

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 33 (1992)
Heft: 1

Artikel: Das Thermal- und Mineralwasser-Vorkommen von Bad Säckingen (Hochrhein) : Ergebnisse einer historischen Erkundung
Autor: Biehler, Daniel
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088741>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 15.01.2026

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

Das Thermal- und Mineralwasser-Vorkommen von Bad Säckingen (Hochrhein)

Ergebnisse einer historischen Erkundung

Daniel Biehler

Zusammenfassung

Der Autor erläutert die tektonischen und geologischen Voraussetzungen für das Säckinger Mineralwasser-Vorkommen. Nicht restlos geklärt ist, ob der Aufstieg des nutzbaren Mineralwassers durch tiefreichende Klüfte oder oberflächennähere Auflockerungszonen erfolgt. Es ist zu vermuten, dass in den letzteren eine Vermischung von Tiefenwasser mit Grundwasser stattfindet. Weitere Sondierbohrungen an Stellen mit leicht höherem Chloridgehalt des Grundwassers könnten nach Ansicht des Autors weiteren Aufschluss über Herkunft und Aufstiegswege des Mineralwassers geben.

Abstract

The author explains the tectonic and geological situation which underlies the ascent of mineral water in Bad Säckingen. It has not yet been resolved whether the ascent of this water takes place through deep-reaching fissures or through brecciated rock near the surface. It can be inferred that in the latter water from the depths is mixed with ground water. More drillings in places with higher chloride content of the groundwater could elucidate the origin of the mineral water.

1 Einleitung

Eine von der Stadt Bad Säckingen beim Geologischen Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg i.Br. in Auftrag gegebene Studie hatte zum Ziel, vorhandenes Datenmaterial zu Geologie und Hydrogeologie des Mineral-/Thermalwasser-Vorkommens im Hinblick auf eine Neuerschliessung zusammenzutragen und auszuwerten. Die Daten, die grössten Teils aus unveröffentlichten Unterlagen stammen, wurden EDV-gestützt bearbeitet. Auf dieser Grundlage wurden dann verschiedene thematische Karten in den Massstäben 1:5 000 und 1:10 000 erstellt. Kern der Arbeit war eine geologisch-hydrogeologische Aufschluss-Datei, in der über 400 Aufschlüsse des geologischen Untergrunds (i.a. Bohrungen) und des Grundwassers (z.B. Pegel) aufgeführt sind. Des weiteren wurden Dateien und Karten zur Grundwasser-Fliessrichtung, -beschaffenheit und -kontamination sowie eine tektonische Grundkarte erstellt. Auch enthält die Studie eine Zusammenstellung der chemischen Analysen der genutzten Quellen seit den 50er Jahren. Der Autor, der mit der Ausführung der Arbeiten betraut war, stellt im folgenden Beitrag die wichtigsten Ergebnisse vor.

2 Geologie und Hydrogeologie (Kenntnisstand)

Wahrscheinlich schon in römischer Zeit, sicher aber seit dem Mittelalter wurden in der Stadt Bad Säckingen Thermalquellen genutzt (*Metz* 1980). Die bekannteste und schon früh urkundlich belegte Quelle, die Badquelle, war ursprünglich ein natürlicher Austritt. Nach dem Versiegen im Juni 1964, verursacht durch Felsarbeiten für das Rheinkraftwerk, konnte das Thermomineralwasser 1964/65 an gleicher Stelle durch eine 201 m tiefe Bohrung wieder gewonnen werden (*Sauer* 1969). Das Natrium-Chlorid-Mineralwasser wird daneben an weiteren Stellen im Stadtgebiet von Bad Säckingen durch Bohrungen im Untergrund erschlossen. Zu nennen ist die 154 m tiefe Bohrung der derzeit ruhenden Margarethenquelle aus den Jahren 1928/29 (*Sauer* 1958) und die 1983 fertiggestellte 600 m tiefe Bohrung der Fridolinsquelle (*Sauer* 1986).

Die Stadt Bad Säckingen befindet sich am südlichsten Ausläufer des Schwarzwaldes. Das kristalline Grundgebirge des Schwarzwaldes besteht aus hochgradig metamorphen Gneisen (Gneisanatexiten) präkambrischen Alters und karbonischen Graniten. Die Grundgebirgsoberfläche taucht, begleitet von staffelförmig angeordneten Brüchen, nach Südwesten unter die auflagernden permomesozoischen Sedimente des Schweizerischen Tafeljuras ab. Im Westen wird der, als Hotzenwald-Scholle bezeichnete Grundgebirgsblock durch Störungen der Bruchzone von Zeiningen-Wehr (*Lutz* 1964, *Gonzalez* 1990) von der Dinkelberg-Scholle (Mesozoikum) abgetrennt. Das nördlich des Rheins in Erosionsresten erhaltene Deckgebirge setzt sich aus Schichten des Oberrotliegenden (Perm), Buntsandstein und Muschelkalk zusammen. Das Rotliegende zeichnet sich durch eine erhebliche Mächtigkeitszunahme in westlicher und südlicher Richtung aus (Nordschweizer Permokarbondrog; *Diebold & Naef* 1990). Der Übergang Grund-/Deckgebirge wird im Bereich von Bad Säckingen von Lockersedimenten des Rheintales (Niederterrasse) bedeckt.

