

# Die Thermalwässer und Mineralwässer im Kanton Aargau und seiner näheren Umgebung

Autor(en): **Burger, Hans**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **37 (2011)**

PDF erstellt am: **08.08.2018**

Persistenter Link: <http://doi.org/10.5169/seals-283432>

## **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.



Hans Burger:

## Die Thermalwässer und Mineralwässer im Kanton Aargau und seiner näheren Umgebung

### Zusammenfassung

Der Aargau und seine westlichen und nördlichen Nachbargebiete sind reich an Mineral- und Thermalwässern. Diese werden teilweise schon seit Jahrhunderten genutzt. In den letzten Jahrzehnten kam die Erschliessung neuer Thermalquellen durch Bohrungen hinzu. Die wichtigsten Thermen und Mineralwasservorkommen (Baden - Ennetbaden, Bad Schinznach und Bad Zurzach) werden beschrieben. Deren Herkunft, Alter und Zusammensetzung wird in Erläuterung von Wasseranalysen, Literaturdaten und tektonischen Profilen dargestellt und diskutiert. Die übrigen Quellen und Thermen des Aargaus und seiner Nachbargebiete werden kurz vorgestellt. Zwei geologische Querprofile durch den Aargau veranschaulichen die regionalen Untergrundverhältnisse.

### Abstract

#### Mineral and thermal springs in the canton of Aargau, Switzerland

The canton of Aargau is rich in mineral and thermal springs. They have been used for centuries. During the last decades several new thermal springs were found by drilling.

The most significant sites of thermal and mineral springs (Baden - Ennetbaden, Bad Schinznach, Bad Zurzach) are described. Their origin, age and composition is explained and discussed based on water analyses, tectonic profiles and data from the literature. Additional springs and thermal wells within the canton of Aargau and its vicinity are only briefly presented. Two geological cross-sections through the canton of Aargau provide the regional geological background.

### 1. Einleitung

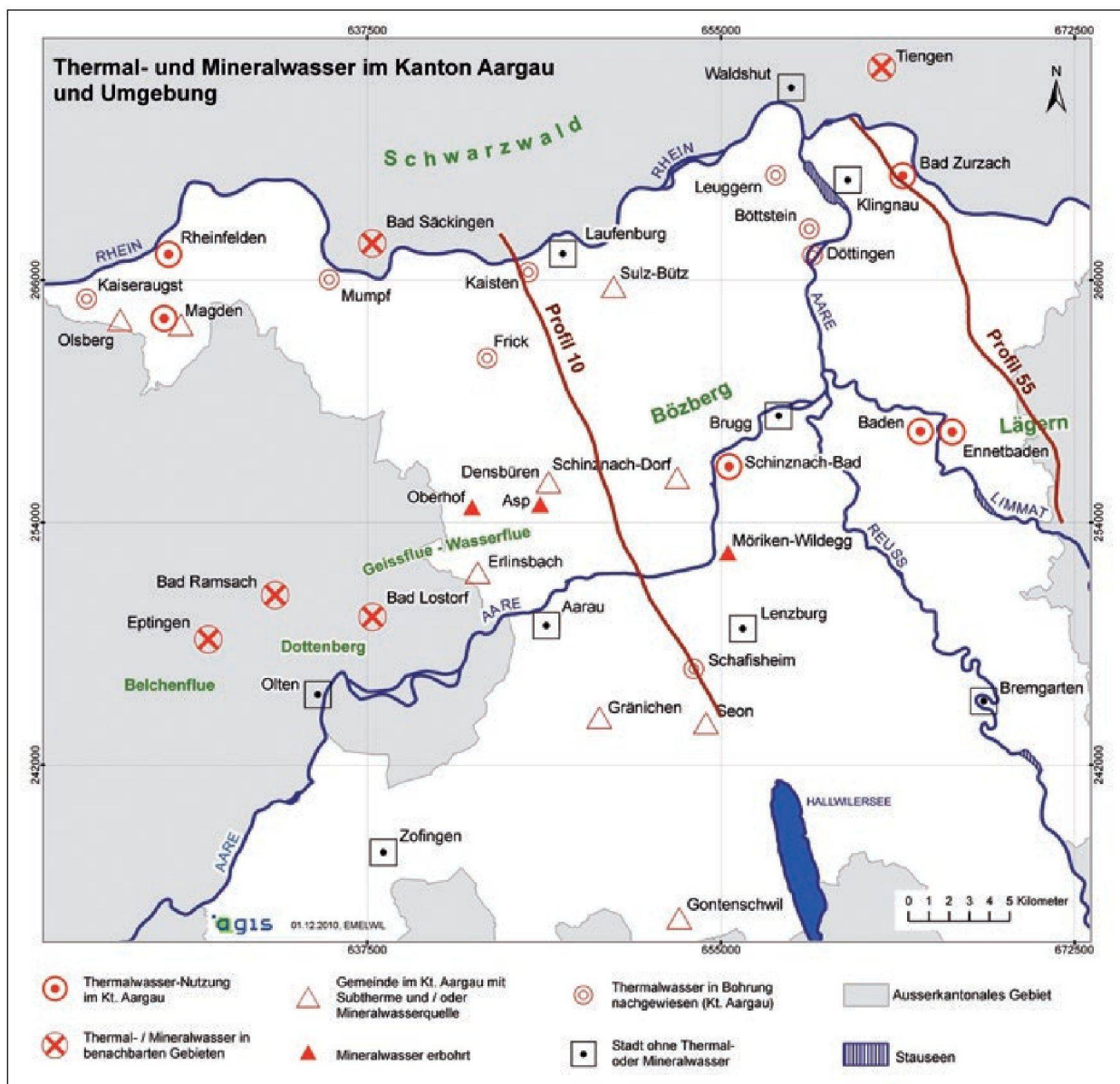
Auf dem Gebiet des Kantons Aargau und seiner nördlichen und westlichen Umgebung werden natürlich austretende Thermalwässer seit Jahrhunderten genutzt. Die Anwendung als Heilwasser geht teilweise auf römische bis vorrömische Zeit zurück. Im 20. Jahrhundert wurden bestehende Quellen zusätzlich mit Bohrungen erschlossen oder an neuen Orten wurden – z. T. mehr oder weniger zufällig, durch Bohrungen zu anderen Zwecken – neue Thermalwasser-Vorkommen angetroffen.

Diese Bohrungs-Aktivitäten haben in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen und führten zusammen mit der Weiterentwicklung der Wasseranalytik und den Seismik-Kampagnen zur Prospektion von Erdöl/Erdgas sowie Untersuchungen im Hinblick auf die Tiefenlagerung von radioaktiven Abfällen zu einem besseren Verständnis der Herkunft dieser Thermalwässer. Durch die intensiveren Nutzungs- und Prospektionsvorhaben entsteht ein zunehmender Koordinationsbedarf zur Vermeidung von Nutzungskonflikten. Beispiele dafür sind die gegenseitige Beeinflussung des Förderpotenzials von benachbarten Thermalwässern oder der Konflikt mit anderen Untergrund-Beanspruchungen, wie die Tiefen-Geothermie, die Exploration und Förderung von Kohlenwasserstoffen oder Tunnelbauten in hydrogeologisch sensiblem Untergrund.

In der Fachzeitschrift "Swiss Bulletin für angewandte Geologie" erschien eine Übersichtspublikation über die Aargauer Thermen und Mineralquellen, über deren Schutz und die Problematik der diversen Nutzungskonflikte (Burger 2009). Darin wurde noch ausführlicher als in dieser Arbeit auf den Schutz und die möglichen Nutzungskonflikte eingegangen. Der vorliegende Beitrag beschreibt dagegen die wichtigsten Mineralquellen und Thermen des Kantons Aargau und seiner Nachbargebiete detaillierter und ergänzt dadurch den erwähnten Übersichtsartikel.

Eine frühe, damals ausführliche Übersicht über die Aargauischen «Mineral- und Heilwässer» findet sich in Hartmann (1925). Zu den Definitionen von Thermal- und Mineralwasser sowie einiger Fachbegriffe aus Geologie und Hydrogeologie sei auf das Glossar am Ende des Artikels verwiesen.

Das Wasser der hier beschriebenen Thermalquellen wird in den meisten Fällen aus grösserer Tiefe - zum Teil aus dem Grundgebirge - nach oben gepresst. Solche Quellen werden als Arteser bezeichnet. Die Gravitation ist dabei die wesentliche treibende Kraft im Kreislauf des Grundwassers. Gelangt dieses in grössere Tiefen, so wird es erwärmt und kann bei besonderen geologischen Bedingungen, z.B. entlang von steil gestellten Aquiferen oder Störungen (vgl. Profile in Tafel 1) wieder an die Oberfläche





che gelangen und als Thermalwasser austreten. Wird die austretende Quelle nicht gefasst, so fliesst sie ungenutzt in den nächsten Vorfluter (Bach, Fluss, Schottergrundwasser).

Traditionelle Thermalbäder mit natürlicherweise frei auslaufenden Quellen liegen in der Limmat-Klus (Baden und Ennetbaden), in Bad Schinznach und in Bad Säckingen. Deren Kurbetriebe profitierten bereits in der frühen Neuzeit, teilweise schon im Mittelalter, von den angepriesenen bzw. festgestellten Heilwirkungen des Thermalwassers. Die Quelfassungen waren vor dem 19. Jahrhundert sehr einfach gebaut und mussten ohne Bohrtechnik auskommen. Neu unter den traditionellen Thermalbädern sind Bad Zurzach, wo das Wasser mittels Bohrungen erschlossen wurde, sowie Bad Lostorf, wo eine subthermale Mineralquelle mit einer erbohrten Thermalquelle ergänzt wurde. Eine historische Übersicht zur Entwicklung der drei traditionellen Thermalbäder im Aargau gibt Kanz (2003). Eine Übersicht über die Lage der einzelnen Thermal- und Mineralquellen gibt Abb. 1.

Bereits vor rund 200 Jahren beschäftigten sich die Nutzer der Quellen mit der Messung von Schüttungsschwankungen und der Wassertemperatur. Auch die geruchlich wahrnehmbaren Gase des Wassers, welche durch die Druckentlastung des aufsteigenden Wassers im Badebereich freigesetzt werden, weckten das Interesse der Gäste und Ärzte.

Die chemische Zusammensetzung (Inhaltsstoffe) und die physikalischen Eigenschaften der Wässer konnten erst ab Mitte des 19. Jahrhunderts genauer untersucht werden und kulminierten ab den 70-er Jahren des 20. Jahrhunderts in genauen und permanenten Messungen sowie der Messung von Spurengasen, anderen Spuren-Inhaltsstoffen, radioaktiven Bestandteilen und Isotopenspektren (Högl 1980, Vuataz 1982, Schmassmann et al. 1984, Nagra 1986, Pearson et al. 1991).

Die meisten Thermalwässer der Nordschweiz mit einer Austrittstemperatur von mehr als 30°C stammen zumindest in Anteilen aus grosser Tiefe, häufig aus dem kristallinen Grundgebirge. Beim Aufstiegsweg an die Oberfläche können sie insbesondere aus den überliegenden Schichten Minerale lösen und aufnehmen. Eine Übersicht über die Geologie und Hydrogeologie des Kristallins in der Nordschweiz geben Diebold (1986) sowie Thury et al. (1994). Eine aktuelle und ausführliche Darstellung der Geologie und Hydrogeologie der Nordschweiz liefert der Nagra-Bericht NTB 02-03 (2002), welcher auch via Internet einsehbar ist.

Zur Messung der Thermal- und Mineralwässer existieren viele lokale Aufzeichnungen, hierzu sei auch auf die unpublizierten Berichte (nach dem Literaturverzeichnis) verwiesen. In Abbildung 10 wird tabellarisch ein Vergleich der chemischen Zusammensetzung der wichtigsten Thermalwässer gegeben.

Zu Alter und Herkunft der Wässer wie auch zu deren Heilwirkung wurde schon sehr früh spekuliert; wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse dazu konnten aber erst in den letzten Jahrzehnten erarbeitet werden (Biehler et al. 1993; Schmassmann 1990 a, b, Pearson et al. 1991; Schmassmann et al. 1992).

Dabei hat insbesondere die Nagra (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Wetztingen) mit ausgedehnten Analytik-Kampagnen und der Messung von Spurenstoffen und Isotopen zu neuen Erkenntnissen beigetragen.

Der gesetzliche Eigentümer der Thermalwässer (in der Schweiz: die Kantone) hat auch die Aufgabe, die Konzessionierung, die Nutzung und den Schutz in den verschiedenen Thermalwassergebieten für alle Beteiligten und Betroffenen ausreichend zu regeln und wo erforderlich zu vereinheitlichen. Der Schutz von Thermalwasser- und Mineralwasservorkommen ist anspruchsvoll, weil er nicht nur in Konflikt stehen kann mit anderen Untergrund-Nutzungen, sondern auch mit den Nutzungsplänen und Absichten des Konzessionsinhabers selber (Übernutzung, nicht sachgerechte Nutzung) und weil das unterirdische Einzugsgebiet der Thermalwässer für die Festlegung der erforderlichen Schutzmassnahmen oft nicht ausreichend bekannt ist.

