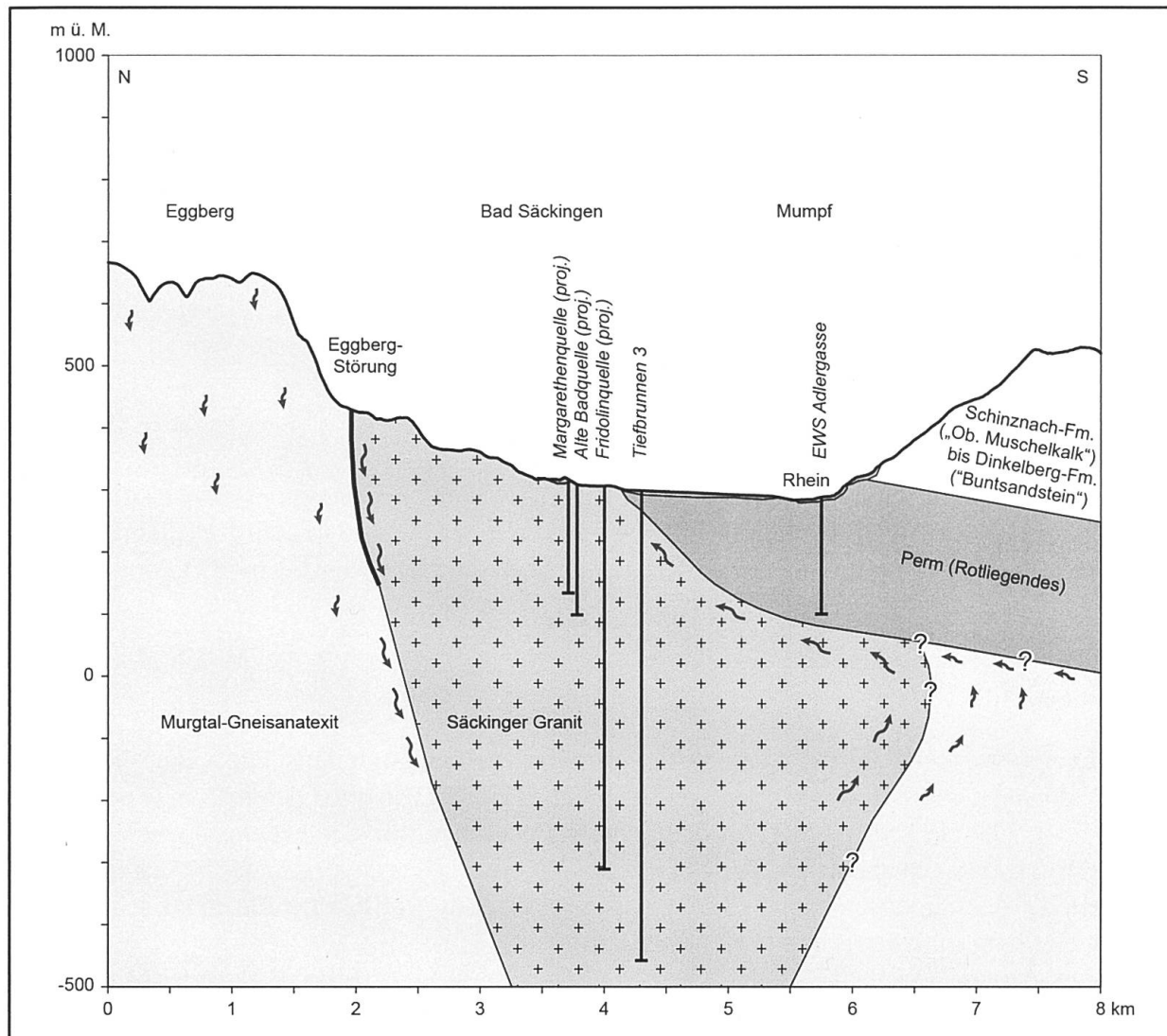


Abb. 2 Geologisches Profil durch Bad Säckingen und Mumpf, umgezeichnet und ergänzt nach *Stober* (1995). Vermerkt sind die wichtigsten Bohrungen (z. T. projiziert). Mit den gewellten Pfeilen wird die vermutete Grundwasserströmung angedeutet. *Quelle: eigene Abbildung*

