

Die Thermalquellen von Baden : eine geologisch-hydrogeologische Einführung

Autor(en): **Löw, Simon**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure**

Band (Jahr): **53 (1987)**

Heft 125

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-210916>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Thermalquellen von Baden: Eine geologisch-hydrogeologische Einführung²

von
SIMON LÖW¹

Abstract

The article gives a short review of the latest data concerning the origin of the thermal springs of Baden. It is based on investigations initialized by NEFF (National Fund for Energy Investigation) and NAGRA (National Society for Nuclear Waste Disposal) and highlights tectonics, hydrogeology and hydrochemistry of the famous resort area.

Around 94% of the total thermal water discharge (15 l/s) in the Baden area origins from a saline, fossil and deep seated end member. This main groundwater component is influenced (i) by cold surface water (6%) and (ii) by hydrothermal activity in the crust. The hydrothermal fluids, which generate a pronounced geothermal anomaly in the region around Baden, ascend by advection along deep reaching faults (southern margin of the paleozoic trough of Brugg) and separate during decompression into a water phase and a vigorously bubbling gas phase.

Résumé

L'article donne un bref aperçu de l'état des connaissances relatif à l'origine des sources thermales de Baden. Il se fonde sur les résultats des investigations effectuées par NEFF (Fond National pour la Recherche Energétique) et par CEDRA (Société Coopérative Nationale pour l'Entreposage des Déchets Radioactifs) et met en relief les caractéristiques tectonique, hydrogéologique et hydrochimique de ce centre de cure réputé.

Environ 94% du débit total des eaux thermales (15 l/s) dans le secteur de Baden provient d'un horizon salin fossile et profond. Ces apports sont influencés (i) par les infiltrations d'eau froide depuis la surface et (ii) par l'activité hydrothermale dans la croûte terrestre. Les fluides hydrothermaux, lesquels sont à l'origine d'une anomalie géothermique prononcée dans la région de Baden, montent par advection le long de failles profondes (bordure méridionale du fossé paléozoïque de Brugg) et se séparent pendant la décompression en une phase liquide et une phase gazeuse fortement effervescente.

¹ Dr. phil. SIMON LÖW, Motor Columbus Ing. AG, Postfach, CH-5401 Baden

² Einführung anlässlich der Badener Thermalquellen bei der Exkursion, Jahresversammlung VSP 21. Juni 1987

Tektonische Verhältnisse

Die Thermalquellen von Baden liegen im Zentrum des Limmatdurchbruches durch die Lägern-Hochstruktur. Diese bildet die östlichste Fortsetzung des Faltenjuras und ist begleitet durch eine markante frontale Ueberschiebungslinie: die Jura-Hauptüberschiebung oder Mont-Terri-Linie. Entlang dieser Suture wurden im obersten Miozän mesozoisch-tertiäre Formationsglieder auf ein im Paläozoikum und Paläogen strukturiertes Vorland überschoben. Die neogene Tektonik ist stark von dieser ererbten Geometrie beeinflusst: so nukleiert die Jura-Hauptüberschiebung in ihrem Ostteil an einer mehrere km tief ins Kristallin reichenden Störungszone: der Südflanke des oberpaläozoischen Trogs von Brugg, welcher ein Teil des Nordschweizer Permokarbon-Trog-systems darstellt (LAUBSCHER 1986).

Der Bau der etwa W-E streichenden Lägernstruktur ist asymmetrisch und komplex, da der strukturelle Stil sowie das achsiale Gefälle entlang von NS-streichenden Querstrukturen markant ändert (SCHINDLER 1977). Der Südschenkel der im Limmatquerschnitt aufgeschlossenen «Antiklinale» kann als Rampenfalte gedeutet werden, welche an mehreren N-vergenten Ueberschiebungslinien («Mont-Terri-Linie») in mittleren Muschelkalk auf eine komplexe Schuppenzone mit Duplex-Strukturen überschoben ist. Wichtige Informationen über die Tiefenstruktur der Lägernfalte vermittelt die seismische Reflexionslinie No. 60 der NAGRA bei Dielsdorf (SPRECHER und MÜLLER 1986; LAUBSCHER 1986). In diesem Gebiet zweigt eine Serie von N-vergenten wie S-vergenten (komplementären) Ueberschiebungsflächen im Bereich eines flexurartig verbogenen Sockelsprungs, dem oben erwähnten S-Rand des Trogs von Brugg, vom basalen Abscherhorizont ab und führt zur Bildung einer nahezu symmetrischen Antiklinale mit Deltastrukturen (LAUBSCHER 1986).