Der Einsatz des Thermalwassers ist heute nicht mehr nur auf therapeutische Anwendungen beschränkt, sondern erstreckt sich zunehmend auch auf den Wellness-Bereich, insbesondere durch Angebote in so genannten SPA (vgl. Glossar, Kapitel 12). Einige der hier beschriebenen historischen „Badquellen“ und „Mineralquellen“ erfüllen die heutigen Anforderungen an Thermalwasser bzw. Mineralwasser nicht. Mehrere wurden durch Bohrungen ersetzt oder durch Erhitzen in ein «Thermalwasser» veredelt. In solchen Fällen handelt es sich jedoch um «gewöhnliches» Quellwasser. Der Vollständigkeit halber sei in diesem Zusammenhang auf das Pionierwerk zur Aufnahme aller damals bekannten aargauischen Quellen verwiesen: Den «Mühlberg-Atlas» (dat. 1901) auf der Kartengrundlage des Siegfried-Atlas 1:25'000 von 1880, welcher die gefassten und ungefassten Quellen sowie die Sodbrunnen unterscheidet. Dieser Quellen-Atlas wurde in den 90er Jahren des 19. Jahrhunderts mit grossem Einsatz von freiwilligen Mitarbeitern erstellt. Teile dieses Werks sind vom Kanton Aargau nachgedruckt worden (Ammann 2001). Zudem ist er digital gratis erhältlich über das GIS-Portal des Kantons Aargau ([www.ag.ch/geoportal](http://www.ag.ch/geoportal) → Geodatenshop) unter dem Titel «Quellen aus Mühlberg-Atlas (1901)». Die Aargauische Naturforschende Gesellschaft unterstützte die Ausarbeitung dieser umfassenden Quellenkarte und publizierte in ihren Mitteilungen (Heft VI) Mühlbergs Aufruf zur unentgeltlichen Mitarbeit am Atlas.

## **2. Thermalquellen von Baden und Ennetbaden**

### **2.1 Lage und Historie**

In der Faltenjura-Klus von Baden-Ennetbaden sind im Bereich des Limmat-Ufers natürliche Thermalwasseraustritte vorhanden. Diese wurden bereits in antiker Zeit genutzt und von den Römern in den ersten Jahrzehnten unserer Zeitrechnung





Abb. 2: Aktuelle archäologische Grabungen im Bäderquartier von Baden: links auf dem Areal „Stadthof“, rechts auf dem Areal „Hinterhof“



Abb. 3: Jugendstil-Bäderhotel „Schwanen“ in Ennetbaden, welches seit 1976 eine Fremdnutzung aufweist. Der Freispiegel der Schwanen-Quelle reicht bis ins erste Obergeschoss und liegt damit etliche Meter höher als der Limmat-Spiegel. Eine Neunutzung des Thermalwassers ist geplant.



Ab dem späten 19. Jahrhundert führte ein Bauboom im Bäderquartier beiderseits der Limmat zu einer starken Ausweitung des Badebetriebs, wobei auch grosse Bäderhotels entstanden. Nach dem 2. Weltkrieg ging der Besucherstrom deutlich zurück, trotz Neubau eines grossen Thermalbads in den 60-er Jahren und eines Freiluftbades 1980. Der Rückgang wurde insbesondere auf die ungünstigen Verhältnisse entlang der Limmat zurückgeführt (Lärm, Luftbelastung). Die Lage verbesserte sich erst 2006 mit der Eröffnung eines Strassentunnels in

## 2.2 Geologische und hydrogeologische Untersuchungen und gesetzliche Schutzvorgaben

Die Thermalquellen von Baden und Ennetbaden liegen geologisch in einem Bereich, wo die Muschelkalk-Schichten der Lägeren-Struktur (Faltenjura mit Jura-Hauptüberschiebung) von der Limmat erosiv angeschnitten wurden (vgl. Abb. 4 und Profil Nr. 55 in Tafel 1). Die regionalen tektonischen Strukturen des Faltenjura (Abscherhorizonte) ermöglichen das Aufsteigen von heissem Wasser aus grosser Tiefe (über 1 200 m) entlang der durch die Limmat aufgebrochenen Antiklinale. Dies wurde schon von Prof. Albert Heim 1907 in einem Querprofil durch die Lägeren-Struktur dargestellt (Abb. 4). Der erhöhte Wärmefluss in der Umgebung der Thermen erwärmt auch den Untergrund und das darüber liegende, oberflächennahe Grundwasser. Die gefassten Quellen liegen höher als der Schotter-Grundwasserspiegel. Es gibt Hinweise, dass weitere, ungenutzte Quellen aus dem Fels

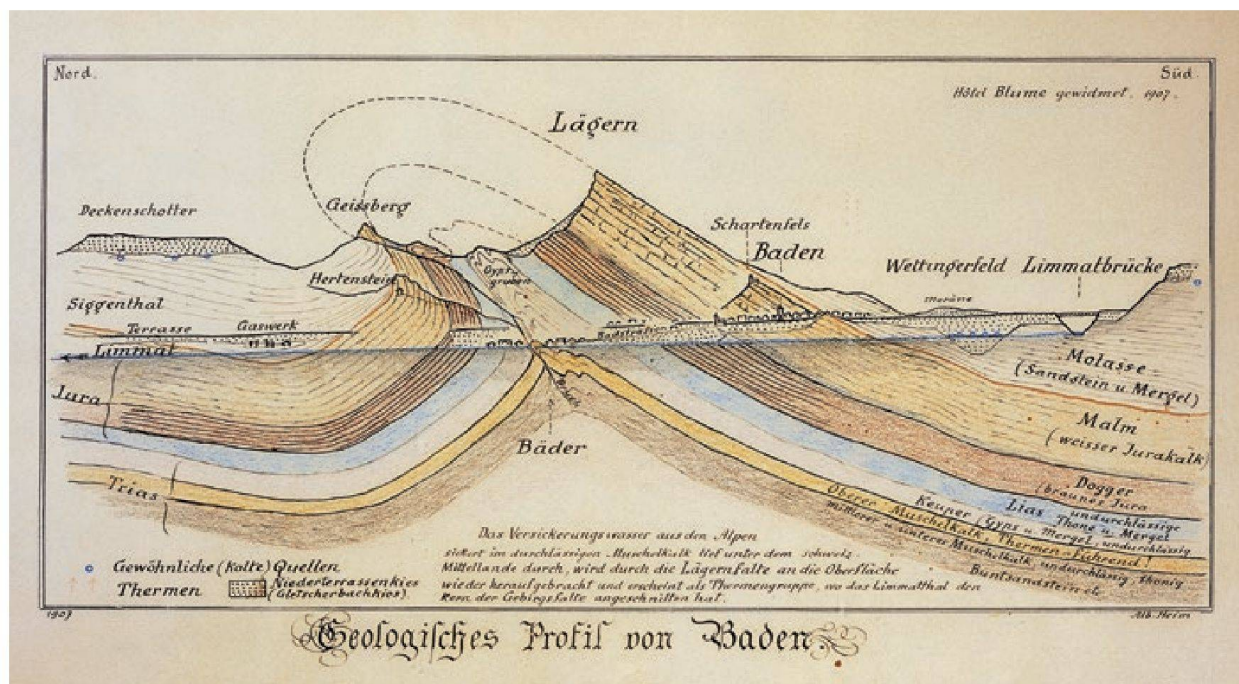


Abb. 4: Geologisches Kulissen-Profil durch die Lägern-Struktur im Bereich Limmat - Ennetbaden, von Prof. Albert Heim (1907)



direkt ins Schottergrundwasser austreten. Weitere geologische Einzelheiten können dem Geologischen Atlasblatt 1:25'000 Baden sowie den Erläuterungen dazu entnommen werden (Graf et al. 2006; Bitterli-Dreher et al. 2007). Eine geologische Übersicht bietet zudem der Nagra-Bericht NTB 08-04 (2008), welcher auch die hier in Tafel 1 dargestellten Profile enthält.

Seit den 1840-er Jahren wurden regelmässige Schüttungsmessungen vorgenommen, welche ab 1900 zeitlich verdichtet sowie professionalisiert wurden. Die Bestandesaufnahme der Quellen wurde 1858 in einem amtlichen Dokument festgehalten («Verbal über den Zustand und die Beschaffenheit der Heil-Quellen bei Baden»). Gestützt auf diese Aufzeichnungen wurde 1869 ein kantonales Dekret erlassen, welches jedes weitere Suchen und Graben nach «Heilwasser» verbot.

Die Gesamtschüttung aller 19 gefassten Quellen schwankt im Bereich zwischen rund 600 und 800 l/min, mit Extremwerten von 569 l/min (1950) und 949 l/min (1970). Die Temperaturen schwanken im Bereich von 46.5–48.5°C. Eine Zusammenstellung der Koten und Schüttmengen der einzelnen Quellen findet sich in Biehler et al., 1993 (S. 43).



Abb. 5: Detailansicht Bäderhotel „Blume“ in Baden (Innenhof)

Während die Temperaturen über Jahrzehnte konstant blieben, konnte bei der Schüttung eine gewisse Abhängigkeit vom regionalen Niederschlagsgeschehen festgestellt werden (Zorn & Jaffé 1983). Erste genauere Untersuchungen zu diesen Abhängigkeiten wurden 1910 bis 1921 durchgeführt (Peter 1922), wobei eine zeitliche Verzögerung zwischen dem Niederschlags-Geschehen und der Schüttungsmenge von rund 10 bis 12 Monaten postuliert wurde. Eine detaillierte und aktualisierte Studie dieser Abhängigkeit wurde im Auftrag des kant. Departements Bau, Verkehr und Umwelt (BVU), Abt. für Umwelt, durchgeführt (Greber, unpubl. Bericht 1998). Dabei ergab sich eine stark schwankende Zeitverzögerung von rund 1 bis 7 Monaten zwischen Niederschlagsgeschehen und Schüttungsverhalten. Die Abhängigkeit der Zeitverzögerung besteht nicht nur bezüglich der regionalen Niederschlagsmenge, auch vorausgegangene Trockenperioden sowie die Intensität der Niederschläge haben einen Einfluss auf die Zeitverzögerung. Die Mineralisation der einzelnen Quellen ist sehr ähnlich: Natrium-Calcium-(Magnesium)-Chlorid-Sulfat-(Hydrogenkarbonat)-Wässer, welche zudem Lithium, Fluorid, Bromid und Borsäure und verschiedene Spurenelemente enthalten. Als Gase treten insbesondere Schwefelwasserstoff, in geringeren Mengen auch Methan sowie freie Kohlensäure auf. Die Gesamtmineralisation liegt bei rund 4.6 g/l. In Abb. 10 ist eine moderne Analyse des Thermalwassers dokumentiert.

Zur Hydrochemie und Hydrogeologie liegen beim kantonalen Departement BVU (Aarau) auch neueste, die oben zitierten Untersuchungen ergänzende Berichte vor (vgl. Verzeichnis der unpublizierten Berichte). Eine hydrogeologische Übersicht zum rechten Limmat-Ufer gibt auch Rick (2006).

Ulrich Münzel beschreibt die Thermen monographisch (1947). Der heutige Zustand der 19 Thermalwasserquellen wurde aktualisiert dargestellt (unpubl. Bericht vom 12. Januar 2001 der Ingenieurgemeinschaft Matousek, Baumann & Niggli / Bänziger + Bacchetta + Fehlmann; beide in Baden).

## 2.3 Herkunft und Schutz der Thermalquellen in der Limmatklus

Über die Herkunft des Thermalwassers wurden diverse Spekulationen und Hypothesen veröffentlicht, beispielsweise Mühlberg (1909). Eine neuere Zusammenfassung der Herkunftshypothesen gibt Kanz (2005). Darin sind auch Arbeiten von Gorhan & Griesser (1988), Mazor et al. (1986) sowie von Schmassmann et al. (1984) und Biehler et al. (1993) eingeflossen.