In Mumpf zeigt das Thermalwasser, wie auch in Bad Säckingen, einen hohen Chloridgehalt. Nach *Michard* et al. (1996) kann das Chlorid entweder aus dem Kristallin selbst stammen oder sedimentären Ursprungs sein. *Michard* et al. (1996) ziehen zur Unterscheidung das Bromid/Chlorid-Verhältnis heran. Mit einem Verhältnis von $1.3 \cdot 10^{-3}:1$ zeigt der Arteser in Mumpf einen sedimentären Einfluss, der sich auch in Bad Säckingen wiederfindet. Ein Aufsteigen entlang der Trog-schulter des Permokarbondtrogs erklärt diesen sedimentären Einfluss. Über das lokale Störungs-system kann das Wasser 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-Zeiningen-Bruchzone. Im Norden liegt die WNW-ESE streichende Eggberg-Störung.

In den 1920er Jahren konnten auf der Mumpf gegenüberliegenden Rheinseite zwei Störungen kartiert werden (*Heusser et al.*). Diese Kartierung erfolgte vor Einstauen des Rheins bei Niedrigwasser und zeigt eine Horststruktur, die *Heusser* auf Grund eines Aufschlusses im Rheinbett auch am Mumpfer Rheinufer vermutete. 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 permeabler Störungen handelt, mussten diese Störungen auch in Mumpf nachgewiesen werden.

3 Untersuchungsprogramm

Für diesen Nachweis wurden Geoelektrikprofile gemessen und Bodengasmessungen (Radonaktivität) durchgeführt. Bereits während früherer Untersuchungen wurde sowohl der Chemismus des thermalen Tiefenwassers als auch des oberflächennahen Grundwassers bestimmt (*Böhringer AG* 2014).

3.1 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 Potentialdifferenzen 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 (*Friedel* 1997).

Bei modernen Geoelektrik-Apparaturen werden in der Regel 20–100 Elektroden gleichzeitig und in regelmässigen Abständen in den Boden gesteckt. In der Folge werden die Messungen von einem Steuercomputer durchgeführt. Dieser bestimmt für jede Messung vier Elektroden, welche gerade aktiv sein müssen (2 einspeisende Elektroden, 2 messende Potentialelektroden). Alle anderen Elektroden sind passiv, während für die nächste Messung vier andere Elektroden aktiv werden. Für weitere Erläuterungen siehe *Friedel* (1997).

Aus dem kombinierten Datensatz aller Messungen lassen sich schliesslich geoelektrische Tomogramme des Untergrundes berechnen. Sie zeigen die Widerstandsverteilung entlang der gesteckten Profillinien. In diesem Projekt wurden diese genutzt, um hochmineralisiertes Thermalwasser (geringer Widerstand = hohe elektrische Leitfähigkeit) gegenüber oberflächennahem Grundwasser (höherer Widerstand) abgrenzen zu können. Dazu wurden vier Geoelektrikprofile (Abstand zwischen Elektroden 1 m) gemessen. Die Geoelektrikprofile wurden entlang des Rheins gemessen und decken zusammen eine Länge von 290 m ab. Sie liegen damit im Grundwasserabstrom der verschlossenen EWS-Bohrung und verlaufen quer zu den von *Heusser* (1926) vermuteten Störungen. Entlang des Rheins wurden die Geoelektrikprofile durch Bodengasmessungen ergänzt.

