

Die Badener Thermalquellen : neue Erkenntnisse zur Frage ihres Ursprungs

Autor(en): **Kanz, Werner**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Badener Neujaersblätter**

Band (Jahr): **80 (2005)**

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-324831>

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 Badener Thermalquellen – neue Erkenntnisse zur Frage ihres Ursprungs

Werner Kanz

Seit Jahrhunderten stellt man sich die Frage: «Woher kommt dieses Wasser?» Da sprudelt seit Menschengedenken eine Unmenge von fast fünfzig Grad heissem Mineralwasser aus 19 Quellen, und niemand kann genau sagen, wo es herkommt.

Im Lauf der Zeit haben sich viele hervorragende Wissenschaftler mit diesem Problem beschäftigt. Allerdings ist anzumerken, dass nur ein Teil von ihnen berufsmässig mit Wasser zu tun hatte. So gesehen, sind etliche Aussagen über die Herkunft der Badener Thermen eher Vermutungen. Fast alle Annahmen beziehen sich auf das Gebiet zwischen Alpenkamm und Hochschwarzwald, wobei sich die meisten auf die engere aargauische Umgebung der Quellen konzentrieren. Erstaunlich ist dabei, dass die meisten Autoren nur an die Möglichkeit eines einzigen Einzugsgebiets dachten, seien es nun die Glarner Alpen oder der westliche Jura, obwohl schon lange bekannt ist, dass sich in grossen Quellen oft Wässer aus verschiedenen Einzugsgebieten mischen.

Eine Hypothese über die Herkunft des Wassers sollte auch seine hohe Temperatur erklären. Die meisten der bisher vorgeschlagenen Einzugsgebiete helfen uns aber in der Temperaturfrage nicht weiter. Ausgehend von der mittleren Jahrestemperatur an der Oberfläche benötigen wir etwa 1,5 km Tiefe, um – mit dem üblichen geothermischen Gradienten von 30° C/km – eine Temperatur von 50° C zu erreichen.

Geophysikalische Erklärungsansätze

Schon der bekannte Aargauer Naturwissenschaftler Adolf Hartmann zerbrach sich Mitte des 20. Jahrhunderts den Kopf über diese Frage. Er postulierte noch 1942 einen vulkanischen Herd in etwa 500 m Tiefe, um die hohen Temperaturen erklären zu können. Dabei waren zu seiner Zeit bereits alle notwendigen geophysikalischen Prinzipien bekannt, um zu erklären, wie das versickernde Meteorwasser in so grosse Tiefen gelangt. Für deren Anwendung jedoch fehlte es damals wohl allgemein noch an Mut. Erst später setzte sich die Theorie der grossregionalen Fließsysteme

durch: Infiltration des Wassers im Gebirge, wo es mehr Niederschlag gibt als im Flachland, dann Versickerung und Erwärmung entlang von Gesteinsklüften bis hinab in Tiefen, wo die Gesteinsdurchlässigkeit allmählich geringer wird, sodass der Grundwasserstrom nach und nach in die Horizontale (weg vom Gebirge) umgelenkt wird, und schliesslich der Aufstieg des erwärmten Wassers im Vorland.

Vor allem Jozsef Toth (1963) trug zur Verbreitung der theoretischen Grundlagen bei, und man realisierte weltweit, dass sich das Tiefengrundwasser teils über Hunderte von Kilometern fortbewegt. Beispielsweise wird heute in Norddeutschland aus 500 m Tiefe Grundwasser gefördert, welches vor etlichen Jahrtausenden in Skandinavien versickert ist.

Noch vor wenigen Jahrzehnten waren die Geologen in der Vorstellung verhaftet, dass sich die Fliesspfade des Grundwassers ausschliesslich auf bestimmte Gesteinsschichten beschränken würden. Für manche Fälle mag dies zutreffen, aber heute ist man sicher, dass sich Felsgrundwasser in der Tiefe durchaus auch quer zur Schichtung entlang von Klüften und Spalten bewegen kann.

Fast in ganz Mitteleuropa liegen die wasserführenden Karbonatgesteine der mittleren Trias wie zerknitterte und zerfrante Leintücher zwischen schwer durchlässigen Schichten. Stellenweise liegen diese gut durchlässigen Karbonatgesteine an der Oberfläche und sind so dem versickernden Meteorwasser direkt zugänglich. Solche Gebiete prägen stark den unterirdischen Wasserhaushalt. Vor allem in den Eiszeiten zeigte sich hier oft eine deutliche Hydrodynamik, wenn Gletschervorstösse über solche Gebiete hinweggingen und der hydraulische Druck kurzfristig extremen Veränderungen unterlag.