Die Thermalquellen von Baden befinden sich im stratigraphisch tiefsten Niveau der Limmatklus: in den untersten Schichten des Gipskeupers. Diese überlagern mit wenigen Metern Mächtigkeit den Hauptmuschelkalk, welcher den regionalen Tiefengrundwasserleiter und den primären Aquifer der Thermalquellen bildet.

Hydrogeologie

In 19 gefassten Quellen entströmt im Bäderquartier Baden 47-gradiges Thermalwasser mit einem Volumenstrom von durchschnittlich 14.7 l/s. Das piezometrische Niveau des Thermalwassers liegt auf 359 m.ü.M. und ist sowohl gegenüber den lokalen Grundwasserströmen (348-357 m.ü.M.) wie auch gegenüber der Limmat (Mittelwasserspiegel 350 m.ü.M.) artesisch: Limmat (und lokale Grundwasserleiter) dienen somit als Vorfluter eines regionalen, tiefgreifenden Grundwassersystems.

Pumpversuche ergaben komplexe Systeme der gegenseitigen hydraulischen Abhängigkeit einzelner Quellgruppen, wobei die stärksten Reaktionen parallel der Lägernachse, die schwächsten senkrecht zu ihr beobachtet wurden. Temperatur und Mineralisation aller Quellen von Baden zeigen seit den ersten Messungen im 19. Jahrhundert konstante Werte (44-48 °C, 4.2-4.8 g/l). Dies deutet auf eine grosse Aquiferkapazität, auf ein entferntes Speisungsgebiet des Thermalwassers und auf einen konstanten Formationsprozess.

Hydrochemie

Genau besehen fördern die Thermalquellen von Baden zwei Phasen zutage: eine wässrige Phase, das eigentliche Thermalwasser, und eine gasförmige Phase, starkströmende Gasblasen innerhalb der wässrigen Phase.

Die starke Mineralisation der Thermalwässer beruht im wesentlichen auf den Hauptkomponenten Na, Ca, Cl und SO₄. Die Wässrige Phase muss aus diesem Grund mit den Evaporiten des Mittleren Muschelkalkes in Kontakt gestanden haben. An gelösten Gasen im Thermalwasser ist neben hohen CO₂-Konzentrationen insbesondere Schwefelwasserstoff und Methan zu erwähnen.

Aus der Kombination von diskordanten Tritium- (3.6-5.8 TU) und C¹⁴-Daten (7.0-7.2 pmc) kann auf eine Mischung von rezemem Wasser (post-1953) mit fossilem Wasser (≥ 25 000 Jahre) geschlossen werden (MAZOR et al. 1986). Unter der Annahme einer identischen Tiefengrundwasserkomponente der Thermalquellen von Schinznach und Baden ergibt sich für Baden ein Mischungsverhältnis von 94% altem, 50-gradigem, salinen Wasser mit 6% rezemem, kaltem Oberflächenwasser (DUBOIS and FLÜCK 1984).

Diese Hauptkomponente der Badener Thermalquellen scheint zusätzlich zur erwähnten Oberflächen-Infiltration durch noch tieferliegende hydrothermale Wässer beeinflusst zu sein. Dies ergibt sich aus Edelgasbestimmungen (starke Anreicherung an radiogenem Helium; MAZOR et al. 1986, SCHMASSMANN et al. 1984), Daten von ionischen Geothermometern («Mischtemperaturen» über 100 °C; DUBOIS and FLÜCK 1984) und aus gegenüber meteorischem Wasser erhöhten O¹⁸-Werten (DUBOIS and FLÜCK 1984, SCHMASSMANN et al. 1984). Neben diesen hydrochemischen Indikatoren deuten auch thermohydraulische Modellstudien der geothermischen Anomalie von Baden-Schinznach auf analoge aufsteigende Tiefengrundwasserströme (GORHAN und GRIESSER in prep.).

Die oben erwähnten freien Quellgase stehen möglicherweise auch in Zusammenhang mit dieser hydrothermalen Beeinflussung. Die Edelgaszusammensetzung dieser (CO₂-N₂-CH₄-reichen) Gasphase kann als Mischung zwischen atmosphärischem und He-reichen, nicht-atmosphärischem Gas interpretiert werden (DUBOIS and FLÜCK 1984). Ihre Freisetzung kann nach gängigen Modellvorstellungen durch Dekompression eines aufsteigenden hydrothermalen Fluids erklärt werden. Diese Dekompression führt ab einer Tiefe von etwa 3 km zum «Kochen» des Fluids, das heisst zur Freisetzung einer separaten Gasphase.