Heute wird von einer Mischung von mindestens drei Wasserkomponenten ausgegangen. Einerseits einem geringen Anteil von jungem, kaltem Grundwasser und einer wesentlich älteren, thermalen Komponente, die ihrerseits aus mindestens zwei Grundwässern entstand. Als Kohlenstoff-14 Mindestalter der thermalen Komponente berechnen Pearson et al. (1991) Werte zwischen 4 000 und 12 000 Jahren; falls aller Kohlen-



Abb. 6: Probenahme und Kontrollmessungen bei den Thermalquellen in Baden

stoff-14 aus der jungen, kalten Komponente stammt, ist die thermale Komponente bedeutend älter. Basierend auf Isotopenuntersuchungen und hydrochemischen Daten (Abb. 6, 10) ist die thermale Komponente eine Mischung zwischen einem Muschelkalk-Grundwasser und einem sehr alten Anteil aus tieferen Aquiferen (Kristallin, Perm oder Buntsandstein). Das bereits erwähnte kantonale «Grabungsverbot nach Heilwasser» ist auch heute noch bei Bauarbeiten im Bereich der Thermalquellen zu beachten. Dadurch geniessen die Thermalquellen von Baden und Ennetbaden zumindest im näheren Umfeld ihres Austrittes einen gewissen Schutz vor Beeinträchtigungen.

### 3. Thermalwasser von Bad Schinznach

#### 3.1 Geologische Lage und historische Entwicklung

Die Thermen in der Gemeinde Schinznach-Bad liegen in einer ähnlichen tektonischen Position wie die Thermen in der Limmat-Klus: Am Schnittpunkt der Aare mit der Jura-Hauptüberschiebung sowie über dem Südrand des Permo-Karbon-Trogs im Kristallin der Nordschweiz. Diese Grundgebirgs-Struktur ist mehrere Kilometer breit und tief und durchzieht den Aargau in West-Ost-Richtung (vgl. Profilschnitte durch den Trog in Tafel 1). Ein weiterer, für Schinznach informativer Profilschnitt findet sich in Nagra (2002), Beilage 3.2-2, Profil 1. Dieses Profil führt vom Rhein über Sulz - Bözberg - Schinznach - Wildeggen - Villmergen nach Muri und liegt geographisch zwischen den beiden in Tafel 1 dargestellten Profilen.

Die beiden Thermalwasser-Vorkommen von Baden und Schinznach haben auch eine ähnliche mineralische Zusammensetzung, wobei die Thermalwässer von Baden / Ennetbaden wärmer und höher mineralisiert sind (Schmassmann et al. 1984, vgl. auch Abb. 10). Bad Schinznach gilt als eine der stärksten Schwefelthermen der Schweiz (im alten Brunnenschacht: rund 50 mg  $H_2S$  / l, diverse Schwefelverbindungen sowie kolloidaler Elementar-Schwefel).

Die balneologische Nutzung ist ab Mitte des 17. Jahrhunderts schriftlich nachgewiesen, dürfte jedoch schon früher eingesetzt haben. Die alte Therme (artesisch frei ausfliessender «Brunnen») liefert 30° bis 34°C warmes Mischwasser, bestehend aus von unten aus dem Muschelkalk zufließendem Thermalwasser und beigemischtem oberflächennahem Schotter-Grundwasser des Aaretals. Die Mineralisation schwankt in der alten Therme wegen dieser Zumischung und liegt im Bereich von 2 g/l.

Zu Beginn des 18. Jahrhunderts wurde ein grosses Badegebäude errichtet (vgl. Abbildung 3 in Balmer 1987). Ein „Armenbad“ folgte 1738, was die Anlage für alle Bevölkerungsschichten zugänglich machte. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts begann ein Ausbau der Bade-Anlagen, wobei auch viele Neubauten entstanden: Vorerst das heute „Thermi“ genannte Gebäude, welches 2010 -2011 in alten Aussenmauern zu einem grosszügigen SPA ausgebaut wird. 1828 wurde der „Rundbau“ (halbkreisförmige Anordnung, vgl. Abb. 7) in Betrieb genommen, welcher bis heute als Thermalbad für therapeutische Zwecke dient. Eine ausführliche Übersicht zur historischen Entwicklung von Bad Schinznach gibt Balmer (1987).

#### 3.2 Entwicklung in jüngerer Zeit und aktuelle Nutzung

Die heutige Brunnen-Fassung der alten Therme liegt im Oberflächenbereich (grosser Holzschacht) und stammt aus dem Jahre 1882. Sie wird seit längerem nicht mehr genutzt und dient als historisches Erbe. Die Holzsubstanz dieser alten Quelfassung wurde 2010 erneuert und dürfte wieder für lange Zeit dem aggressiven Thermalwasser standhalten.

Durch eine 1980 neben den Badeanlagen abgeteufte Bohrung (S 2) wurde die Therme neu erschlossen mit dem Ziel, ein Wasser mit weniger Beimischung von oberflächennahem, nicht thermalem Grundwasser zu erhalten. Dies ist nur unbefriedigend gelungen: die noch immer schwankende Temperatur stieg auf rund 36°C, die Mineralisation auf 2.9 g/l (Vuataz 1982).

Deshalb wurde 1996 südlich der Badeanlagen eine weitere Bohrung (S 3) erstellt, welche das Thermalwasser in knapp 400 m Tiefe in ausreichender Menge fasst. Dadurch kann reines Thermalwasser gefördert werden; die Auslauf-Temperatur stieg auf konstante 44° - 44,5°C. Es handelt sich um eine Natrium-Calcium-Chlorid-Sulfat-Therme. Die Bohrung S 3 reichte ursprünglich bis in eine Endtiefe von 890 m und erschloss dort





Abb. 7: Heutiges Thermalbad Schinznach für therapeutische Zwecke (historischer Rundbau)

Wasser mit rund 63°C. Weil dieses Wasser jedoch stark salzhaltig und wenig ergiebig war, wurde die Bohrung in 415 m Tiefe abgedichtet und es wird nur das obere Wasser aus dem Muschelkalk-Aquifer genutzt.

Das Bad hat das Recht, aus der neuen Bohrung Thermalwasser quantitativ etwa im selben Umfang wie bei der früheren Nutzung aus dem Brunnen zu fördern. Das Thermalwasser wird heute in Bad Schinznach sehr umweltbewusst eingesetzt: Eine Wärmerückgewinnungs-Anlage kühlt das Wasser aus der Bohrung S 3 vor der Rückgabe in den Untergrund (via die Bohrung S 2) auf ca. 24°C ab. Dadurch wird einerseits die Wärme weiterverwertet, andererseits wird mit der Rückführung des Wassers in den Untergrund eine Belastung des Oberflächengewässers vermieden.

Eine grosse Erweiterung der Badeanlagen erfolgte 1991 mit der Eröffnung des Erlebnis-Thermalbads „Aquarena“ (Abb. 8). Bei grossen Tiefbauvorhaben, welche Thermen beeinträchtigen könnten, wird in der Regel eine Risikoabwägung vorgenommen. In Bad Schinznach war dies in den 80-er Jahren der Fall, als die Linienführung der Autobahn A3 (Bözberg-Tunnel) so verschoben wurde, dass das Risiko einer Beeinträchtigung der Therme durch den Tunnelbau verringert werden konnte (vgl. dazu Jäckli 1981 sowie Wegmüller 2001).

#### **4. Thermalwasser- und Mineralwasser-Bohrungen in Bad Zurzach und Umgebung**

##### **4.1 Entdeckung des Thermalwassers und Entwicklung zum Thermalkurort**

Beim Thermalwasser von Zurzach handelt es sich um ein aus dem kristallinen Grundgebirge aufsteigendes Grundwasser, welches bis in die sandigen Perm- und unteren Trias-Sedimente eindringt. Das Thermalwasserstockwerk wird gegen oben durch die sehr gering wasserdurchlässigen Sulfat-Schichten der mittleren und oberen Trias abgedichtet. Das Grundwasser läuft frei aus der Bohrung aus, der Hydrogeologe spricht von artesischen Verhältnissen. Das Thermalwasservorkommen wurde 1914 bei der Erkundung von Salzlagerstätten entdeckt. Dabei stiess man sowohl im Buntsandstein als auch im Kristallin auf ergiebige Thermalwasser-Zuflüsse; die Bohrung wurde jedoch noch im selben Jahr zum Schutz der damals noch aktiven Salzförderung verschlossen.

Eine erste Bohrung zu Heilwasserzwecken (Zurzach 1) erfolgte vom alten Bohrstandort aus im Jahre 1955, gefolgt von einer nahe gelegenen zweiten Bohrung (Zurzach 2) im Jahre 1964





Abb.8: Bad Schinznach, Aussenbad mit „Aquarena“



Abb. 9: Ansicht Bad Zurzach, Thermalbad. Der 1963 erbaute Turm ermöglicht die Druckregulierung des ausfliessenden Thermalwassers



(Cadisch 1956, Schmassmann et al. 1992). Aus diesen Bohrungen können im Dauerbetrieb rund 500 bis 600 l/min Wasser mit Temperaturen um 39–40°C gewonnen werden. Die Mineralisierung ist mit rund 1 g/l eher bescheiden; die Therme kann als Natrium-Sulfat-Hydrogenkarbonat-Chlorid-Wasser eingeordnet werden. Speziell erwähnenswert sind die hohen Gehalte an Fluorid, Arsen und Lithium der Zurzacher Thermalwässer (Högl 1980), welche vermutlich auf Fluorit und arsenhaltige Erzminerale in Klüften des Kristallins zurückzuführen sind. Abb. 10 zeigt eine Analyse des Thermalwassers.

Rund um die Bohrungen ist in den letzten fünfzig Jahren ein grosser und international bekannter Bäder-Komplex entstanden (Abb. 9).

1980 wurde zu Forschungszwecken in rund 300 m Entfernung eine dritte Bohrung (Zurzach 3) abgeteuft, welche sowohl im Kristallin als auch im Muschelkalk artesisch gespanntes Thermalwasser fand, jedoch von deutlich geringerer Temperatur als in den Bohrungen Zurzach 1 und 2 (Vuataz 1982; NEFF 1980). In den Jahren 2002–2003 wurde knapp 1 km weiter südlich von Zurzach 1 und 2 eine vierte Bohrung abgeteuft. Ausgedehnte Pumpversuche haben gezeigt, dass sich die Bohrungen Zurzach 1 bis 4 bezüglich der Förderkapazitäten gegenseitig beeinflussen können.

## 4.2 Nutzung als Mineralwasser

Neben der balneologischen Nutzung wird das Zurzacher Tiefenwasser auch in grossen Mengen als Mineralwasser getrunken. Für diesen Nutzungszweck muss das Wasser aufbereitet werden, insbesondere zur Einhaltung der Grenzwerte für Arsen und Fluor (vgl. dazu auch Pfeifer & Zobrist 2002).

Die aktuelle Nutzung (Mineral- und Thermalwasser) ist in einer 1999 erteilten kantonalen Konzession geregelt. Diese gibt den Inhabern nicht nur Nutzungsrechte, sondern auch Schutzansprüche.

## 4.3 Weitere Erschliessungen im Nahbereich (Bohrung Tiengen)

Das in Bad Zurzach genutzte Thermalwasser stammt aus dem kristallinen Grundgebirge, welches auch auf deutscher Seite, in Tiengen, erbohrt wurde (Distanz rund 5 km zu den Bohrungen Zurzach 1 bis 3, vgl. Abb. 1).

Das im Jahr 2001 im Tal der Schlucht in der Gemeinde Waldshut-Tiengen erbohrte Wasser ist zwar vom selben Wassertyp wie Zurzach, jedoch mit 24° bis 25°C deutlich kühler. Bemerkenswert ist der mit rund 10 mg/l hohe Fluorid-Gehalt. Im Ruhezustand ist diese Bohrung artesisch gespannt. Wei-

tere Angaben zur Zusammensetzung, zur Herkunft und zum ungefähren Alter dieses Thermalwassers finden sich in Stober & Vicedom (2005).

Die Bohrung traf nach der Durchquerung von quartären Schottern auf Muschelkalk und Buntsandstein, darunter folgte bis zur Endtiefe von 603 m das kristalline Grundgebirge. In diesem wurden mehrere «produktive» Thermalwasserhorizonte angetroffen. Für eine intensive Nutzung müsste dieses Thermalwasser gepumpt werden.

## 5. Thermalwasser in Bad Säckingen (Deutschland)

Einzelne Quellaustritte von Thermalwasser im Gebiet des heutigen Säckingen waren wahrscheinlich schon in römischer Zeit bekannt und wurden auch im Mittelalter rege genutzt (urkundlich seit 1453 belegt). Die alten Quellen befinden sich etwas nördlich von Säckingen. Die wärmste dieser Quellen, die «Bad-Quelle»: 28.5–29.4°C mit 3.1–3.7 g/l Mineralisation, versiegte 1964 durch Bauarbeiten für das Rheinkraftwerk Säckingen und musste durch Bohrungen neu erschlossen werden.

Bereits seit den 20-er Jahren des 20. Jahrhunderts wurde das Angebot durch Thermalwasser aus Bohrungen ergänzt: 1929 durch die «Margarethenquelle», später durch weitere Bohrungen, im Jahr 1983 wurde die «Fridolin-Quelle» erbohrt: 25.0°C; 6.7 g/l Mineralisation.