Die drei genannten Mineralquellen in Bad Säckingen liefern ein Mischwasser eines jungen, oberflächennahen Calcium-Hydrogenkarbonat-Grundwassers (Ca-HCO₃-Typ) mit einem alten, hochmineralisierten Natrium-Chlorid-Tiefenwasser (Na-Cl-Typ;

Schmassmann et al. 1984, Diebold 1986, Schmassmann 1987, Pearson et al. 1991). Der Oberflächen-Anteil ist im Mineralwasser der Margarethenquelle am grössten. Bei der Badquelle beträgt der Anteil an jungem Grundwasser 50-60%, bei der Fridolinsquelle gerade noch 2-5% (Methode Tritium/Krypton-85; *Pearson et al. 1991*). Für die Badquelle ergibt sich wegen der Mischung theoretisch eine mittlere Verweilzeit im Bereich über 80 Jahre (Tritium-Methode/ Exponential-Modell), das Alter des Tiefenwasser-Anteils dürfte jedoch in der Grössenordnung von mehreren tausend Jahren liegen. Die Mischung erfolgt nach Ansicht Schmassmanns (1987) im Aquifer (Grundwasserleiter), also im Grundgebirge, im Fall der Fridolinsquelle wird eine Mischung im Brunnen selbst vermutet.

Wie bei einer 1961/62 durchgeführten Neufassung der Badquelle beobachtet werden konnte, tritt das Mineralwasser am Kreuzungspunkt offener Klüfte einer um 25° streichenden (NNE-SSW) Störungszone mit einer ESE-WNW-streichenden Kluftchar aus. Erstere ist mit den Kluftmineralen Quarz, Fluorit, Baryt und Hämatit belegt (*Sauer 1962, 1969*).

Auch im Falle der Margarethenquelle handelt es sich, wie aus einem Bohrprofil des Stadtbauamtes vom 8. Sept. 1930 (verändert in *Sauer 1958*) hervorgeht, offensichtlich um eine Störungszone (Bohrteufe 106,5-121,0 m) im Granit, deren Orientierung jedoch hieraus nicht zu entnehmen ist. Über die geologische Charakterisierung der Fliesswege in der Bohrung der Fridolinsquelle ist nichts bekannt, da diese als Meisselbohrung abgeteuft wurde, die Hauptzutritte befinden sich im Teufenabschnitt 420-465 m.

Zur Herkunft der gelösten Minerale im Tiefenwasser-Anteil lässt sich folgendes sagen: Einerseits könnten die Hauptkomponenten Natrium und Chlorid auf die Lösung von Steinsalz des Rotliegenden oder Mittleren Muschelkalks der Gegend zurückgeführt werden, und erst später mit dem Tiefenwasser in den Granit-Aquifer transportiert worden sein (*Hasemann 1928, Sauer 1956, 1958, 1962, 1969, 1986, Metz 1980*). Andererseits ist es, wie neuere Untersuchungen (*Edmunds et al. 1985, Schädel & Stober 1987, Kanz 1987, Nordstrom et al. 1989*) bestätigen, auch denkbar, dass diese Ionen auch aus dem Granit selbst stammen und durch Lösung und Austauschprozesse in das Tiefenwasser gelangt sind (*Sauer 1956, 1958*).

Der Vergleich mit den Ergebnissen aus den Tiefbohrungen der Nagra in der angrenzenden Nordschweiz zeigt, dass der Lösungsinhalt des Tiefenwasser-Anteils grosse Ähnlichkeit mit demjenigen der Tiefenwässer der Bohrungen Riniken (Permokarbon) und Böttstein (Granit) aufweist (*Schmassmann 1987*), weswegen angenommen wird, dass diese aus dem sedimentären Aquifer des Nordschweizer Permokarbondrogos stammen und über Störungen ins Kristallin ausgewandert sind (*Diebold 1986, Schmassmann 1987*). Dagegen hat die in unmittelbarer Nachbarschaft abgeteufte Bohrung Kaisten, obwohl sie eine Störung der Eggberg-Störungszone durchfuhr, im Kristallin (hier: Gneis !) ein völlig anderes Grundwasser erschlossen (*Schmassmann et al. 1984, Schmassmann 1987, Kanz 1987*).