3.2 Radonaktivität

Die Isotopen des radioaktiven Edelgases Radon haben relativ kurze Halbwertszeiten. Mit rund 3.8 Tagen weist ^{222}Rn die längste auf (*Binder* 1999). Es entsteht als Zwischenprodukt der Uran-Radium-Zerfallsreihe (^{238}U -Reihe). Dank seines gasförmigen Zustands verhält es sich mobil und kann per Diffusion oder Advektion (via Grundwasser oder Bodenluft) migrieren (*Kemski et al.* 1996).

Dieser Umstand kann zur Detektion permeabler Störungen genutzt werden (*Ammann & Schenker* 1989). Entlang permeabler Störungen können durch Advektion Radon oder allfällige Mutternuklide transportiert werden und schliesslich in der Bodenluft nachgewiesen werden. Über permeablen Störungen sind auf Grund der advektiven Komponente also höhere Radonaktivitäten zu erwarten.

Nur entlang von Störungen mit einer gewissen Permeabilität kann auch Thermalwasser aufsteigen. Ein räumlicher Zusammenhang zwischen hohen elektrischen Leitfähigkeiten und hohen Radonaktivitäten kann also angenommen werden.

Insgesamt 37 Bodengasmessungen ergänzen die Geoelektrikprofile. Dabei wurde entlang dreier Profile, von denen eines dem Verlauf der Geoelektrikprofile entspricht, die Radonaktivität der Bodenluft (^{222}Rn [Bq m^{-3}]) gemessen. Diese Anordnung erlaubt eine Orientierung und räumliche Einordnung der Ergebnisse.

4 Resultate

Abbildung 3 zeigt das mittlere Geoelektrikprofil (Profile 2 und 3 kombiniert) entlang des Rheins. Deutlich erkennbar an einer sprunghaften Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit ist der Grundwasserspiegel in rund 2 m Tiefe. Die starken Schwankungen der Leitfähigkeit oberhalb des Grundwasserspiegels kann den schwierigen Messbedingungen entlang des Rheinuferes zugeschrieben werden. So ist der hohe Widerstand im Westen des Profils auf die Messung entlang eines betonierten Wegstücks zurückzuführen.

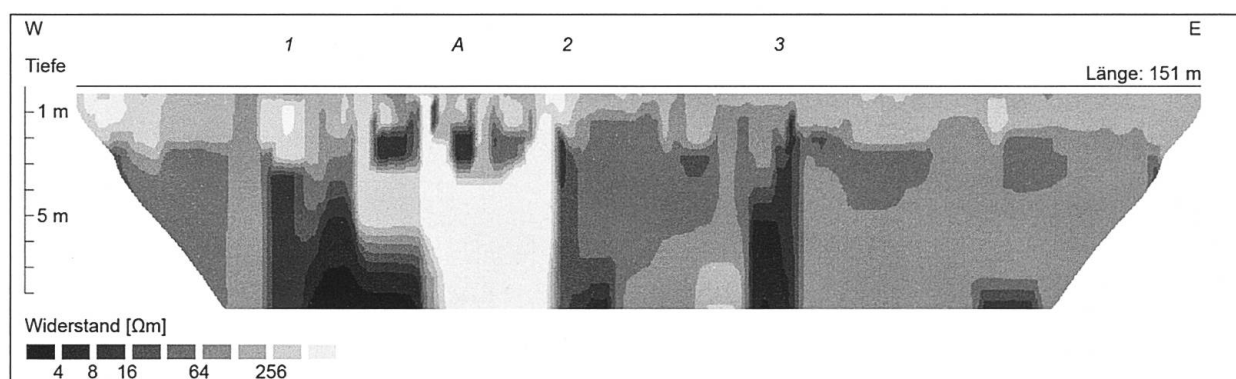


Abb. 3 Tomogramm des mittleren Geoelektrikprofils entlang des Rheins: 1–3 stellen Bereiche hoher elektrischer Leitfähigkeit dar (niedriger Widerstand). Sie können als Thermalwasserausläufe in das oberflächennahe Grundwasser angesehen werden. A stellt einen Bereich hohen Widerstands dar, welcher als Felsrippe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