Die einzelnen Thermen von Bad Säckingen unterscheiden sich in Temperatur und Mineralgehalt. Speziell ist ihr hoher Gehalt an Natrium und Chlorid. Sie haben auch eine andere Zusammensetzung als die erbohrten Thermalwasserfunde auf Schweizer Seite, z. B. in Bad Zurzach oder in Rheinfelden.

Referenzen und genauere Beschreibungen für diese Thermalwässer: Thermalbad Säckingen, vgl. auch Schmassmann et al. 1992 sowie Stober 1996. Letztere Publikation geht auch ausführlich auf die Herkunft der Thermalwässer von Bad Säckingen ein: Nährgebiet im Hotzenwald (versickerndes Niederschlagswasser), Absteigen in grosse Tiefen des kristallinen Grundgebirges (vorwiegend Gneis) und Aufsteigen des erwärmten Wassers im Bereich des Säckinger Granits.

## 6. Bad Lostorf (Kanton Solothurn)

Die Lostorfer Mineralquelle ist ein natriumarmes, Schwefel- und Fluoridhaltiges Calcium-Magnesium-Sulfat-Hydrogenkarbonat-Wasser („Gips- und Schwefelquelle“, Mineralisation 1'169 mg/l). Es liefert heute das Mineralwasser «Cristallo», welches früher als «Lostorfer» verkauft wurde.

Bad Lostorf hat auch eine rund 600-jährige Badetradition, früher allerdings mit einem nicht thermalen Wasser. In den Jahren 1969 bis 1974 wurde das Mineralwasser durch mehrere Bohrungen neu erschlossen, auch entstand in den 80-er Jahren in einem Stollen eine neue Quelfassung. Bis vor kurzem wurde auch ein Thermalbad betrieben: Das Wasser stammte aus einer Bohrung mit einer Wassertemperatur von 28°C. Neu ist ein grosses Thermalbad in Planung (Bau-eingabe 2011 vorgesehen).

## **7. Artesische Thermalwässer aus dem Rotliegenden (Perm) und Kristallin im Rheintal (westlicher Hochrhein)**

### **7.1 Generelle Situation**

In der Rheinebene zwischen Kaiseraugst und Laufenburg wurden bisher etliche artesisch gespannte Thermalwässer angebohrt, welche aus dem Rotliegenden (Perm) oder dem kristallinen Grundgebirge stammen und zum Teil entlang von tektonischen Störungszonen oder wasserdurchlässigen Schichten bis in die darüber liegenden Sedimente des Rotliegenden aufsteigen. Darüber liegend behindern gering durchlässige Gesteine, insbesondere die Sulfat-Schichten des Muschelkalks und des Keupers sowie tonige Serien von Lias und Dogger, grossflächig das weitere Aufsteigen des Thermalwassers und bewirken so eine artesische Spannung des seitlich aus höherem Druckniveau zufließenden Wassers.

Bisher wurden solche Thermalwässer in Rheinfelden (Thermalwasserbohrung «Engerfeld» 1983), Mumpf (Erdwärme-Versuchsbohrung 2009), Bad Säckingen (diverse Quellaustritte und Thermalwasserbohrungen in Kristallin und Rotliegendem, Kapitel 5) und in weiteren Tiefbohrungen (insbesondere die Nagra-Bohrung Kaisten 1984) angetroffen. Eine Bohrung in Kaiseraugst stiess auf stark mineralisiertes Wasser.

### **7.2 Thermalwasserbohrung Rheinfelden**

Im Frühjahr 1983 wurde am südöstlichen Stadtrand von Rheinfelden (Schweiz) eine 600 m tiefe Bohrung durchgeführt mit dem Ziel, Thermalwasser zu finden. Unter mächtigen Muschelkalk-Ablagerungen, welche die erwarteten abdichtenden Sulfat-Schichten enthielten, wurde im Perm (Rotliegendes) beim Durchfahren der Rheinfelder Verwerfung (dort als Störungszone im Rotliegenden) in 347 m Tiefe artesisch stark gespanntes und stark mineralisiertes Thermalwasser angetroffen. Auch das darunter liegende Kristallin enthielt wasserführende Zonen, und zwar von fast gleicher Temperatur und Zusammensetzung wie das Wasser aus der Störungszone.

Der hydrostatische Überdruck dieser Wässer gegenüber der auf 300 m ü. M. liegenden Terrainoberfläche beträgt beachtliche 8.3 bar (entspricht 83 m Wassersäule).

Bei freiem Auslauf konnten dauerhaft rund 1200-1250 l/min gefördert werden, wovon rund 160 l/min in 550 m Tiefe aus dem Kristallin ins Bohrloch fliessen. Die Auslauf-Temperatur dieser Wässer liegt an der Oberfläche bei 25-27°C; die Temperatur des aus dem Kristallin ins Bohrloch fliessenden Wassers beträgt in 550 m Tiefe 29°C. Es handelt sich um einen Natrium-Calcium-Hydrogenkarbonat-Sulfat-Chlorid-Säuerling, mit einer Gesamt-mineralisation von ca. 4'560 bis 4'570 mg/l. Eine Wasseranalyse sowie ein detailliertes Bohrprofil finden sich in Schmassmann et al. (1984) bzw. in Ryf (1984). Abb. 10 zeigt eine chemische Analyse im Vergleich mit anderen Thermalwässern.

Bemerkenswert ist der sehr hohe CO<sub>2</sub>-Gehalt im Thermalwasser. Das CO<sub>2</sub> stammt vermutlich, in Analogie zu Tiefenwasser-Vorkommen in weiter westlich und nordwestlich liegenden Bohrungen, aus grösseren Tiefen im Umfeld des Oberrheingrabens.

Wegen seiner Zusammensetzung, insbesondere dem hohen CO<sub>2</sub>-Gehalt, wurde das Rheinfelder Thermalwasser nicht nur für rheumatische Indikationen, sondern auch für Therapien bei kardio-vaskulären Krankheiten empfohlen.

Die Bohrung wurde für einen Betrieb mit korrosionsresistentem Spezialstahl ausgebaut, und ab 1985 wurde das Thermalwasser für knapp sieben Jahre balneologisch genutzt. Eine dauerhafte Nutzung konnte bisher aus betrieblichen Gründen nicht realisiert werden, deshalb wurde die Bohrung im Sommer 1994 nach Einstellung des bewilligten Badebetriebs abgedichtet und provisorisch verschlossen.

Die Thermalwasser-Bohrung gehört einer Stiftung, welche das Wasser künftig wiederum zu Heil- und Badezwecken (therapeutisch oder präventiv) einsetzen möchte. Kommt keine Nutzung zustande, so muss die Bohrung aus Sicherheitsgründen definitiv verschlossen werden (längerfristiges Risiko von Kurzschlüssen und unkontrollierten Auswaschungen und Auslaugung löslicher Gesteine). Weil der Muschelkalk in Rheinfelden auch abbaubare Salz-Schichten enthält, haben diese Sicherheitsvorgaben eine erhöhte Bedeutung. Siehe auch Kapitel 10.1 bezüglich des Solbads Rheinfelden.

### **7.3 Bohrung in Mumpf**

Eine Geothermie-Bohrung stiess in rund 185 m Tiefe im Perm auf einen Thermalwasser-Arteser (23°C, freier Auslauf von ca. 600 l/min). Das Wasser ist stark salzhaltig sowie deutlich eisenhaltig (8 g Cl, 4,7 g Na, jedoch nur 250-300 mg Sulfat). Auch enthält es viel freies CO<sub>2</sub> (Sachs & Müller 2009). Detailliertere Untersuchungen, inklusive Isotopen- und Altersbestimmungen, sowie Abklärungen betreffend möglicher Zusammenhänge mit dem Thermalwasser von Bad Säckingen sind zur Zeit durch Behördenstellen im Gang.



Abb. 10: Analysen der Thermalwässer von Baden - Ennetbaden, Bad Schinznach, Bad Zurzach und Rheinfelden.

[n.a. = nicht analysiert; BG = Bestimmungsgrenze].

	Baden Gr. Heisse Steinquelle 29.5.1986	Bad Schinznach Bohrung S3 13.2.2004	Bad Zurzach Bohrung 1 15.8.1985	Rheinfelden Bohrung Engerfeld 20.04.1983
Referenz	M.W. Labor	Labor Veritas	Labor Fresenius	Labor Fresenius
T [°C]	47	43	38	25
Mineralisation [g/l]	4.6	1.9	0.9	3.9
pH	6.3	6.7	8.1	6.4
Na [mg/l]	750	207	300	1020
K [mg/l]	62	12.0	7.2	36.1
Mg [mg/l]	101	61.3	0.3	48.1
Ca [mg/l]	552	260	14.5	261
Sr [mg/l]	5.6	3.6	0.6	5.8
Cl [mg/l]	1130	305	134	648
F [mg/l]	3	2.2	11.5	4.5
Br [mg/l]	3	n.a.	0.73	3.4
SO <sub>4</sub> [mg/l]	1440	682	262	993
HCO <sub>3</sub> [mg/l]	500	320	258	1471
H <sub>2</sub> S [mg/l]	1.4	51	<BG	<0.005
As [mg/l]	0.03	0.006	0.1	1.3
Fe gesamt [mg/l]	n.a.	<0.01	0.013	4.1
Isotope				
<sup>14</sup> C [pmc]	6 (*)	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>39</sup> Ar [%modern]	210 (*)	44	n.a.	n.a.
<sup>222</sup> Rn [Bq/l]	n.a.	n.a.	22.2	85

\*: Istopendaten von anderer Probe, siehe Blehler et al. 1993.

## 7.4 Tiefbohrung Kaisten

Die Nagra-Bohrung von 1984 liegt 3 km südwestlich des Bahnhofs von Laufenburg (CH) und ist geologisch detailliert untersucht (Abb. 11; Peters et al. 1989; Nagra 1991). Unter abdichtenden Schichten des Muschelkalks wurden einige artesischen Wasserzuflüsse angetroffen, so im Buntsandstein, im Perm und mehrere im kristallinen Grundgebirge.

Der grösste Zutritt von Tiefengrundwasser ins Bohrloch wurde im Kristallin, in einer Tiefe von 1040 m angetroffen, mit Wassertemperaturen um 50°C. Das zufließende Wasser ist ein ähnlicher Wassertyp wie Zurzach, aber etwas stärker mineralisiert (insbesondere mehr Sulfat).

Insgesamt wurden rund 1000 m Kristallin erbohrt. Für hydrogeologische Details sei auf die ausführlichen technischen Berichte der Nagra verwiesen.

Auf eine Nutzung dieses Thermalwassers wurde nach einer wirtschaftlichen Abwägung verzichtet, und die Bohrung wurde vor neun Jahren vollständig verfüllt.

## 7.5 Bohrung in Kaiseraugst

Die Bohrung «WB 5» erreichte in den Buntsandstein-Perm-Schichten Wasser mit Temperaturen im Grenzbereich thermal/



Abb. 11: Probenahme von Thermalwasser aus einer Nagra-Bohrung

subthermal (knapp 20°C). Es wurde eine hohe Mineralisierung festgestellt (Schmassmann et al. 1984). Auf Grund der Zusammensetzung liegt ein Mischwasser aus Kristallin, Perm und Buntsandstein vor. Zur Zeit findet keine Nutzung dieses Wassers statt.

## 8. Mineralwässer von Eptingen und Bad Ramsach

### 8.1 Eptingen (Kanton Basel-Land)

Heil- und Badekuren in Eptingen waren schon vor Jahrhunderten sehr beliebt. Um 1700 wurde ein grosses „Bad Eptingen“ erbaut; das gleichnamige Restaurant einige Jahrzehnte später. Bis ins frühe 20. Jahrhundert kam die Badekundschaft vor allem aus der Region Basel und dem Elsass. 1924 wurde der Badebetrieb eingestellt; das Bad wurde später in ein Wohnhaus umgebaut. Mit einer Gesamtmineralisation von 2.4 g/l ist das nitratfreie Wasser eines der reichhaltigsten der zur Zeit abgefüllten Mineralwässer der Schweiz. Die heutige Fassung liegt am Ende eines Fels-Stollens; die Quelle ist in Schmassmann et al. (1984) beschrieben. Um 1900 wurde mit dem Abfüllen des an Calcium, Magnesium und Spurenelementen reichen Wassers in Flaschen begonnen. Heute ist die Marke «Eptinger» ein weit verbreitetes natürliches Mineralwasser, welches trotz hoher Mineralisation für die naturumarme Ernährung geeignet ist.