Im Fall von Bad Säckingen sind Aussagen auf der Grundlage von Isotopen-Messungen an gelösten Stoffen zur Bestimmung ihrer Herkunft, wegen der Mischung, problematisch. So ergeben sich z.B. bei den Isotopen Sauerstoff-18 und Schwefel-34 im gelösten Sulfat für die Badquelle und die Margarethenquelle sehr unterschiedliche Werte, zumindest im Falle der Badquelle lässt sich aber eine Beteiligung von Sulfaten aus dem Rotliegenden und Buntsandstein erkennen (*Pearson et al. 1991, 317/396*). Das

Verhältnis Bromid/Chlorid unterscheidet sich nur wenig von demjenigen im Meerwasser (Pearson et al. 1991, 389), was wiederum als ein Hinweis auf die Lösung von marinen Salinargesteinen zu deuten wäre.

Nach den Ergebnissen der chemischen und isopenchemischen Untersuchungen, muss angenommen werden, dass die beiden Mineralwasserkomponenten sehr unterschiedliche Einzugsgebiete besitzen. Der Anteil des oberflächennahen, jungen Grundwassers wird wahrscheinlich auf einem relativ kleinen Gebiet in unmittelbarer Umgebung der Mineralquellen neu gebildet, während das Infiltrationsgebiet des hochmineralisierten Tiefenwasseranteils nach wie vor unklar ist.

Der Bedeckung des mineralwasserführenden Grundgebirges durch Sedimente des Rotliegenden kommt hydraulisch grosse Bedeutung zu, da es geringleitende Tonsteine enthält, die einen grossflächigen Austausch mit höherliegenden Aquiferen (Buntsandstein, Muschelkalk, Niederterrasse) verhindern. Das Rotliegende wird deshalb oft als Ursache für den natürlichen Überlauf des Mineralwassers im Bereich zwischen Badquelle und Rheinkraftwerk angesehen (Hasemann 1928, Sauer 1962, 1986).

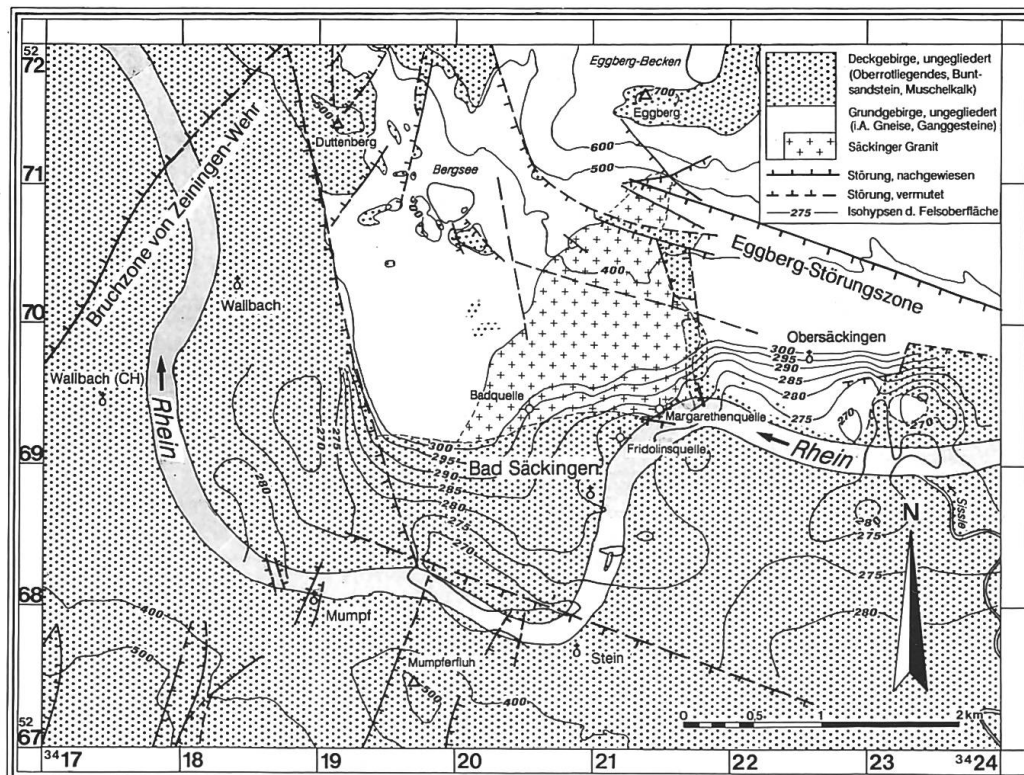


Abb. 1 Tektonische Karte von Bad Säckingen und Umgebung (nach Geol. Karte Baden-Württemberg 1:25 000, Blatt 8413 Bad Säckingen [vorläufige, vereinfachte Ausgabe], Suter 1915, Heusser 1926, Hauber 1980; unveröffentl. Unterlagen der Schluchseewerk AG, der Rheinkraftwerk Säckingen AG und eigenen Untersuchungen).