Seitdem es Isotopenuntersuchungen am Wasser und seinen Inhaltsstoffen gibt, kann man die Entwicklungsgeschichte des Grundwassers besser nachvollziehen. Seit den 1960er-Jahren hat man mit der Isotopenanalyse ein Werkzeug in der Hand, um die frühere Hydrodynamik in der Tiefe zu entschlüsseln. Ihre Interpretation ist allerdings ein Puzzlespiel zwischen Physik, Geologie, Glaziologie und Chemie. Denn leider geben die Isotope nur auf wenige Fragen eine eindeutige Antwort, zum Beispiel ob das Wasser schon seit Jahrtausenden oder erst seit Jahrzehnten im Untergrund weilt oder bei welcher Temperatur es damals versickert ist. Wie in der Kriminologie müssen auch hier oft Indizienbeweise geführt werden.

Die Hypothesen über die Badener Quellen

Schauen wir uns doch einmal einige der gängigen Hypothesen daraufhin an, wie sie zu den neuen Erkenntnissen der Hydrogeologie passen. Nach wie vor die spektakulärste ist die vom Einzugsgebiet der Badener Quellen in den Alpen. Das Primat wird oft Albert Heim zugeschrieben, weil dieser vor hundert Jahren eine grosse

Diskussion gegen Friedrich Mühlberg geführt hat, der das Einzugsgebiet der Badener Quellen im Faltenjura vermutete. Heim ist aber keineswegs der Erfinder der Alpen-Hypothese. Wir finden sie bereits in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts mehrfach publiziert (Zschokke 1816 und Mousson 1840). Albert Heim konnte diese Hypothese lediglich besser theoretisch untermauern, da man inzwischen mehr über die Temperaturzunahme in der Tiefe wusste. So konnte er nach den damals vorliegenden Bohrungen sicher sein, dass die Triasschichten mehr als 1500 m tief unter der Molasse lagen. Damit hätten sich die hohen Wassertemperaturen in Baden tatsächlich erklären lassen – vorausgesetzt, die Gesteine wären dort unten tatsächlich so wasserdurchlässig gewesen wie an der Oberfläche.

Neuere seismische Befunde ergeben nun aber, dass die Gesteine der Trias nicht nur zwei, sondern mehr als sechs Kilometer unter der Molasse hindurchführen, dabei aber tektonisch stark zerdrückt und – auch wegen des Übergangs von der alpinen zur «germanischen Trias» – weitgehend wasserundurchlässig sind.

Somit muss die schöne Hypothese, das Badener Thermalwasser käme unter der Molasse hindurch aus den Glarner Alpen, wohl endgültig begraben werden. Anders steht es mit Mühlbergs Annahme. Er hatte 1905 noch Mühe, mit seiner Hypothese die hohe Wassertemperatur zu erklären. Wir wissen aber heute aus geophysikalischen Befunden, dass die grossen tektonischen Störungen im Jura oft bis ins kristalline Grundgebirge hinabreichen. Wenn diese weiträumig von Ost nach West streichenden Überschiebungsflächen auch nur teilweise wasserdurchlässig sind, wofür vieles spricht, könnte man alle Eigenschaften der Badener Quellen (Chemie, Temperatur und Isotopen) damit in Einklang bringen. Dafür sprechen auch hydrodynamische Computermodellierungen von Kimmeier und anderen (seit 1985) im Auftrag der Nagra.

Wie ist die Herkunft des Badener Thermalwassers heute zu erklären?

Die alten Geologen dachten zwar oft noch an juveniles Wasser vulkanischen Ursprungs; sicher besteht das Thermalwasser aber praktisch vollständig aus Niederschlagswasser. Die radioaktiven Isotope (Kohlenstoff-14, Wasserstoff-3, Krypton-85 und Argon-39) im Badener Wasser zeigen, dass wir es mit einer Mischung aus mindestens drei bis vier Komponenten zu tun haben: Die Hauptkomponente ist ein mehr als 1000 Jahre altes Wasser mit Mineralstoffen aus Evaporitgesteinen (Gips, Steinsalz) der mittleren Trias. Daneben gibt es eine kleinere Komponente (<10%) aus wenige Jahre altem Talgrundwasser mit geringerem Mineralgehalt.

Es ist auch anzunehmen, dass noch eine kleine Komponente junges Kluft-Grundwasser dazukommt, das auf der Hochfläche westlich von Baden in den dort an der Oberfläche anstehenden Muschelkalk versickert. Aus dem hohen Argon-39-



Aufwändige Nerfassung der
Limmatquelle im Jahr 1904, da-
hinter Schweizerhof und Staa-
dhof. Rechts oben das Restaurant
Hertenstein im Bau (Bild: Stadt-
archiv Baden, Nachlass Robert
Witzig, N 10.1.7)

Gehalt ergibt sich, dass auch ein gewisser Anteil an Tiefengrundwasser aus dem Kristallin enthalten sein muss, der nur aus mehreren Kilometern Tiefe stammen kann, vermutlich aus dem Granit.