Quelle: Gruner Böhlinger AG, 2015

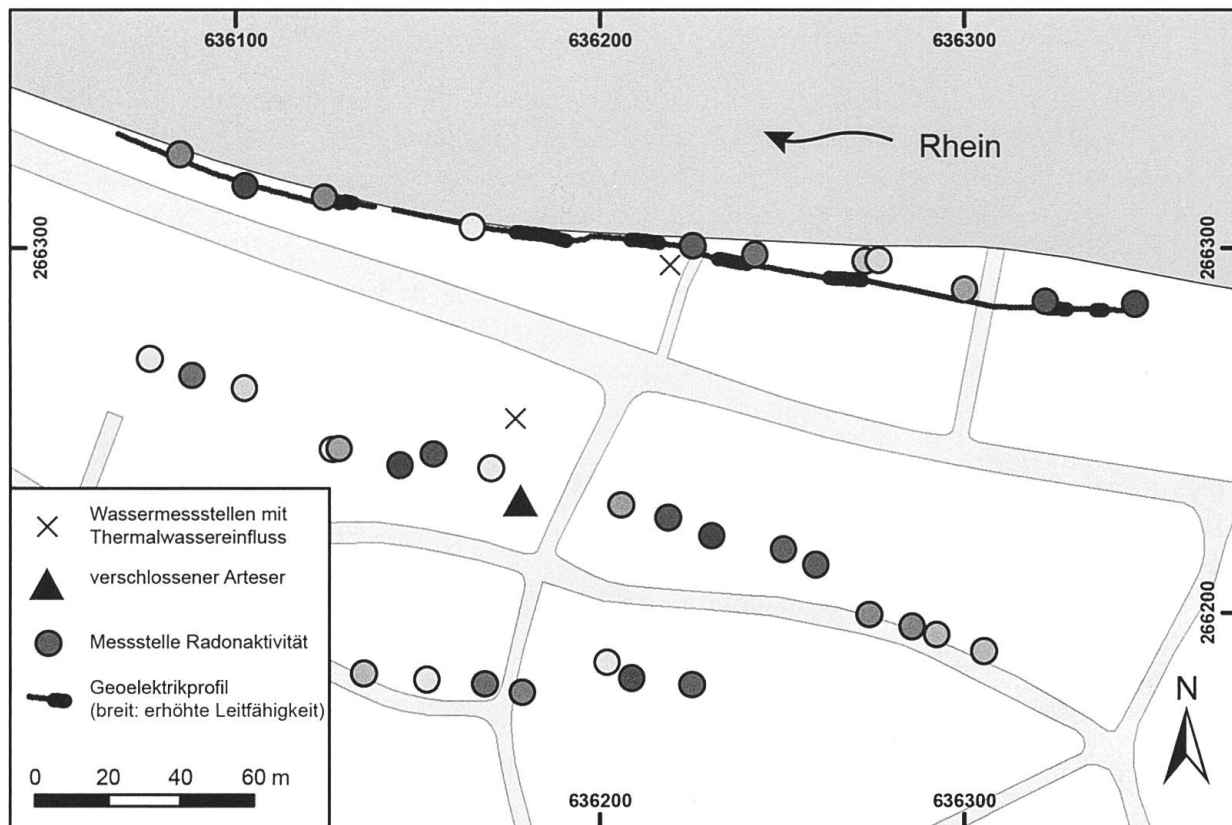


Abb. 4 Karte des Messgebiets in Mumpf. Aufgrund der unterschiedlichen Messbedingungen der drei Radonprofile werden die drei Profile (Nord, Mitte, Süd) getrennt dargestellt: dunkle Punkte stellen relativ hohe Radonaktivitäten dar, helle relativ niedrige. *Quelle: eigene Abbildung*

Unterhalb des Grundwasserspiegels springen vier Bereiche ins Auge: ein rund 15 m breiter Bereich mit sehr niedriger Leitfähigkeit (A) umgeben von drei schmalen Bereichen deutlich erhöhter Leitfähigkeiten (1–3). Letztere werden als aufsteigendes, hoch mineralisiertes Tiefenwasser interpretiert. Der mittlere Tiefenwasseraufstoss (2) entspricht dem bereits vorab festgestellten Austritt. Der Bereich A wird als Felsrippe interpretiert. Die Rippe selbst kann als trocken angesehen werden. Über ihr ist ein Abfließen höher leitfähigen Wassers Richtung Rhein denkbar (drei kleine Bereiche hoher Leitfähigkeit).