3 Ergebnisse der Auswertung

3.1 Geologie

Der Untergrund der Stadt Bad Säckingen ist durch ein verhältnismässig dichtes Netz von Bohrungen als gut bekannt anzusehen. Dies betrifft sowohl die Ausdehnung und Mächtigkeit der Niederterrasse, als auch die Geologie des anstehenden Fels-Untergrundes. Die Höhenlage der Niederterrassen-Basis ist in 460 Bohrungen, Schürfen und geophysikalischen Sondierungen erfasst, hieraus wurden für einen Teil des Untersuchungsgebietes die Höhengleichen konstruiert. Wie in Abb. 1 zu sehen, stellt sich die Basis der Niederterrasse nicht als einfache Rinne dar, sondern ist wesentlich differenzierter gestaltet. Sie ist geprägt von der Lithologie des geologischen Untergrundes sowie den darin enthaltenen Strukturen. Auffällig ist eine stellenweise besonders tief erodierte Rinne, die sich vom Rheinknie bei Stein bis zum Ortsteil Wallbach von Bad Säckingen verfolgen lässt, jedoch östlich von Mumpf durch eine flache Schwelle unterbrochen wird. Diese bereits als "Gettnauer Rinne" bekannte Vertiefung entspricht in etwa der diluvialen Rheinrinne von *Heusser* (1926). Die Richtung der Rinne und die tiefgreifende Erosion könnte als Hinweis auf eine tektonische Struktur gedeutet werden. Bereits *Blüm* (1989) vermutet hier parallel der Vorwald- und Eggberg-Verwerfung eine weitere bereits permisch angelegte Störung, um die in der Bohrung Mumpf angetroffene Rotliegend-Mächtigkeit von über 207 m (*Disler* 1914) zu erklären.

Unter den Kiesen und Sanden der rechtsrheinischen Niederterrasse stehen fast ausschliesslich Arkosen, Sandsteine und gipsführende Schiefertone des Oberrotliegenden an. Lediglich westlich von Mumpf und auf Höhe von Wallbach könnten noch Reste von Buntsandstein vorhanden sein (*Heusser* 1926). Bei Öflingen-Brennet steht an der Basis der Niederterrasse, bedingt durch die Bruchzone von Zeiningen-Wehr, bereits Muschelkalk an.

Die Bereiche, die nicht oder nur geringmächtig von Lockersedimenten bedeckt sind, werden grösstenteils von kristallinen Gesteinen des Grundgebirges eingenommen, Deckgebirge ist hier nur in Resten erhalten.

Östlich der Bruchzone von Zeiningen-Wehr fällt die Grenze Grund-/Deckgebirge (Kristallin/Rotliegendes) mit etwa 2-4° in südöstlicher Richtung ein. Wegen der zahlreichen begleitenden WNW-ESE-streichenden Abschiebungen taucht die Grundgebirgsoberfläche faktisch jedoch erheblich steiler unter den Tafeljura ab. Im Grundgebirge von Bad Säckingen ist der Dachbereich eines keilförmigen Granit-Körpers (Säckinger Zweiglimmergranit) angeschnitten, der in hochgradig metamorphe Gneisanatexite eingedrungen ist. Seine Kontakte zum umgebenden Gneis fallen sehr steil ein, der östlichen Kontaktzone sitzt ein mit Rotliegend-Sedimenten verfüllter Graben auf. Da angenommen werden kann, dass der Granit als Pluton von unten in die Gneise eingedrungen ist, darf seine Fortsetzung in die Tiefe als sicher gelten. Seine Ausdehnung in südlicher Richtung, auch unter Rotliegend-Bedeckung ist sehr wahrscheinlich. Nachgewiesen ist der Säckinger Granit unter sedimentärer Bedeckung in der Bohrung der Fridolinsquelle sowie in einer Bohrung am Südende des Stauwehres des Rheinkraftwerkes Säckingen (B 78'). In einer Entfernung von rund 5 km Luftlinie südwestlich der Badquelle besteht das Grundgebirge, bekannt durch die Tiefbohrungen Zuzgen I und II, ebenfalls aus Granit (hellrosa-grauer Biotitgranit; *Schmassmann & Bayramgil* 1946).