Parallel zur Lägernkette zieht nördlich von Baden im Untergrund der nordschweizerische Permokarbondrog durch. Diesen teilweise über 15 km breiten Trog, der mit mehreren 1000 m mächtigen, schwer durchlässigen Gesteinen des Erdaltertums gefüllt ist, hatte die Nagra erst 1983 mit der Tiefbohrung Weiach entdeckt. Peter Bitterli beschreibt sehr schön die erdgeschichtliche Entwicklung dieser vorher nicht bekannten geologischen Struktur in den (leider vergriffenen) Badener Neujahrsblättern von 1999.

Wie die Kristallinwasserkomponente in Baden an die Oberfläche gelangt, ist eine interessante, aber ungeklärte Frage. Am naheliegendsten ist die Annahme, dass das absinkende Wasser im Juragebirge den Hauptüberschiebungsflächen entlang bis in den kristallinen Sockel hinunter gelangt. Auch eine Herkunft aus dem Schwarzwald ist nicht völlig auszuschliessen. Das Kristallinwasser müsste dann nach heutigem Wissen unter dem Permokarbondrog hindurch fließen.

Kurioserweise hatten kurz vor der Entdeckung des Permokarbondrogs Zorn und Jaffé 1983 noch die These publiziert, das Wasser der Badener Quellen stamme aus dem Schwarzwald. Zur Begründung führten sie starke Unregelmässigkeiten der Quellschüttung während der Jahre um 1903 an. Dieses vorübergehende Phänomen führten sie auf ein bestimmtes Erdbeben im Schwarzwald zurück. Eine Überprüfung der Messdaten ergab, dass tatsächlich die addierten Werte für die Gesamtschüttung der Quellen um das Jahr 1904 signifikant zu niedrig sind. Allerdings wurde genau in diesem Zeitraum die Limmatquelle neu gefasst. Daher konnte, wie der damalige Eichmeister im Messprotokoll anmerkt, die Limmatquelle längere Zeit nicht mitgemessen werden. Es wurde deshalb ein konstanter Wert für die Quellschüttung angenommen, der jedoch etwa um 100 l/min. zu tief war. Dies ist allerdings erst aus dem weiteren Kurvenverlauf zu erkennen: Nach der Neufassung der Limmatquelle floss nämlich für einige Jahre überproportional viel Wasser aus dieser Quelle. Das selbe Phänomen hatte man bereits nach der Neufassung anderer Quellfassungen, zum Beispiel an der Schwanenquelle, beobachtet.

Erschwerend kommt hinzu, dass sich das fragliche Erdbeben bereits zwei Jahre vorher (im März 1901) ereignet hatte. Das Beben war zudem nach damals beschriebenen Phänomenen (es gab noch keine seismischen Messungen) nicht stärker als die beiden Erdbeben in der Nordschweiz vom 22. und 29. Juni 2004. Messbare Auswirkungen auf das Grundwasser wurden aber im Aargau bisher nur nach stärkeren Beben (auch Fernbeben) registriert.



Ein leiser Hauch von Schwefeldampf liegt über dem Kurplatz. Die schweren Schachtdeckel sind geöffnet: Monatliche Ergussmessung vom 15. Januar 2003 an der Quelle «Kleiner heisser Stein» durch Mitarbeiter des Badener Werkhofs und unter amtlicher Aufsicht durch den Eichmeister und den Beauftragten der kantonalen Fachstelle (Bild: Werner Kanz).

Ein stabiles, bestens dokumentiertes System

Die Badener Thermalquellen wurden schon seit den 1840er-Jahren, also bereits vor der Einführung des metrischen Systems, regelmässig gemessen. Damit sind sie eines der am längsten dokumentierten hydraulischen Systeme überhaupt. So etwas kann auch leicht zur Legendenbildung führen. Immerhin muss man feststellen, dass bis Anfang des 20. Jahrhunderts meist nur einmal im Jahr gemessen wurde.