Insgesamt zeigen die vier Profile sieben Stellen mit deutlich erhöhter 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 (Abb. 4). So decken sich hohe Radonaktivitäten entlang des Rheins mit Bereichen erhöhter elektrischer Leitfähigkeit. Diese Gebiete können als permeable Störungszonen betrachtet werden.

5 Diskussion

Die von *Heusser* (1926) vermuteten Störungen am Mumpfer Rheinufer decken sich in ihrer Lokalisierung exakt mit Stellen erhöhter elektrischer Leitfähigkeit. Die Resultate der Geoelektrik-Messungen werden durch die Ergebnisse der Radonaktivitäts-Messungen untermauert. Diese Untersuchung bestätigt somit die von *Heusser* vermuteten Störungen in diesem Bereich.

Mit der so bestätigten Orientierung dieser beiden Störungen lassen sich auch die im Ort gemessenen hohen Radonaktivitäten in ein Gesamtbild einordnen (Abb. 5). Auf Basis der Messresultate ist eine Verlängerung des von *Heusser* angenommenen Störungsverlaufs nach Süden plausibel. Entlang der weiteren festgestellten erhöhten Leitfähigkeiten und Radonaktivitäten lassen sich parallel zu den beiden Horstrandstörungen mindestens vier weitere Störungen vermuten. Davon werden zwei als plausibel angenommen, da ihr Verlauf durch mehrere Messungen dokumentiert wird. Zwei werden als vage klassifiziert: Sie lassen sich lediglich durch einzelne Messungen vermuten; ihr Verlauf kann nicht durch weitere Messungen bestätigt werden.

Im Osten der Geoelektrikprofile wurden hohe Leitfähigkeiten festgestellt, welche nicht mit den von *Heusser* (1926) dokumentierten Störungen in Verbindung gebracht werden können. *Isler et al.* (1984) zeigen in diesem Bereich eine nicht rheintalisch streichende Störung (Abb. 5). Die Bodengasmessungen im Süden des Untersuchungsgebiets deuten auf ein Umbiegen dieser Störung nach SW hin. Eine solche Geometrie ist von der Wehra-Zeiningen-Abschiebung bekannt und wird auch von *Heusser* (1926) und *Isler et al.* (1984) für eine etwas weiter östlich gelegene Störung postuliert (in Abb. 5 am Rand gerade noch dargestellt). Ob die südöstliche Störung die rheintalischen versetzt oder anders herum, kann mit dem heutigen Wissenstand nicht geklärt werden.