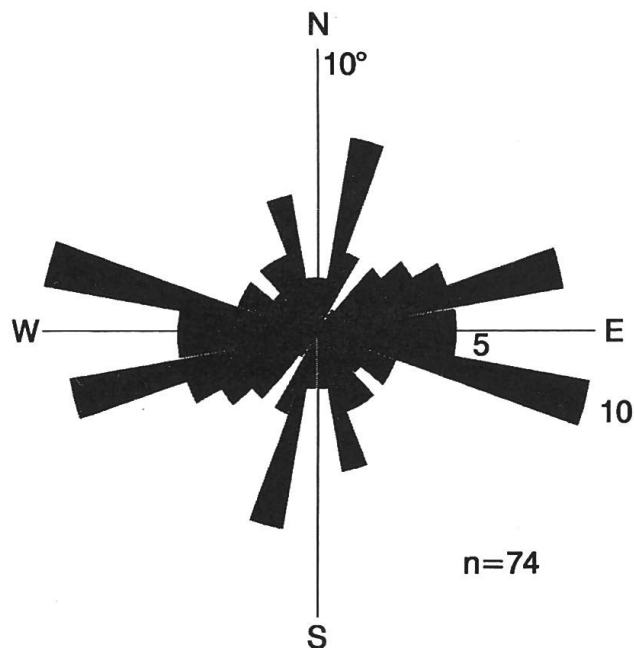


Abb. 2 Richtungsrose der Luftbild-Lineationen im Raum Bad Säckingen, Länge der Lineationen gewichtet (Untersuchungsgebiet R ³⁴18000 - 25000, H ⁵²68000 - 74000).

Sowohl die statistische Auswertung der Orientierung der zumeist subvertikalen Klüfte, die im Aufschluss gemessen werden können, als auch die Luftbildauswertung (Abb. 2) erbrachten ein einheitliches Bild des Bruchmusters im Grundgebirge. Die Orientierungs-Maxima liegen im wesentlichen parallel der grossen Störungszonen. Im Bereich von Bad Säckingen dominiert die Richtung parallel der Eggberg-Störung (WNW-ESE), daneben existieren Maxima in WSW-ENE, NNE-SSW und NNW-SSE. Nach Wirth (1984) sind sowohl die Kluftsysteme als auch die Grosstrukturen im Grundgebirge des südöstlichen Schwarzwaldes Ausdruck eines einheitlichen, konservativen Spannungsplanes mit grösster horizontaler Hauptspannung in NW-SE-Richtung. Die WNW-ESE- und NNE-SSW-streichenden Elemente sind die Scherflächen in diesem System.

3.2 Hydrogeologie

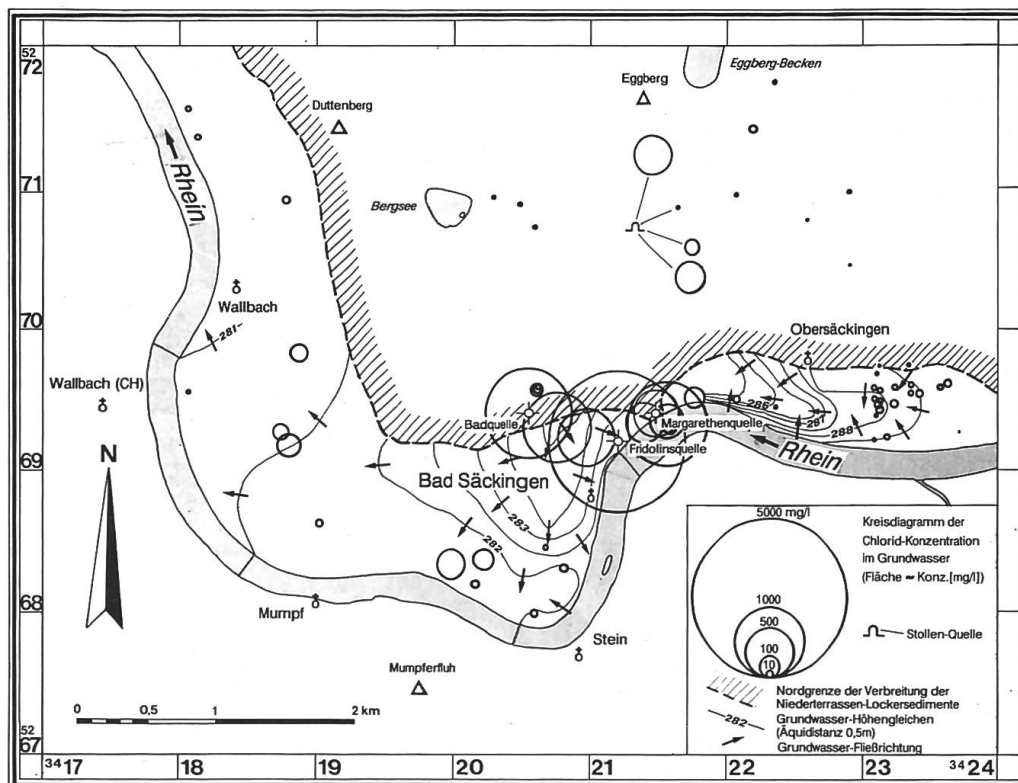
Im Lockergestein der Niederterrasse bestehen rechtsrheinisch im Raum Bad Säckingen zwei durch eine Felsschwelle räumlich getrennte Aquifere unter- und oberhalb der Staustufe des Rheinkraftwerkes Säckingen (siehe Abb. 3). Der eine erstreckt sich im Oberwasser des Kraftwerkes (Stauziel + 288,83 m N.N.) entlang des Rheins bis auf Höhe Murg-Rothaus. Das Grundwasser wird sowohl auf breiter Front von Norden her durch Niederschläge im angrenzenden Schwarzwald ergänzt, als auch von Süden aus dem Vorfluter Rhein (Uferfiltration). Der Grundwasserstrom ist im wesentlichen geprägt von der Trinkwasserentnahme für die Stadt Bad Säckingen, sowie einer Sickerleitung, die den Heimbach in Obersäckingen fasst und etwa der Eisenbahnlinie nach Westen folgend in das Unterwasser des Rheinkraftwerkes mündet.