Bereits vor 150 Jahren kam die Meinung auf, zwischen der Niederschlagskurve und der Quellschüttung sei eine fast konstante Phasenverschiebung von neun Monaten zu beobachten. Bis in die jüngste Vergangenheit sprachen einzelne Autoren sogar von bis zu elf Monaten Differenz. Diese Meinung ist nicht richtig: Eine 1998 von der kantonalen Umweltbehörde in Auftrag gegebene Studie von Emil Greber ergab, dass sich die Badener Thermen in dieser Hinsicht ganz ähnlich verhalten wie andere aargauische Quellen mit ähnlich komplexen Einzugsgebieten. Es wurden für die Thermen in den letzten 60 Jahren recht unterschiedliche Phasenverschiebungen zwischen Niederschlag und Abfluss von einem bis sieben Monaten ermittelt, je nachdem, ob Niederschlags- oder Trockenperioden vorausgingen, und je nach deren Intensität.

Die Temperatur des Wassers ist seit Beginn der Messungen konstant zwischen 47° und 48° C geblieben. Dies weist auf ein weitgehend stabiles hydrogeologisches System hin, zumal auch die Zusammensetzung der chemischen Inhaltsstoffe kaum schwankt. Ein Beispiel für ein instabiles System unter ähnlichen geologischen Verhältnissen wäre Bad Schinznach. Dort hatte man bis zur Erstellung der 891 m tiefen neuen Bohrung grosse Probleme wegen stark schwankender Wassertemperaturen und einer wechselnden chemischen Zusammensetzung.

Bisher weiss niemand genau, seit wann es die Badener Thermalquellen gibt. Wir können davon ausgehen, dass sie mindestens seit den grössten Vereisungen existieren, als die Erosion der Schmelzwasserströme die Täler bis zum Fels ausgeräumt hat. Die Geburt der Therme könnte auch gut noch länger zurückliegen, doch allein schon seit diesen 200 000 Jahren hat sich das Flusssystem von Aare und Limmat im Gleichschritt mit der tektonischen Hebung fast 100 m in die Landoberfläche eingegraben. Damit wurden aber leider auch viele Flusssedimente und andere geologische Zeugnisse der Flussgeschichte weggespült und damit ausgelöscht.

Vielleicht stösst man dereinst einmal bei künftigen Bauvorhaben am Rand des Limmattals auf Reste früherer Aufstiegsbahnen des Thermalwassers?

Literatur

- Bitterli-Dreher, Peter: Vom Kohlensumpf zum Wasserschloss. In: Badener Neujahrsblätter 74 (1999), 10–22.
- Greber, Emil: Einfluss der Niederschläge auf die Quellschüttungen der Badener Thermalquellen. Studie im Auftrag der Abt. Umweltschutz, magma AG, Zürich 1998, unveröffentlicht.
- Hartmann, Adolf (1943): Natur und Herkunft der Therme von Baden. In: Badener Neujahrsblätter 18 (1942), 3–27.
- Heim, Albert: Geologie der Schweiz, Band 1. Tauchnitz, Leipzig 1919.
- Kanz, Werner: Grundwasserfliesswege und Hydrogeochemie in tiefen Graniten und Gneisen. Geologische Rundschau 76.1 (1987), 265–283.
- Kimmeyer, F.; Perrochet, P.; Andrews R.; Kiraly, L.: Simulation par Modèle Mathématique des Ecoulements Souterrains entre les Alpes et la Forêt Noire. Nagra, Technischer Bericht 84–50. Baden 1985.
- Laubscher, H. P.: Die tektonische Entwicklung der Nordschweiz. In: Eclogae geol. Helv. 80/2 (1987), 287–303.
- Mousson, Albert: Über die Wasserverhältnisse der Thermen von Baden im Kanton Aargau. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich Nr. 21 (1848), 110–134.
- Mühlberg, Friedrich: Die geologischen Verhältnisse der Thermen von Baden. In: Mitteilungen der Aargauischen Naturforschenden Gesellschaft (Zusammenfassung eines Vortrags) Heft X (1905).
- Mühlberg, Friedrich: Beobachtungen bei der Neufassung der Limmatquelle zu Baden und über die dortigen Thermen im Allgemeinen. In: Mitteilungen der Aargauischen Naturforschenden Gesellschaft Heft XI (1909).
- Schindler, C.; Rick, B.: Ennetbaden – Konflikte zwischen Bauvorhaben, Hangwasser und Thermalwasser. In: Geotechnik Heft 14 (1991).
- Schmassmann, H.; Balderer, W.; Kanz, W.; Pekdeger, A.: Beschaffenheit der Tiefengrundwässer in der zentralen Nordschweiz und angrenzenden Gebieten. Nagra, Technischer Bericht 84–21. Baden 1984.
- Toth, Jozsef: Cross Formation gravity flow of groundwater. In: Am. Assoc. of Petroleum Geologists Studies in Geology 10 (1980), 121–167.
- Zorn, A.; Jaffé, F.: Les Variations du débit des sources thermals de Baden. In: Eclogae geol. Helv. 76.2 (1983), 451–463.