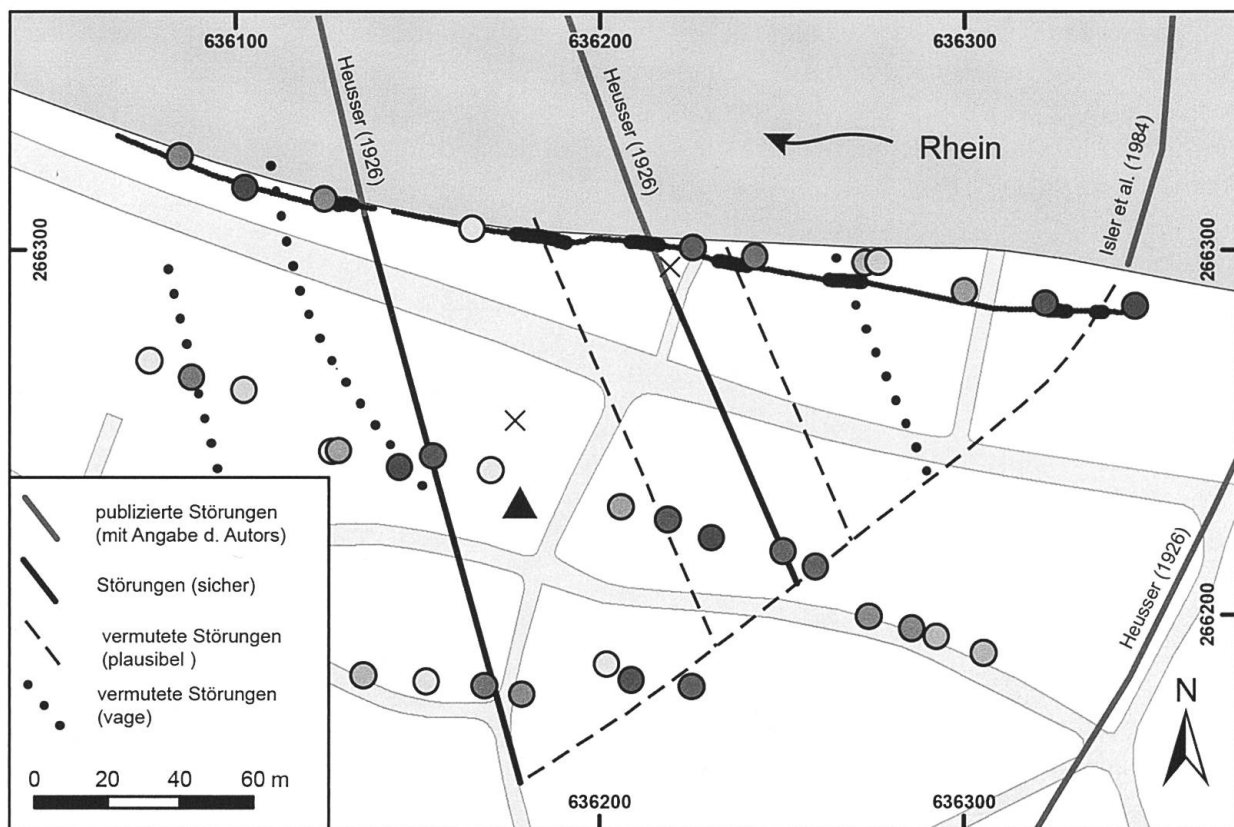


Abb. 5 Karte des Messgebietes mit Interpretation des Störungsmusters. Die in dieser Gegend publizierten Störungen stimmen gut mit den Messresultaten überein und können als Teil eines rheintalisch angelegten Störungsmusters betrachtet werden. Ob die südliche Störung die rheintalischen versetzt oder umgekehrt, kann mit heutigem Wissenstand nicht geklärt werden. *Quelle: eigene Abbildung*

Fazit

Mit den Ergebnissen der Geoelektrik- und Radonaktivität-Messungen konnten Existenz und Lage eines Störungssystems am Mumpfer Rheinufer bestätigt werden, welches bereits früher durch Aufschlusskartierung am gegenüberliegenden Flussufer vermutet worden war. Die Messergebnisse rücken dadurch das Anbohren des Artesers im Jahr 2009 in ein neues Licht: Offenbar war die EWS-Bohrung in unmittelbarer Nähe einer permeablen Störung abgeteuft worden, entlang welcher 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 (1–2 % gegenüber 10–12 %). Die Vermutung, die höheren Mineralisierungsgrade an den beiden Messstellen könnten auf weiterhin aus der verschlossenen Bohrung auslaufendes Wasser zurückzuführen sein, erscheint daher heute hinfällig.

Der Fall Mumpf zeigt die Risiken des Anbohrens eines Artesers auf. 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 Nachfolgeschäden ausgeschlossen werden (*Gruner Böhlinger AG* 2015).