Der Niederterrassen-Aquifer unterhalb des Kraftwerkes ergänzt sich offenbar in der Hauptsache aus der Lockersediment-Füllung des Giessenbaches. Von dort fliesst das Grundwasser zunächst radial dem Vorfluter Rhein zu, weiter im Westen verläuft der Grundwasserstrom parallel dem Rhein. Uferfiltration findet lokal, unterstützt durch die Entnahme von Industrie-Brauchwasser, im Bereich Gettnau statt.

Die oberflächennahen Grundwässer in der Niederterrasse und den angrenzenden Festgesteinsbereichen sind im Normalfall niedrig mineralisierte Ca-HCO₃- und Ca-Mg-HCO₃-Wässer mit Chlorid-Gehalten in der Grössenordnung des Eintrags durch den Niederschlag. Bei Ionensummen zwischen 1 mmol[eq]/l (Hangschuttquellen im Grundgebirge) und 15 mmol[eq]/l (Grundwasser der westlichen Niederterrasse) liegen die Chloridgehalte im Normalfall unter 15 mg/l.

Die Strömungsverhältnisse im Festgestein des Grundgebirges sind, wegen der geringen Zahl von Pegeln und wegen der Störung durch Entnahme, nach wie vor ungeklärt. Für die geringmächtigen Lockersediment-Decken (Talfüllungen, Hangschutt, Grundmoränen-Reste, Löss) ist ein Grundwasserstrom in Richtung der grössten Hangneigung anzunehmen.

Von den auftretenden Kluftsystemen in den Festgesteinen des Grundgebirges sind besonders die erwähnten Scherflächen (ESE-WNW, NNE-SSW) für die Durchlässigkeit von Bedeutung, da durch den Versatz nie ganz ebener Kluftflächen gegeneinander, irreversibel tiefreichende Wegsamkeiten geschaffen werden. So entstandene offene Brüche dienen zunächst Magmen als Aufstiegsweg (Granitporphyre), später können in ihnen über lange Zeiträume Lösungen zirkulieren, wie Mineral-Gänge und Mineralbeläge auf den Klüften beweisen. Schliesslich und endlich wird der übrige, oder durch Reaktivierung der Strukturen neu gebildete Hohlraum von flachen und tiefen Grundwässern als Fliessweg benutzt. Sekundär mineralisierte, um NNE-SSW-streichende Klüfte werden im Säckinger Granit, wie auch in anderen Graniten des südlichen