Synopsis

Das im Bäderquartier Baden zutage tretende Thermalwasser entstammt zu grossen Teilen einem etwa 50-gradigem, salinen Grundwasserstrom mit sehr langen Durchflusszeiten und grosser Kapazität. Diese theoretische Endgliedkomponente wird sowohl mit kaltem Oberflächenwasser wie mit hydrothermale Fluid (wässrige Phase und Quellgas-Phase) durchmischt. Der Fliessweg dieses Fluids ist durch die Tiefenstruktur der Umgebung von Baden vorgezeichnet, namentlich den Kristallinstörungen am Südrand des oberpaläozoischen Grabens von Brugg. Entsprechend den jüngsten regionalen Grundwassermodellen der NAGRA (HUFSCHMIED, pers. Mitt. 1987), wirken diese Störungen als tiefreichende Drainagezonen im Kristallin und seiner Überdeckung.

Literatur

- DUBOIS, J.D. and FLÜCK, J., (1984): Geochemistry. In: National Fund for Energy Investigation (NEFF), final report of project No. 165.
- GORHAN, H. und GRIESSER, J.C., (in prep.): Geothermische Prospektion im Raume Bad Schinznach - Baden; Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Serie.
- LAUBSCHER, H.P., (1986): The eastern Jura: Relations between thin-skinned and basement tectonics, local and regional; Geol. Rundschau 75/3, p. 535-553.
- MAZOR, E., JAFFÉ, F.C., FLÜCK, J. and DUBOIS, J.D., (1986): Tritium corrected ^{14}C and atmospheric noble gas corrected ^3He applied to deduce ages of mixed groundwaters: Examples from the Baden region, Switzerland; Geochim. Cosmochim. Acta 50, p. 1611-1618.
- SCHINDLER, C., (1977): Zur Geologie von Baden und seiner Umgebung; Beitr. Geol. Schweiz, kleinere Mitt. Nr. 67.
- SCHMASSMANN, H., BALDERER, W., KANZ, W. and PEKDEGER, A., (1984): Beschaffenheit der Tiefengrundwässer in der zentralen Nordschweiz und angrenzenden Gebieten; NAGRA technischer Bericht 84-21.
- SPRECHER, C. and MÜLLER, W.H., (1986): Geophysikalisches Untersuchungsprogramm Nordschweiz: Reflexionsseismik 82; NAGRA technischer Bericht 84-15.

Buchbesprechung

Geologischer Führer der Region Basel (1987)

VON Peter BITTERLI-BRUNNER

232 S., 98 farbige und 51 sw - Abbildungen 1 Exkursionsroutenkarte 1:50 000; Sfr. 38.—
Veröffentlichung aus dem Naturhistorischen Museum Basel Nr. 19 (auch dort beziehbar) Birkhäuser Basel

In einem *1. Teil* sind die wichtigsten Zustände und Ereignisse allgemeiner und die Region betreffender Geologie kurz dargestellt (S. 14-66). Für Laien empfiehlt es sich dabei, jeweils einen Finger im Glossar (S. 222-229) zu halten um sich die Erläuterungen der Fachausdrücke zu «vergegenwärtigen». Die ausgezeichneten Illustrationen umfassen den Text erklärende Farbfotos, Tabellen, Skizzen und Querschnitte. Einzelne Unterkapitel werden von Literaturhinweisen begleitet.

Der *2. Teil* (S. 67-211) beschreibt 24 geologische Exkursionen mit systematischen Hinweisen und mit sehr klaren Illustrationen zu den wichtigsten Stationen (Stops). Laien wird auch hier empfohlen neben dem Glossar die Einführungsbemerkungen und die Standardlegenden (S. 67-73) im Voraus zu studieren. Die in Gruppen gegliederten Exkursionen können so mit grösserem Gewinn ausgeführt werden. 1-3: Regionales, 4: Rheingraben, 5-7 Faltenjura-Nordrand, 8-12 Faltenjura, 13-17 Rheintalflexur und westlicher Tafeljura, sowie 18-24 (letztere ausserhalb der Exkursionsroutenkarte): Tafeljura.

Im *Anhang* folgen allgemeine Literaturhinweise, Register, Erläuterungen geologischer Begriffe, Abbildungsverzeichnis und stratigraphische Tabelle der Umgebung von Basel. Im hinteren Deckel befindet sich eine Exkursionsroutenkarte 1:50 000.

Das neue Buch hat Querformat («hardcover») und wiegt fast 1 kg. Der schön gedruckte Band ist damit als «Führer» «dem heutigen Autotourismus» angepasst. Für Naturfreunde und Schulen in der Region Basel ist er ein «MUSS».

Dr. BITTERLI hat als Kenner zuverlässige Unterlagen zum Vorteil von Studenten zusammengetragen und der Verlag hat hohe Qualitäts-Anforderungen erfüllt.

GABRIEL WIENER