### 8.2 Bad Ramsach (Kanton Basel-Land)

Das „Ramsacher Wasser“ mit dem Bad Ramsach liegt am Nordwesthang des Wisenbergs. Die Quelle entspringt auf einer Höhe von 800 m ü. M. und ist schon seit dem 15. Jahrhundert urkundlich erwähnt. Die Schüttung der Calcium-Sulfat-Mineralquelle beträgt im Mittel etwa 50 bis 70 Liter pro Minute.

Das „Ramsacher Wasser“ wird neben Badewasser auch für Trinkkuren verwendet und ist als Schweizer „Heilbad“ im Sinne des Krankenversicherungs-Gesetzes anerkannt.

Das Quellwasser hat eine leichte natürliche Trübung und eine mittlere Mineralisation von 1.3 g gelösten festen Stoffen pro Liter und ist reich an Calcium, Magnesium und Strontium.

## 9. Weitere Thermalwässer, Subthermen und stark mineralisierte Grundwässer

### 9.1 Generelle Situation

Der nördliche Kanton Aargau ist von seiner geologischen Struktur her (vgl. Tafel 1 in Kombination mit Figur 1) reich an Aufstössen von Tiefengrundwässern entlang von tektonischen Störungszonen, wie Überschiebungen und Verwerfungen. Im Molassebecken sind ebenfalls Mineral- und/oder Thermalwässer vorhanden, deren natürlicher Aufstieg an die Oberfläche ist jedoch nicht nachgewiesen.

### 9.2 Unteres Aaretal

#### Muschelkalk im unteren Aaretal

Aus Bohrungen in der Region Böttstein – Döttingen – Tegerfelden – Zurzach sind diverse Subthermalwasser-Funde bekannt (Abb. 1).

Speziell untersucht wurde die Bohrung Beznau (1979-1980, Gemeindegebiet Döttingen): Im oberen Muschelkalk wurde ein stark mineralisierter Arteser angetroffen (22.2°C; 6.5 g/l). Der artesische Überdruckspiegel schwankt im Bereich von 16 - 17 Metern über dem Gelände, was gegenüber dem lokalen Schottergrundwasserspiegel einer höheren Lage von gut 20 Metern entspricht. Bohrung und Thermalwasser sind beschrieben in Jäckli & Rissi (1981) bzw. Jäckli & Rissi (1984) und in Schmassmann et al. (1984) und Biehler et al. (1993).

#### Sandige Perm-Buntsandstein-Schichten im Mündungsgebiet Aaretal ins Rheintal

Aus Bohrungen in der Region Leuggern – Koblenz – Rietheim sind diverse Subthermalwasser-Funde bekannt, teils artesisch teils subartesisch.

### 9.3 Hochrhein und Tafeljura

Im Gebiet Frick - Kaisten - Laufenburg werden schon in geringen Bohrtiefen (40 m bis 150 m) relativ häufig artesisch und subartesisch, hoch mineralisierte Wässer angetroffen, welche primär durch die Auslaugung von Evaporiten entstanden:



### **Magden und Olsberg**

Am Fuss des Önsberges, südöstlich von Magden, entspringen drei stark mineralisierte Quellen aus dem Gipskeuper, welche 1924 zur *Magdalena-Quelle* gefasst wurden. Ursprünglich wurde damit ein Brunnen beliefert, in welchem sich Schwefel-Ablagerungen bildeten. Daraus entstanden die lokalen Bezeichnungen «Schwefelquellen» und «Schwefelbrunnen». Die Ergiebigkeit liegt bei 120-200 l/min.

Später wurden die Dorfbrunnen von Magden mit diesem Wasser beschickt. Diese Nutzung findet heute noch statt; die Quelfassung hat deshalb Trinkwasser-Schutzzonen. 1980 wurde die Quelfassung erneuert. Der Mineralgehalt beträgt 2.6 g/l; das Wasser wird von der Bevölkerung ab Brunnen in Flaschen abgefüllt (für Trink-Kuren). Es handelt sich um ein Ca-Mg-Sulfat-Wasser, mit bemerkenswerten Mengen von Strontium.

*«Feldschlösschen-Bohrungen» in Magden:* Die Brauerei Feldschlösschen hat in den 80er Jahren in Magden zur Erkundung und Beschaffung von Brauwasser fünf rund 200 bis 300 Meter tiefe Felsbohrungen errichtet (Details zu diesen Bohrungen finden sich in Biehler et al. 1993, S. 31). Die Wässer aus dem oberen Muschelkalk unterscheiden sich von Bohrung zu Bohrung leicht in ihrem Chemismus. Da sie keine hohe Mineralisation aufweisen, werden sie hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Die Wasser-Temperaturen liegen um 20°C.

In Olsberg läuft seit sehr langer Zeit eine Mineralwasser-Quelle frei aus, welche im Wasserchemismus sehr ähnlich zur Magdalena-Quelle ist (Mineralgehalt rund 2.5 g/l). Sie wird in einen öffentlich zugänglichen Brunnen geleitet (früher «Rösslibrunnen», heute *«Schwefelbrunnen»* genannt). Die Ergiebigkeit beträgt rund 50 l/min. Der Überschuss und Überlauf fliesst in den nahe gelegenen Violen-Bach. Die Quelfassung wurde 2007 vollständig erneuert. Wie in Magden, wird auch dieses Mineralwasser von der Bevölkerung ab Brunnen für Trink-Kuren in Flaschen abgefüllt.

### **Rheinfelden (Kapuzinerquelle)**

Die Fassung liegt südlich des Bahnhofs, das «kalte» Wasser stammt aus der unteren bis mittleren Trias. Seit der fachmännischen Fassung von 1920 floss das Wasser mit einer Ergiebigkeit von rund 200-250 l/min bis vor wenigen Jahren in eine Abfüll-Anlage und in einen öffentlichen Trinkbrunnen. Heute wird die Quelle nicht mehr genutzt und fliesst in einen Bach. Das Wasser ist zwar eher schwach mineralisiert (0.8 g/l), enthält aber auf Grund älterer Analysen viel Borsäure, Eisen und auch etwas CO<sub>2</sub>.

### **Bohrung Frick**

Die Vereinigten Schweiz. Rheinsalinen haben 1955 im östlichen Dorfteil von Frick nach Salz gebohrt und stiessen auf

Mineralwasser in den Trias-Schichten, welche mit einer Temperatur von 19-20°C im Grenzbereich thermal/subthermal liegt. Erbohrt wurde in 151 m Tiefe ein Arteser, welcher rund 40 l/min lieferte (Arbeitskreis Dorfgeschichte der Gemeinde Frick, 2007). Drei Jahre lang wurde über eine Nutzung als Mineralwasser diskutiert. Wegen des «bitteren Geschmacks» wurde jedoch davon abgesehen und die Quelle wurde verschlossen.

### **Salzquelle Sulz-Bütz (Fricktal)**

Im Ortsteil Bütz (zwischen Sulz und Rheinsulz gelegen) entspringt an der westlichen Talflanke eine seit über 500 Jahren bekannte Salzquelle und fliesst in einem 1806 gemeinsam mit der Quelfassung erstellten Kanal rund 300 m weit talparallel und dann in den Sulzer Bach. Diese Bauwerke sind heute nicht mehr zu sehen und wurden gemäss Auskunft von Ortsansässigen durch Bauten im späten 20. Jahrhundert zumindest teilweise zerstört oder umgebaut.

Die Mineralisation der Salzquelle besteht in erster Linie aus Steinsalz und in zweiter Linie aus Gips. Die Mineralisation des «kalten» Salzwassers schwankt beträchtlich (je nach Literaturangabe zwischen 1.3 und 7 g/l) und ist offenbar abhängig von der Verdünnung mit Oberflächenwasser und damit mit der Schüttungsmenge, welche ihrerseits im Bereich von 70 bis 400 l/min variiert. Es handelt sich in der weiteren Umgebung der Nordschweiz um die grösste frei austretende Quelle, welche hauptsächlich mit Steinsalz mineralisiert ist. Ihre Entstehung dürfte mit einer in der Nähe durchziehenden tektonischen Störung zusammenhängen (Mettauer Überschiebung). Eine aktuelle Beschreibung mit Literaturangaben findet sich in einem Fachbericht der Firma Schneider & Matousek (1994).

### **Quellen Kaisten**

Im oberen Dorfteil von Kaisten sind zwei alte Mineralquellen aus dem Muschelkalk bekannt: Die Tuttigraben-Quelle (Mineralisierung ca. 1.1 g/l) und die Oberdorf-Quelle, welche etwas stärker mineralisiert ist. Beide haben einen schwankenden Erguss von maximal je einigen Hundert l/min und zeigen keine erhöhten Temperaturen (Schmassmann et al., 1984). Früher lieferten die Quellen Wasser für die Laufbrunnen, heute werden diese Quellen nicht mehr genutzt.

## **9.4 Faltenjura und Vorfaltenzone**

### **Densbüren, Ortsteil Asp**

In der Gemeinde Densbüren wurden früher mehrere Muschelkalk-Quellen für die Speisung von Laufbrunnen genutzt. Zudem läuft im Weiler Asp noch heute eine natürliche Gipswasser-Quelle in einen Laufbrunnen. Dieser liegt neben einem Restaurant und ist für die Nutzung zugänglich. Eine kurze geologische Beschreibung findet sich in Ziegler (1967).

Ebenfalls in Asp, jedoch im Tal an der Hauptstrasse, wurde im Jahr 1979 im Bereich der Hauptüberschiebung des Faltenjuras

auf den Tafeljura vom Kanton Aargau zur Grundwassererkundung eine Felsbohrung bis in eine Tiefe von 237 m niedergebracht. Gefunden wurde subartesisch gespanntes Muschelkalkwasser unter einer Keuper-Überdeckung, wahrscheinlich ist auch etwas oberflächennahes Wasser beigemischt. Die Temperatur von 16-17°C und die starke Mineralisierung (rund 0.9 g/l) würden bei einer Nutzung für Trinkwasserzwecke eine teure Aufbereitung bedingen. Bemerkenswert sind die hohen Gehalte an Strontium (1.75 mg/l) und CO<sub>2</sub> (ca. 45 mg/l).

#### **Erlinsbach**

Nördlich des Dorfes liegt die «Lorenzenbad-Quelle», bestehend aus zwei Teilquellen, welche mit einer Temperatur von 16.1-17°C aus dem oberen Muschelkalk fließen. Die Schüttmenge schwankt niederschlagsabhängig zwischen 500 und 1400 l/min. Der Mineralgehalt ist mit rund 0.7 g/l deutlich geringer als in den umliegenden Muschelkalk-Quellen. Die Quelle dient der Gemeinde als Trinkwasser: das Quellwasser wird via Entkeimungsanlage ins Leitungsnetz gegeben. Bemerkenswert sind auch hier die Gehalte an Strontium (ca. 1mg/l) und CO<sub>2</sub> (ca. 40 mg/l).

Eine Quelle in ähnlicher hydrogeologischer Position, ebenfalls subthermal, ist aus dem östlichen Nachbardorf Küttigen überliefert («Fischbach-Quelle»). Diese Quelle wird jedoch nicht genutzt; sie ist in Hartmann (1925) beschrieben.

#### **Faltenjura im Abschnitt Oberhof-Thalheim - Linnerberg**

In der Faltenjura-Front der Linie südliches Gebiet von Oberhof - Bänkerjoch - Staffelegg - Thalheim sind diverse, heute nicht oder kaum genutzte, stark mineralisierte Quellwässer aus Muschelkalk und Gipskeuper überliefert.

Hinzu kommen Kenntnisse aus einer 62 m tiefen Grundwasser-Bohrung bis in den Fels unterhalb des Weilers «Hurstet» in Oberhof aus dem Jahr 1978. Darin wurde ein Muschelkalk-Wasser mit einer Mineralisierung von 1.5 g/l gefunden, davon 3,4 mg/l Strontium und 1,3 mg/l Eisen. Die Bohrung ist noch zugänglich, das Wasser wird aber nicht genutzt. Auch dieses Wasser ist reich an CO<sub>2</sub> (rund 50 mg/l).

Im Linnerberg liegen die Bözberg-Tunnels von Bahn und Autobahn. Beim Bau dieser Tunnels wurde mehrfach hoch mineralisiertes Bergwasser angetroffen. Dessen betonkorrosive Eigenschaften bedingten einen erheblichen Zusatzaufwand beim Bau des Autobahntunnels (Wegmüller 2001).

#### **Schinznach - Dorf**

Bedeutend sind die Warmbach-Quellen aus dem oberen Muschelkalk. Sie liegen am westlichen Dorfrand und bestehen aus zwei nebeneinander liegenden Quellen mit hohem Ertrag (rund 1 200 l/min). Die Temperatur ist gegenüber oberflächennahem Quellwasser nur leicht erhöht (rund 13°C), weil durch verkarsteten Fels auch viel einsickerndes Oberflächenwasser mit einer kurzen Aufenthaltszeit zufließt. Deshalb sind auch gelegentlich bakteriologische Verunreinigungen festzustellen. Die Quellen werden für die Trinkwasserversorgung genutzt und

besitzen die entsprechenden Schutzzonen. Diese erstrecken sich wegen der ausgedehnten oberflächlichen Karst-Zuflüsse auf das Gebiet von mehreren Gemeinden.