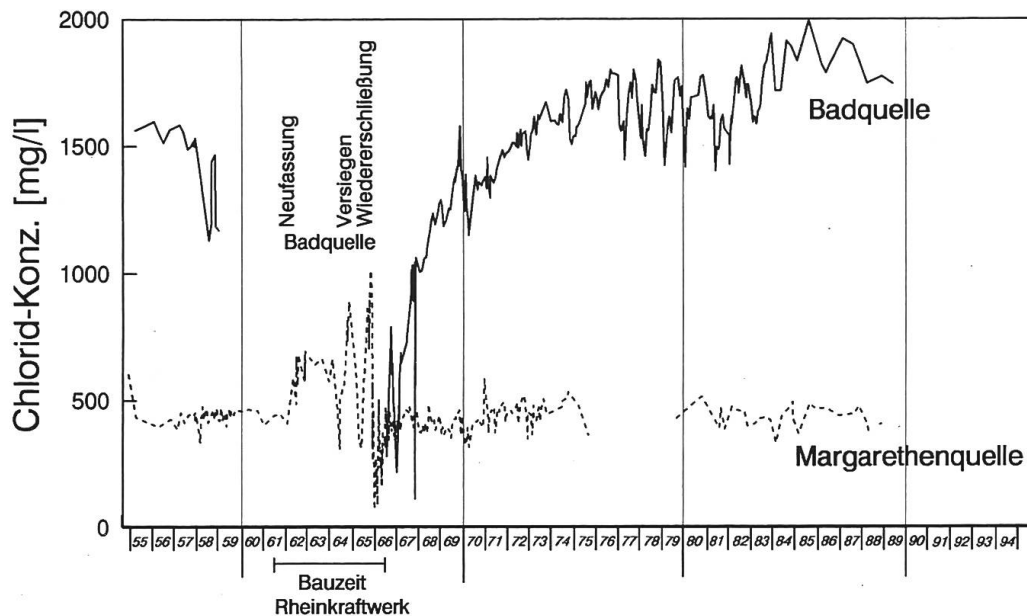


Abb. 4 Ganglinien der Chlorid-Konzentration in der Badquelle und der Margarethenquelle.

Schwarzwaldes, häufig beobachtet (Metz 1980, Wirth 1984). Ihnen kommt, aus oben genannten Gründen, neben jungen bzw. jung reaktivierten Störungen als Fliessweg grosse Bedeutung zu (Gautschi et al. 1986, Biehler in Vorb.).

Das Vorkommen von Mineralwässern und Wässern mit erhöhten Chlorid-Konzentrationen beschränkt sich auf zwei Bereiche (siehe Abb. 3). Der eine ist eine ca. E-W-verlaufende Zone von etwa 300 m Breite, in der sich neben den drei genutzten Mineralquellen Bad-, Margarethen- und Fridolinsquelle, die Brunnen Leimgruber, Dupuis Fils und Rheinschloss sowie die Quellen im Rheinkraftwerk befinden. Diese Mineralwasserzone entspricht der "Thermenlinie" Hasemanns (1928) und deckt sich etwa mit der Grenze Grund-/Deckgebirge – hier Säckinger Granit/Oberrotliegendes. Die durch Färbeversuch nachgewiesene hydraulische Verbindung zwischen Badquelle und Rheinkraftwerk (Sauer 1969) liegt innerhalb dieser Zone und deutet auf Fliesswege (offene Klüfte) parallel hierzu. Das Mineralwasser ist sowohl in geklüftetem Säckinger Granit als auch in den darüberliegenden Kiesen und Sanden der Niederterrasse erschlossen worden (siehe Tab. 1). Vorkommen in Rotliegend-Gesteinen sind an Störungen gebunden, Vorkommen in Gneis sind keine bekannt.

Besonders die Badquelle zeigt deutliche jahreszeitliche Schwankungen der Gesamt-mineralisation (Abb. 4). Diese beruhen auf dem, klimatisch bedingt, sich ändernden Mengenanteil des oberflächennahen Grundwassers, unter der Annahme, dass Zustrom und Beschaffenheit des Tiefenwassers sehr konstant sind. Der langfristig steigende Trend in der Chlorid-Konzentration der Badquelle kann dahingehend interpretiert werden, dass das Einzugsgebiet des oberflächennahen Grundwassers nicht ausreicht, um mit der anhaltenden Förderung Schritt zu halten. Das Mischungsverhältnis verschiebt sich somit zu Gunsten des Tiefenwasser-Anteils. Bei der Margarethenquelle sind die Schwankungen, bedingt durch die Nähe zum Vorfluter Rhein mit nahezu gleichbleibendem Wasserspiegel (Stauhaltung) geringer.

Ein weiterer Schwerpunkt erhöhter Chlorid-Konzentrationen im Grundwasser befindet sich in der vorhin erwähnten Gettnauer Rinne der Niederterrasse. Hier ist allerdings nicht sicher, dass das Chlorid aus geogenen Quellen stammt, da das Grundwasser gleichzeitig stark anthropogen belastet ist (Nitrat, Ammonium etc.). Für den Fall, dass das Chlorid natürlicher Herkunft wäre, könnte es zum einen mit dem Grundwasserstrom (Abb. 3) aus dem Bereich Badquelle-Margarethenquelle hierher transportiert worden sein. Andererseits wäre es auch denkbar, dass ein hoch mineralisiertes Tiefenwasser vor Ort an einer oder mehreren Störungen aufsteigt und sich in der Niederterrasse mit niedrig mineralisierten, oberflächennahen Grundwässern vermischt, um danach mit dem Grundwasserstrom weiter transportiert zu werden. In diesem Zusammenhang bleibt zu erwähnen, dass in der Bohrung Mumpf (*Disler* 1914) nach *Hasemann* (1928) im Rotliegenden "salzhaltiges" Wasser angetroffen wurde.