Das Beispiel Arteser in Mumpf und die nachfolgenden, hier präsentierten Erkenntnisse verdeutlichen 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 (z. B. Sulfate der Zeglingen-Fm. [“Mittlerer Muschelkalk”]) eine Rolle. Da die für umfassende Voruntersuchungen notwendigen Mittel das übliche Budget solcher Bohrungen oft sprengen, kann eine regionale, auf hydrogeologischen 3D-Modellen basierende Eignungskarte zweckmässig sein.

Verdankung

Dieses Projekt wurde im Auftrag der Abteilung für Umwelt des Departements Bau Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau durchgeführt und freundlicherweise vom Bundesamt für Landestopographie im Rahmen der geologischen Aufnahme von Blatt Rheinfelden für den Geologischen Atlas der Schweiz 1:25000 finanziell unterstützt. Beiden Ämtern sei dafür herzlich gedankt.

Dank gebührt ebenfalls der Edi Meier + Partner AG, Winterthur, sowie Georg Kuhn Geowissenschaften GbR, Darmstadt, für die Durchführung der Messungen.

Literatur

- Ammann M. & Schenker F. 1989. Nachweis von tektonischen Störungen in 2 Bodengasprofilen in der Nordschweiz. *Nagra Technischer Bericht NTB*: 89-25. Baden. 1–47.
- Binder H.H. 1999. *Lexikon der chemischen Elemente*. Stuttgart, Leipzig. 1–870.
- Blüm W. 1989. Faciesanalyse im Rotliegenden des Nordschweizer Permokarbon-Trogs (Hochrhein-Region zwischen Basel und Laufenburg). *Eclogae Geologicae Helveticae* 82/2: 455–489.
- Böhringer AG 2011. *Arteser Mumpf – Zusammenfassung der Massnahmen zum Verschluss der Bohrung*. Unpublizierter Bericht
- Böhringer AG 2014. *Arteser Adlergasse 6, Mumpf: Dichtheitsprüfung Verschluss Bohrung: Überwachung Wasseraustritte*. Unpublizierter Bericht
- Burger H. 2009. Vorkommen, Nutzung und Schutz von Thermalwässern und Mineralwässern im Kanton Aargau: eine Übersicht. *Swiss Bulletin für Angewandte Geologie* 14: 13–27.
- Burger H. 2011. Die Thermalwässer und Mineralwässer im Kanton Aargau und seiner näheren Umgebung. *Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft* 37: 91–111.
- Friedel S. 1997. Hochauflösende Geoelektrik - Geoelektrische Tomogramme. In: Beblo M. (Hrsg.): *Umweltgeophysik*. Berlin. 131–151.
- Gruner Böhringer AG 2015. *Arteser Adlergasse 6, Mumpf: Lokalisierung von natürlichen Austritten des Thermalwassers sowie Abklärung zum Verlauf des Wehratal-Zeiningen-Störungssystems, Ergebnisse der Messungen*. Unpublizierter Bericht.
- Heusser H. 1926. Beiträge zur Geologie des Rheintales zwischen Waldshut und Basel (mit besonderer Berücksichtigung der Rheinrinne). *Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz* 57/II.
- Isler A., Pasquier F. & Huber M. 1984. Geologische Karte der zentralen Nordschweiz, 1:100 000. *Geologische Spezialkarten der Schweiz*. 121.
- Kemski J., Klingel R. & Siehl A. 1996. Das geogene Radon-Potential. In: Siehl A. (Hrsg.): *Umweltradioaktivität*. Berlin. 179–222.
- Laubscher H.P. 1982. Die Südostecke des Rheingrabens – ein kinematisches und dynamisches Problem. *Eclogae Geologicae Helveticae* 75(1): 101–116.
- Michard G., Pearson F.J. & Gautschi A. 1996. Chemical evolution of waters during long term interaction with granitic rocks in northern Switzerland. *Applied Geochemistry* 11: 757–774.
- Stober I. 1995. *Die Wasserführung des kristallinen Grundgebirges*. Stuttgart. 1–200.