Rund 160 m westlich der Warmbach-Quellen entspringt eine weitere Mineralquelle, die «Schenkenberg-Quelle» (Nussberger et al. 1937). Sie wird privat zu Trinkwasser-Zwecken genutzt und hat Schutzzonen. Das 12°C warme Wasser kommt auch mit dem Gipskeuper in Kontakt (Gehalt 2.4 g/l) und hat eine Ergiebigkeit von ca. 30 bis 40 l/min.

#### **Wildeggen: Jodhaltige „Salz-Quelle“**

Am Südwestrand des Chestenbergs wurde 1827 beim Suchen nach artesischem Wasser ein stark jodhaltiges (Iodid-Gehalt bis 33 mg/l) Grundwasser erbohrt. Diese liegt auf einer Kote von 240-245 m ü. M. innerhalb der Effinger Schichten und ist auch beim Abpumpen wenig ergiebig. Darüber strömt aus oberflächennahen, kalkigen Malm-Lagen wenig mineralisiertes Wasser zu. Die Quelle ist in Hartmann (1925) ausführlich beschrieben, mit Angaben zur Wasserchemie. Eine aktuelle Beschreibung findet sich in Brunner (1973).

Der Jod-Gehalt soll im Lauf der Jahrzehnte abgenommen haben und in den 20-er Jahren des 20. Jahrhunderts noch 7-8 mg/l betragen haben. Bis 1964 wurde das Wasser abgefüllt und vertrieben, beispielsweise zur Jodmangel-Prophylaxe. Seither ist die Bohrung stillgelegt, jedoch wurde 1977 der begehbare Brunnenschacht erneuert. Eine hydrochemische Beschreibung findet sich in Schmassmann (1990 b).

## **9.5 Molassebecken**

#### **Gemeinde Gontenschwil:**

##### **Mineralquelle Bad Schwarzenberg**

Um 1640 wurde die so genannte „Mineralquelle Bad Schwarzenberg“ südwestlich des Dorfes Gontenschwil von Goldgräbern entdeckt. Aufgrund der ersten chemischen Analysen von 1857 und 1880 wurde das Wasser den «leicht verdaulichen, alkalischerdigen Mineralwässern» zugeordnet. Eine erhöhte Wassertemperatur ist nicht überliefert und die Mineralisation liegt deutlich unter 1 g/l. Auf Grund von neueren Analysen dürfte es sich um ein rezent Molassewasser handeln (Schmassmann 1990b; Schmassmann et al. 1984).

Die Quelle Bad Schwarzenberg geriet zeitweise in Vergessenheit und verlor an Bedeutung als Heilquelle. Aus historischen Dokumenten lässt sich die Wiederinbetriebnahme der Quelle auf ca. 1780 festlegen. Um diese Zeit wurden Stollen in den «Sandberg» getrieben, um Kohle zu suchen, was die Neubenutzung erklären dürfte.

Die Anwendung erfolge sowohl als Bad als auch als Getränk. Ab 1917 erscheint die Quelle nicht mehr in den Bäderverzeichnissen; sie wurde nur noch als Tafelwasser vertrieben. 1975 wurde die Mineralquelle Bad Schwarzenberg AG als Unterneh-



men von einer anderen Getränkefirma übernommen. 1991 erfolgte der Verkauf des Areals mit stillgelegtem Abfüllbetrieb unter der Auflage, dass die Abgabe des Wassers ausserhalb des Gasthauses zu unterlassen sei. Es fehlte jedoch nicht an Versuchen, den Abfüllbetrieb wieder aufzunehmen (Gemeinde Gontenschwil, 2008). Heute wird das Schwarzenberger Mineralwasser nur im Gasthaus genutzt. [Quelle zu den historischen Angaben: Müller, A. 1994].

#### **Gemeinde Gränichen: Bad-Quelle**

In den 20-er Jahren des 19. Jahrhunderts wurden am östlichen Dorfrand von Gränichen ein Bad sowie ein Restaurant eingerichtet, welche am Ort einer natürlichen Quelle lagen. Diese wurde auf Grund einer damaligen Analyse als «eisenhaltiger Säuerling» charakterisiert und sowohl als Bad als auch als Mineralquelle genutzt (Widmer-Dean, 2003). Das Areal wurde zu einem grösseren Kurbetrieb ausgebaut, welcher bis 1910 (Grossbrand der Gesamtanlage) gut frequentiert war. Danach wurde das Restaurant wieder aufgebaut, die Blütezeit des Badebetriebs war jedoch vorbei. Gemäss moderneren Untersuchungen handelt es sich um eine oberflächennahe, rezente Molassequelle (Schmassmann 1990b; Schmassmann et al. 1984).

#### **Seon: warmes Tiefengrundwasser in quartärem Schotter**

Am Ostrand des Dorfes Seon wurde 1989 in einer Tiefe von knapp 300 m, unter 230 m kaltzeitlichen Seeablagerungen, ein ca. 50 m mächtiger Schotter-Grundwasserleiter angetroffen, welcher 19.5°C warmes Wasser enthält. Dies bestätigte die aus anderen Bohrungen abgeleitete Hypothese, dass im mittleren bis unteren Seetal eine weiträumige und grosse glaziale Überbiefung vorliegt, in welcher auch tief liegende, nutzbare Schottergrundwässer vorhanden sind. Dabei sei insbesondere auf die Nagra-Bohrung in Schafisheim verwiesen (Matter et al. 1988). Das Wasser hat ein Misch-Alter von etwa 7 000-8 000 Jahren und ist sauerstofffrei sowie subartesisch gespannt (Matousek & Graf, 1998). Trotzdem ist es nicht stark mineralisiert und kann mit 14.5°fH sogar als «weich» eingestuft werden. Dank dieser Eigenschaften konnte es nach einer Aufbereitung sowohl zur Wärmergewinnung als auch für Trinkwasserzwecke vorgesehen werden. 1994 wurde eine Produktionsbohrung in dieses Wasservorkommen abgeteuft. Das Wasser wird zu einwandfreiem Trinkwasser aufbereitet, mit Wärmetauschern auf ca. 10°C abgekühlt und ins Trinkwassernetz von Seon eingeleitet. Mit der gewonnenen Wärme werden mehrere grosse Fernwärmenetze beliefert.

Seit mehr als 10 Jahren produziert die Kombinationsanlage im Dauerbetrieb, mit einer (noch ausbaufähigen) Wärme-Nennleistung von 1.35 MW und einer installierten Förderleistung von 1650 l/min. Pro Jahr werden mehr als 500 000 m<sup>3</sup> Trinkwasser produziert.

Weitere Angaben zu diesem fossilen Wasser finden sich in Matousek & Graf (1998) sowie in <Gemeinderat Seon> (2001).

## **10. Künstlich hergestellte Heilwässer durch Auslaugung von Gestein**

Dabei handelt es sich nicht um natürliches Grundwasser oder Mineralwasser, sondern um durch Gesteinslaugung künstlich erzeugte Mineralwässer. Deshalb werden diese Wässer hier nicht speziell behandelt. Auf eine längere Tradition im Aargau können die Solbäder in Rheinfelden sowie das Bitterwasser von Birmenstorf zurückblicken (Hartmann 1925).

### **10.1 Solbäder in Rheinfelden**

Die ausgedehnten Salzlager in der mittleren Trias wurden in der Umgebung von Rheinfelden 1836 entdeckt und durch Bohrungen erschlossen. Im Anschluss daran entstanden Bäder, welche das aus der Solung stammende Salzwasser verwendeten.

An die Heilbäder abgegeben werden kann einerseits eine «natürliche» Salzsole («Rheinfelder Natursole»), andererseits die «Mutterlauge von Rheinfelden», welche gegenüber der natürlichen Salzsole künstlich verändert wurde, zum Beispiel durch Anreicherung von Jod, Brom oder Borsäure sowie durch Abreicherung von Gips, Kalk und Steinsalz. Die Rheinfelder Natursole kann rund 320 g gelöste Stoffe pro Liter Wasser enthalten (fast eine gesättigte NaCl-Lösung). Das Badewasser wird in der gewünschten Mineralstärke und Temperatur hergestellt und demzufolge etwa 1:10 mit Wasser verdünnt. Die Soletätigkeit wurde in Rheinfelden 1942 eingestellt, seither beziehen die Bäder ihren salzigen Rohstoff von der nahe gelegenen Saline Riburg.

### **10.2 Bitterwasser von Birmenstorf**

Das Bitterwasser wurde ab Mitte des 19. Jahrhunderts durch Auslaugung von Keuper-Gesteinen hergestellt, welche bergmännisch aus einem Stollen gewonnen wurden. Die Mineralien wurden aus Gips-haltigen Schichten gelöst. Insbesondere wurden die leicht löslichen Salze Bittersalz (Epsomit, Mg-Sulfat) und Glaubersalz (Mirabilit, Na-Sulfat) in einem Mengenverhältnis von 3:1 gewonnen. Das künstliche Mineralwasser wurde als «Birmo-Mineralwasser» vertrieben (Nussberger et al. 1937). Ein Liter abgefülltes Wasser enthielt 33 - 34 g gelöste Mineralbestandteile, davon 95 % Natrium- und Magnesium-Sulfat. Herstellung und Vertrieb sind seit längerem eingestellt.

## 11. Nutzungsmöglichkeiten, Nutzungskonflikte und Schutzmassnahmen

Die Problematik von Nutzungskonflikten und Schutzmassnahmen wird hier nur kurz gestreift; eine ausführliche Darstellung dieser Thematik findet sich in Burger (2009).

### 11.1 Nutzung und Konflikte

Die Nutzer der Thermal- und Mineralwässer benötigen in der Regel eine Bewilligung oder Konzession. Diese soll gewährleisten, dass eine nachhaltige Nutzung stattfindet und dass bereits bestehende Nutzungen nicht beeinträchtigt oder gefährdet werden. Konzessionen verleihen dadurch dem Nutzer auch einen gewissen Schutzanspruch gegenüber potenziellen Neunutzern.

Der Bund kann gemäss Art. 76 der Bundesverfassung Grundsätze zu Eingriffen in die Wasserkreisläufe festlegen. Dies hat er im Gewässerschutz-Gesetz sowie der zugehörigen Gewässerschutz-Verordnung bis zu einem gewissen Grad getan. Gemäss gleichem Verfassungsartikel verfügen die Kantone über die Wasservorkommen und deren Nutzungsrechte. Daraus abgeleitet sind bei Wassernutzungen jeglicher Art auch die öffentlichen Interessen zu berücksichtigen. Umgekehrt ist bei anderen Nutzungen des Untergrundes auch die Gewässernutzung (inklusive Tiefengrundwasser) zu berücksichtigen.

Nutzungskonflikte entstehen insbesondere durch intensive bis exzessive nachbarschaftliche Nutzungen sowie durch anderweitige Nutzungen des Wassers oder des Untergrundes: Übernutzung des Aquifers, geothermische Nutzungen, Zwangsdrainagen oder Durchflussbehinderungen durch neue Untergrund-Bauwerke, Perforationen und Kurzschlüsse von Aquiferen durch Bohrungen, Salzlaugung, Bergbau und Felsabbau. Konflikte können auch entstehen, wenn der Inhaber der Nutzungsrechte das Wasser anderweitig nutzen will, z. B. nur noch geothermisch an Stelle einer direkten Wassernutzung.

### 11.2 Mögliche Schutzmassnahmen für Thermal- und Mineralwässer

Die Kantone sorgen beim qualitativen und quantitativen Erhalt der Mineral- und Thermalwässer für die Berücksichtigung der öffentlichen Interessen und der Rechte von bisherigen Nutzern. Dabei sind insbesondere die Bestimmungen des Gewässerschutz-Gesetzes bezüglich der Einhaltung der Sorgfaltspflichten, der Schutzmassnahmen für die Grundwässer und der langfristigen Erhaltung (und Trennung) von natürlichen Grundwasserstockwerken zu beachten.

Konkrete Schutzmassnahmen für Thermalwässer und Tiefengrundwässer generell können auch aus der neuen Vollzugshilfe des BAFU für die Erdwärmenutzung (2009) abgeleitet werden.

## 12. Glossar: Erklärung einiger Fachausdrücke

**Abscherhorizont** - Horizontale bis leicht geneigte Gleitzone zwischen einem überschobenen und einem nicht bewegten Gesteinsverband. Im Faltenjura fallen speziell die extrem duktil verformbaren Evaporit-Lagen der Trias darunter (Anhydrit, Salz, Gips), zum Teil auch tonige Schichten (z. B. der Opalinuston).

**Anhydrit** - Mineral- und Gesteinsname für Calciumsulfat  $\text{CaSO}_4$  (wasserfreier Gips).

**Arteser** - Wasseraustritt aus einem künstlich geschaffenen Aufschluss (Bohrung, Schacht, Tunnel), welcher einen hydrostatischen Druck aufweist, der oberhalb des Geländeniveaus liegt.

**Aquifer**: siehe Grundwasserleiter

**Antiklinale** - regionale Aufwölbung in einem Schichtstapel von Sedimentgesteinen, äussert sich auch morphologisch, beispielsweise in Form eines länglichen Bergrückens.

**Buntsandstein**: siehe Trias

**Evaporite** - Chemisches Sedimentgestein, das durch Ausfällung gelöster Stoffe in offenen verdampfenden Gewässern (Seen oder Meere) gebildet wird. Ausscheidungsabfolge: Sulfate (Gips / Anhydrit) → Steinsalz → Kalisalze.

**Gips** - Mineral- und Gesteinsname für wasserhaltiges Calciumsulfat ( $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ).

**Grundgebirge** - Alter Gesteinskomplex, der aus kristallinen, d.h. magmatischen und metamorphen sowie eventuell auch alten sedimentären Gesteinen besteht und von jüngeren Sedimenten, d.h. dem *Deckgebirge* überlagert wird. Der Begriff wird in der Nordschweiz verwendet für *kristallines Grundgebirge* und für sehr alte, prä-mesozoische Sedimentserien (meist Perm- und Karbon-Alter, z.B. *Permokarbon-Tröge*).

**Grundwasser** - Generelle Bezeichnung für unterirdisches Wasser, das vor allem infolge der Versickerung von Niederschlägen und Oberflächengewässern in die Gesteine des Untergrundes eindringt und dort Poren und andere Hohlräume zusammenhängend ausfüllt. Dabei wird die Grundwasserbewegung fast ausschliesslich von der Schwerkraft (hydraulischer Gradient) und den durch die Bewegung selbst induzierten Reibungskräften bestimmt.

**Grundwasserhemmer** (Aquitard) - Gesteinskörper, der relativ zu einem benachbarten Gesteinskörper praktisch wasserundurchlässig ist. Beispiel: tonige Gesteine.

**Grundwasserleiter** (Aquifer) - Gesteinskörper, der aufgrund seines Gehaltes an Hohlräumen in der Lage ist, Grundwasser weiterzuleiten. Der Begriff wird vor allem im Zusammenhang mit gegenwärtig genutzten oder zukünftig nutzbaren Grundwasservorkommen verwendet.

**Hydrostatischer Druck** (hydraulischer Schweredruck) - Druck, der an einem Raumpunkt im Inneren einer ruhenden Flüssigkeit herrscht; der hydrostatische Druck ist gleich dem Gewicht pro Flächeneinheit der über dem Raumpunkt liegenden Wassersäule.



**Isotop** - Nuklide, d.h. Atome gleicher Kernladungszahl bzw. Ordnungszahl (Protonen) und unterschiedlicher Neutronenzahl bzw. Massenzahl (Atomgewicht) eines Elementes. Isotope eines Elementes verhalten sich chemisch ungefähr gleich, weisen aber unterschiedliche physikalische Eigenschaften auf, wie z.B. die Radioaktivität gewisser Isotope.

**Jura** - Bezeichnung einerseits für das mittlere stratigraphische System innerhalb des Mesozoikums und andererseits für die tektonische Einheit des Jura-gebirges, dessen Gesteine vorwiegend aus Ablagerungen der Trias und des Jura bestehen. Die Jura-Ablagerungen gliedern sich zeitlich in *Lias* (ältest), *Dogger* (mittlere Lagen) und *Malm* (jüngst). In der Schweiz gliedert sich das Jura-gebirge in den von der alpinen Gebirgsbildung beeinflussten Faltenjura (dabei wurde der mesozoische Sedimentstapel teilweise durch einen aktiven (Fern-) Schub aus den Alpen komprimiert) und den Tafeljura, wo die Gesteinsschichten seit ihrer Entstehung etwa in der gleichen Lage verharren; lediglich die Hebung des Schwarzwaldes und die Absenkung des Molassetrogs verursachte eine leichte (Südost-)Neigung des Schichtstapels. Neben Faltenjura ist auch «Kettenjura» als Bezeichnung gebräuchlich.

**Keuper**: siehe Trias. Gesteinsserie, welche in der Nordschweiz vor allem tonige und evaporitische Sedimente enthält.

**Malm** - Bezeichnung für die obere (jüngste) stratigraphische Abfolge innerhalb des Jura-Zeitalters. Besteht in der Nordschweiz überwiegend aus Kalken und Mergeln.

**Mesozoikum** - Bezeichnung für die Abfolge der Sedimentgesteine zwischen dem Paläozoikum (älter als 251 Mio. Jahre) und dem Känozoikum (Tertiär und Quartär; jünger als 65 Mio. Jahre). Das Mesozoikum besteht aus den Schichten der *Trias*, des *Jura* und der *Kreide*.

**Mineralwasser** - Grundwasser, welches einen erhöhten Gehalt an gelösten Stoffen enthält (in der Regel mehr als 1 Gramm pro Liter)

**Muschelkalk** - Gesteins-Serie der Trias, hauptsächlich bestehend aus wasserführenden Karbonaten (Kalk, Dolomit) und aus wasserlöslichen Evaporiten.

**Perm** - Bezeichnung für das oberste (jüngste) stratigraphische System innerhalb des Paläozoikums. Es umfasst in der Nordschweiz mächtige sandig-tonige Sedimentserien (Rotliegendes).

**Porenwasser** - Wasser im offenen Porenraum des Gesteins, das entweder advektiv zirkuliert, d.h. in die Grundwasserzirkulation einbezogen ist und / oder für diffusiv transportierte gelöste Stoffe zugänglich ist (und sich darin von den isolierten Flüssigkeitseinschlüssen unterscheidet). Der Chemismus des Porenwassers wird durch Gestein- / Wasser-Wechselwirkungen beeinflusst.

**rezent Wasser** - Grundwasser-Bildungen der geologischen Gegenwart, also mit einer durchschnittlichen Verweilzeit im

Untergrund von maximal einigen Hundert Jahren. Gegenteil: *fossiles Wasser*.

**Rotliegendes**: siehe Perm

**SPA** - Der Begriff SPA kommt vom belgischen Mineralquellen-Kurort Spa, welcher seit Jahrhunderten von Engländern stark frequentiert wird. In England wurde «Spa» schon lange zu einem Synonym für «Thermalwasserbad / Mineralwasserbad». Häufig kolportiert, jedoch nicht belegt ist, dass der Begriff von der Abkürzung eines lateinischen Spruchs (*sanus per aquam*, «Gesundheit durch Wasser») stammt. SPA steht heute international als Sammelbegriff sowohl für die Anwendung von Thermal- und Heilbädern als auch für körperliche Wellness-Aktivitäten in Hotels im allgemeinen.

**Störung, Störungszone** - Bezeichnung für Trennflächen im Gebirge, an denen eine relative Verschiebung der getrennten Gesteinsschollen erkennbar ist (Ab-, Auf-, Über- und Blattverschiebung). Störungen entstehen unter spröden Verformungsbedingungen (oberflächennahe Bewegungsaktivität). Eine Störungszone ist aus mehreren parallelen oder netzförmig miteinander verbundenen Trennfugen aufgebaut.

**subartesisch** - Grundwasser-Aquifer, welcher durch einen Aquitard gegen oben abgedichtet ist und der einen hydrostatischen Druck aufweist, welcher oberhalb des Niveaus der Grenzfläche Aquifer / Aquitard liegt, jedoch noch unterhalb der Geländeoberfläche.

**Subthermales Wasser** - Grundwasser, welches eine im Vergleich mit oberflächennahem Wasser erhöhte natürliche Temperatur besitzt, die Grenze zum Thermalwasser aber nicht erreicht.

**Thermalwasser** - Grundwasser, welches eine natürliche Temperatur von mindestens 20°C aufweist.

**Tiefengrundwasser** - Grundwasser, das in grösserer Tiefe (meist > 200m) vorkommt und im allgemeinen neben einer erhöhten Temperatur auch eine erhöhte Mineralisierung aufweist.

**Trias** - Bezeichnung für das untere (älteste) stratigraphische System innerhalb des Mesozoikums. Es umfasst in der Nordschweiz mächtige Evaporite und Tongesteine sowie Grundwasserleiter aus Sandstein, Kalk und Dolomit. Zur Trias gehören die drei zeitlich gegliederten Sedimentabfolgen Buntsandstein (ältest), Muschelkalk (mittlere Lagen) und Keuper (jüngst).

**Vorfaltenzone** - Tektonische Zone, welche zwischen dem Tafeljura im Norden und dem Faltenjura im Süden liegt und durch geologische Prozesse leicht deformiert wurde.

**Vorfluter** - Gewässer, das ein anderes aufnimmt.

**Wasserführende Schicht(en)** - Gesteinsschicht, die eine höhere Durchlässigkeit besitzt als die umgebenden Gesteine. Die Durchlässigkeit kann auf erhöhte Porosität (z.B. in Schotter), auf eine Zerklüftung des Gesteins (Kluftwasser), auf eine Verkarstung oder auf eine Kombination von mehreren dieser Phänomene zurückzuführen sein. Wenn Bedingungen vorliegen, die für eine Grundwassernutzung in Frage kommen (genügende Mächtigkeit und Durchlässigkeit) wird eine solche Gesteinsschicht als Aquifer bezeichnet.

## Verdankungen

Den Herren D. Traber, A. Lambert und A. Gautschi (Nagra) danke ich bestens für die Mithilfe bei der Datenbeschaffung (Analytik) und die Überlassung von Bildmaterial sowie für einzelne wissenschaftliche Beiträge und Literaturhinweise. Frau M. Wildi vom AGIS-Team des KAI (Kt. Aargau) danke ich für die Mithilfe beim Erstellen der Übersichtskarte (Abb. 1). Herrn R. Foelix (Redaktor) danke ich für die gute Zusammenarbeit und die Mithilfe beim Abstract.

## Literatur

- Ammann, G. (2001): 100 Jahre Quellenkarte des Kantons Aargau (Mühlbergatlas). UMWELT AARGAU, Sondernummer 11, S. 20-60. Departement Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau.
- Arbeitskreis Dorfgeschichte der Gemeinde Frick (2007): Sie bohrten nach Salz und stiessen auf eine Mineralquelle. In: Frick – Gestern und heute 10/2007. FF Druck AG, Frick.
- BAFU, Bundesamt für Umwelt (2009): Wärmenutzung aus Boden und Untergrund. Vollzugshilfe für Behörden und Fachleute im Bereich Erdwärmenutzung. Umwelt-Vollzug Nr. 09/10, Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Balmer, H. (1987): Zur Geschichte von Bad Schinznach. Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. [VSP], Vol. 53, Nr. 125, S. 23-32.
- Biehler, D., Schmassmann, H., Schneemann, K. & Sillanpää, J. (1993): Hydrochemische Synthese Nordschweiz. Dogger-, Lias-, Keuper- und Muschelkalk-Aquifere. Nagra Techn. Bericht NTB 92-08.
- Bitterli-Dreher, P., Graf, H. R., Naef, H., Diebold, P., Matousek, F., Burger, H., & Pauli-Gabi, T. (2007): Erläuterungen zum Geolog. Atlasblatt 1070 Baden. Geol. Atlas der Schweiz 1:25'000, 120, Bundesamt für Landestopografie, Bern.
- Bitterli, T., Graf, H. R., Matousek, F. & Wanner, M. (2000): Erläuterungen zum Geologischen Atlasblatt 1050 Zurzach. Geol. Atlas der Schweiz 1:25'000, 102, Bundesamt für Landestopografie, Bern.
- Brunner, O. (1973): Die Jodwasserquelle. In: Einwohnergemeinde Möriken-Wildegg. Eigenverlag Gemeinde.
- Burger, H. (2009): Vorkommen, Nutzung und Schutz von Thermalwässern und Mineralwässern im Kanton Aargau: eine Übersicht. Swiss Bull. angew. Geologie, Vol. 14, S. 13 - 27.
- Cadisch, J. (1956): Über die Wiedererbohrung der Therme von Zurzach (Kt. Aargau). Eclogae geol. Helv. 49/2, S. 313-316.
- Diebold, P. (1986): Erdwissenschaftliche Untersuchungen der Nagra in der Nordschweiz. Strömungsverhältnisse und Beschaffenheit der Tiefengrundwässer. Mitt. Aargau. Naturf. Ges. 31, S. 11-51.
- Doppler, H. (1976): Der römische Vicus Aquae Helveticae, Baden. Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, Basel.
- Gorhan, H. L. & Griesser, J. C. (1988): Geothermische Prospektion im Raume Schinznach Bad – Baden. Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Serie 76.
- Gemeinderat Seon (2001): Tiefengrundwasser-Pumpwerk Hallenbad mit Fernwärmeversorgung (Werkbeschreibung). Eigenverlag Gemeinde Seon.
- Graf, H. R., Bitterli-Dreher, P., Burger, H., Bitterli, T., Diebold, P. & Naef, H. (2006): Geologische Karte Blatt 1070 Baden (mit Beiträgen von R. Schürch). Geol. Atlas der Schweiz 1:25'000, Karte 120.
- Gemeinde Gontenschwil (2008): Gondischwiuer Dorfzytig Februar 2008, Textpassage ohne speziellen Titel, S.17-18.
- Hartmann, A. (1925): Die Mineral- und Heilquellen des Kantons Aargau. Mitt. Aarg. Naturf. Gesellsch., Heft 17.
- Högl, O. (1980): Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz. Verlag P. Haupt, Bern.
- Jäckli, H. & Rissi, A. (1981): Die Kernbohrung Beznau. Eclogae geol. Helv. 74/1, 285-290.
- Jäckli, H. & Rissi, A. (1984): Hydrogeologische Verhältnisse.- In: Nagra (Ed.): Die Kernbohrung Beznau. - NTB 84-34, 96-108, Nagra.
- Kanz, W. (2003): Zurzach, Schinznach, Baden: Thermalwasser kennt keine Grenzen. in: UMWELT AARGAU, Sondernummer 15, S. 35-38. Departement Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau.
- Kanz, W. (2005): Die Badener Thermalquellen - neue Erkenntnisse zur Frage ihres Ursprungs. Badener Neujahrsblätter 2005, 122 - 129.
- Laubscher, H.P. (1987): Die tektonische Entwicklung der Nordschweiz. Eclogae geol. Helv. 80/2, 287 - 303.
- Matousek, F. & Graf, H. R. (1998): Trinkwasser und Wärme aus 300 Metern Tiefe. In: Gas, Wasser, Abwasser 1/98. Schweiz. Verein des Gas- und Wasserfaches (SVGW), Zürich.
- Matter, A., Peters, T., Bläsi, H. R., Schenker, F. & Weiss, H. P. (1988): Sondierbohrung Schafisheim, Geologie (Textband, Beilagenband). Landeshydrologie und -Geologie, Bern: Geologische Berichte Nr. 8.
- Mazor, E., Jaffé, F. C., Flück, J. & Dubois, J. D. (1986): Tritium corrected <sup>14</sup>C and atmospheric noble gas corrected <sup>4</sup>He applied to deduce ages of mixed groundwaters: Examples from the Baden region, Switzerland. Geochim. Cosmochim. Acta 50, 1611-1618.
- Mühlberg, F. (1909): Beobachtungen bei der Neufassung der Limmatquelle zu Baden und über die dortigen Thermen im Allgemeinen. Mitteil. Aarg. Naturf. Ges. Heft XI.
- Müller, A. (1994): Mineralbad Schwarzenberg bei Gontenschwil: Geschichte einer Heilquelle und eines ländlichen Bad-Gasthauses. Jahresschrift der Historischen Vereinigung Wynental 1994/94, S.1-53.
- Münzel, U. (1947): Die Thermen von Baden, eine balneologische Monographie. Diss. ETH Zürich Nr. 1546.
- Nagra (1991): Sondierbohrung Kaisten. Untersuchungsbericht (Text- und Beilagenband). Nagra Techn. Ber. NTB 88-12.



- Nagra (2002): Projekt Opalinuston, Synthese der geowissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse. Nagra Techn. Ber. NTB 02-03.
- Nagra (2008): Vorschlag geologischer Standortgebiete für das SMA- und das HAA-Lager: Geologische Grundlagen (Text- und Beilagenband). Nagra Techn. Ber. NTB 08-04.
- NEFF [Nationaler Energieforschungs-Fonds] (1980): Geothermische Prospektion im Raume Koblenz-Wildegg-Dielsdorf (Schlussbericht). Forschungsprojekt geothermische Energie und unterirdische Wärmespeicherung, Teilprojekt I. (Teil Bohrkampagne: Schneider, J. F. & Tripet, J. P., S. 29-51).
- Nussberger, G., Cadisch, J., Keller, A., Nussberger, A. & Werder, J. (1937): Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz. Zimmernemann, Bern.
- Pearson, F. J., Balderer, W., Loosli, H. H., Lehmann, B. E., Matter, A., Peters, T., Schmassmann, H. & Gautschi, A. (1991): Applied Isotope Hydrogeology – A case study in Northern Switzerland. Nagra Techn. Ber. NTB 88-01.
- Peters, T., Matter, A., Isenschmid, C., Meyer, J. & Ziegler, H. J. (1989): Sondierbohrung Kaisten, Geologie (Textband, Beilagenband). Landeshydrologie und -Geologie, Bern: Geologische Berichte Nr.10.
- Pfeifer, H. & Zobrist, J. (2002): Arsen im Trinkwasser – auch ein Schweizer Problem? In: EAWAG news 53, S. 15 – 17.
- Rick, B. (2006): Von heissen Quellen und Baugruben. In: Einwohnergemeinde Ennetbaden, Gemeinderat (Hrsg.): Die Kern- und Bäderumfahrung. Ennetbaden auf der Suche nach seiner Zukunft (S. 9-24). «hier und jetzt», Baden.
- Ryf, W. (1984): Thermalwasserbohrung 1983 Engerfeld, Rheinfelden. In: Rheinfelder Neujaarsblätter 1984, S. 43-52.
- Schmassmann, H. (1990a): Hydrochemical and isotopic investigations on groundwater origin and flow paths in Switzerland. In: Parriaux, A. (Ed.): Water Resources in Mountain Regions. Mem. 22<sup>nd</sup> Congr. Int. Assoc. Hydrogeologists, Vol. XXII/1, p. 230-243.
- Schmassmann, H. (1990b): Hydrochemische Synthese Nordschweiz: Tertiär- und Malm-Aquifere. Nagra Techn. Bericht NTB 88-07.
- Schmassmann, H., Balderer, W., Kanz, W. & Pekdeger, A. (1984): Beschaffenheit der Tiefengrundwässer in der zentralen Nordschweiz und angrenzenden Gebieten. Nagra Techn. Bericht NTB 84-21.
- Schmassmann, H., Kullin, M. & Schneemann, K. (1992): Hydrochemische Synthese Nordschweiz. Buntsandstein-, Perm- und Kristallin-Aquifere. Nagra Techn. Bericht NTB 91-30.
- Stober, I. (1996): Geohydraulik und Hydrochemie der Thermalquellen von Bad Wildbad, Bad Liebenzell, Baden-Baden und Bad Säckingen. Deutsche gewässerkundl. Mitt. 40 / H.2, S. 69 – 83.
- Stober, I. & Vicedom, R. (2005): Erschliessung von Thermalwasser in Waldshut-Tiengen. In: Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 95/1, S. 173 – 188.
- Thury, M., Gautschi, A., Mazurek, M., Müller, W. H., Naef, H., Pearson, F. J., Vomvoris, S. & Wilson, W. (1994): Geology and hydrology of the Crystalline basement of Northern Switzerland – Synthesis of regional investigations 1981-1993 within the Nagra radioactive waste disposal programme. Nagra Techn. Ber. NTB 93-01.
- Vuataz, F. D. (1982): Hydrogéologie, géochimie et géothermie des eaux thermales de Suisse et des régions alpines limitrophes. Matér. Géol. Suisse, Hydrol. 29.
- Wegmüller, M.C. (2001): Einflüsse des Bergwassers auf Tiefbau / Tunnelbau. – Stäubli AG, Zürich.
- Widmer-Dean, M. (2003): Dorfgeschichte Gränichen. Heimatvereinigung Gränichen.
- Wyss, S. & Wälchli, D. (2010): Neues aus Aquae Helveticae: das rechte Limmatufer. Badener Neujaarsblätter 2010. S. 138 – 151.
- Wyss, S. (2010): Von römischen Ruinen. Neujaarsblatt Ennetbaden 2010.
- Ziegler, M. A. (1967): Exkursion Nr. 27, Basel – Frick – Staffelegg – Aarau – Bremgarten – Zürich. Teilstrecke II: Frick – Staffelegg – Aarau (470-476). In: Geologischer Führer der Schweiz 6 (Red.: R. Trümpy). Wepf & Co., Basel.
- Zorn, P. A. & Jaffé, F. C. (1983): Les variations du débit des sources thermales de Baden (Canton d'Argovie, Suisse). Eclogae geol. Helv. 76/2, S. 451-463.

#### Historische Dokumente und Rechtserlasse

- Ohne Autor, (1858): «Verbal über den Zustand und die Beschaffenheit der Heil-Quellen bei Baden» dat. 2. August 1858: Bestandesaufnahme der Quellen unter Aufsicht der kantonalen Baudirektion und des Bezirksamtes Baden. Staatsarchiv des Kantons Aargau, Entfelderstrasse 22, 5001 Aarau.
- Grosser Rat des Kantons Aargau (1869): Dekret betreffend die Sicherung der bestehenden Heilquellen und das Graben nach solchen in Baden und Ennetbaden, vom 12. Januar 1869. Aarg. Gesetzessammlung, Erster Band: 1803-1911, S. 258-261, Nr. 42.

#### Unpublizierte Berichte

- Greber, E. (1998): Einfluss der Niederschläge auf die Quellschüttungen der Badener Thermalquellen. Interpretation von hydrogeologischen Messungen. Bericht der Firma magma AG, Zürich, vom 2. Dezember 1998 im Auftrag des Departements Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung für Umwelt.
- Jäckli, H. (1981): Möglichkeiten und Risiken einer Beeinflussung der Thermalquellen Bad Schinznach durch die projektierte N3. Gutachten für das Bundesamt für Strassenbau, Bern.
- Matousek, F., Wahl, F., Fehlmann, H. & Spada, M. (2001): Sanierungsmöglichkeiten des Thermalquellensystems in Baden und Ennetbaden, Phase 1: Zustandserfassung Quellen und Leitungsnetz, Beurteilung Sanierungsbedarf. Bericht Nr.

- T1047B/0105 vom 12. Januar 2001 [Ingenieurgemeinschaft Matousek, Baumann & Niggli / Bänziger + Bacchetta + Fehlmann; beide in Baden].
- Nagra (1986): Überwachung bedeutender Mineralquellen und Thermen der Nordschweiz und angrenzender Gebiete: Resultate der Messstationen mit permanenter Aufzeichnung. Nagra, interner Bericht.
- Peter, H. (1922): Expertenbericht von Ing. H. Peter an die Baudirektion des Kantons Aargau über die Thermalquellen von Baden, vom 14. Januar 1922.
- Rick, B. (1999): Thermalquellen Baden/Ennetbaden: Erhebungen über chemische Analysen und deren statistische Auswertung (Hydrogeologischer Bericht). Dr. von Moos AG, Zürich, Bericht Nr. 6436 vom 29. Oktober 1999.
- Rick, B. & Henzen, M. (2006): Kern- & Bäderumfahrung Ennetbaden, Überwachung der Thermen Baden / Ennetbaden: Messperiode November 2005 bis Mai 2006 (mit Quellschüttungsdaten 1993-2006). Dr. von Moos AG, Zürich, Bericht Nr. 7200-6 vom 6. Juni 2006.
- Sachs, O. & Müller, M. (2009): Hydrogeologischer Bericht zur EWS-Anlage und neu entdeckter mineralstoffreicher Arteser in Mumpf. Bericht Nr. A 1144/OS der Firma Eberhard & Partner AG, Aarau, vom 3. August 2009 im Auftrag des Departements Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung für Umwelt.
- Schneider & Matousek AG (1994): Vorsorgliche Untersuchung bei der vorderen und hinteren Germatt-Deponie in der Gemeinde Sulz. Bericht Nr. D379/2B vom 11. Februar 1994 im Auftrag des Departements Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung für Umwelt.

#### **Bilder- und Foto-Nachweise**

- Hotel «Blume», Baden: Geologisches Profil durch die Lägern von Prof. A. Heim (Abb. 4)
- Nagra, Wettingen: Geologische Profile durch die Nordschweiz, Bezeichnungen Nr. 10 und 55; Fotos Abb. 6 und 11
- H. Burger, Ennetbaden: übrige Fotos (Abb. 2, 3, 5, 7, 8, 9)

#### **Anschrift des Verfassers:**

Hans Burger, Departement Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau, Abteilung für Umwelt, Entfelderstrasse 22, 5001 Aarau; hans.j.burger@ag.ch