Das Auftreten von höher mineralisierten Wässern in Stollen des Kavernenkraftwerkes Säckingen (Tab. 1, Abb. 3) ist wohl die Folge stark gestörter Strömungsverhältnisse. Der künstlich angelegte Hohlraum und die ständige Drainage bewirken eine Änderung des natürlichen hydraulischen Gefälles, was zusammen mit vorhandenen Wegsamkeiten, dazu führt, dass Mineralwässer aus dem Bereich Bad-Margarethenquelle in verdünnter Form den Stollen zuströmen. Entscheidend ist die Tatsache, dass die genannten, z.T. inzwischen plombierten Austrittsstellen sich alle unter dem Niveau des Badquellen-Ruhewasserspiegels befinden.

Tab. 1 Brunnen und Quellen in Bad Säckingen mit erhöhter Mineralisation des Grundwassers

Name	Lage Rechtswert	Hochwert	Endteufe (m)	Aquifer (St.-Störung)	Wassertyp (>10 mol[eq] % Ionen- summe)	Gesamt- Lösungs- inhalt (mmol[eq]/l)	Chlorid- Konz. (mg/l)	Bemerkung
Fridolinsquelle	3421212	5269208	600,0	Säckinger Granit	Na-Cl	247	3870	
Badquelle	3420545	5269425	201,3	Säckinger Granit	Na-Cl	117	1746	
Margarethenquelle	3421485	5269415	154,0	Säckinger Granit	Na-(Ca)-Cl-HCO ₃	31	412	
Rheinkraftwerk, Quelle II	3421560	5269315	0,0	Säckinger Granit/ Oberrotliegendes (St.)	Na-Cl	93	1383	
Brunnen Leingruber	3420753	5269293	14,0	Niederterrasse	Na-Cl	70	960	
Brunnen Dupuis Fils	3420965	5269228	6,3	Niederterrasse	Na-Ca-Cl-HCO ₃	54	690	trocken
Bohrung 90'	3421405	5269325	25,4	Oberrotliegendes	Na-Cl-HCO ₃	55	672	zerstört
Landstraßen-Quelle	3421455	5269450	0,0	Säckinger Granit	Na-(Ca)-Cl-HCO ₃ ?	ca. 30	410	versiegt
Belüftungs-Stollen, Stat. 996m	3421450	5271220	288,0	Säckinger Granit	Na-Ca-Cl-HCO ₃	23	309	
Rheinkraftwerk, Quelle III	3421565	5269335	0,0	Säckinger Granit/ Oberrotliegendes (St.)	Na-Cl-HCO ₃	25	233	
Untervasser-Stollen, Stat. 880m	3421730	5270350	121,9	Säckinger Granit	Na-Ca-Cl-HCO ₃	17	205	plombiert
Brunnen Lonzona	3419980	5268335	17,9	Niederterrasse	Na-Ca-HCO ₃ -Cl	30	178	
Bohrung 5	3418810	5269180	26,0	Niederterrasse	Ca-Na-HCO ₃ -Cl	22	118	
Donaueamt, oberer Brunnen	3420220	5268365	5,0	Niederterrasse	Ca-Na-HCO ₃ -Cl	21	110	zerstört
Untervasser-Stollen, Stat. 21m	3421765	5269505	4,6	Oberrotliegendes (St.)	Na-Mg-HCO ₃ -Cl	14	105	plombiert
Brunnen Bechtel & Szilagy	3418870	5269830	11,8	Niederterrasse	Ca-Na-HCO ₃ -Cl	21	78	
Bohrung 10 (Versuchsbrunnen)	3418750	5269275	27,2	Niederterrasse	Ca-Na-HCO ₃ -Cl	20	68	
Untervasser-Stollen, Stat. 1095m	3421745	5270570	165,6	Säckinger Granit	?	7	59	plombiert
Rheinkraftwerk, Quelle I	3421585	5269295	0,0	Säckinger Granit/ Oberrotliegendes (St.)	Na-Ca-HCO ₃ -Cl	10	39	
Brunnen Krott	3420985	5268955	4,5	Niederterrasse	?	?	bis 200	siehe Sauer 1962
Brunnen Rheinschloß	3421125	5269190	8,2	Niederterrasse	?	?	?	siehe Sauer 1962
Quelle ehem. Sägewerk Kähy	3421640	5269440	0,0	Säckinger Granit	?	?	?	siehe Hasemann 1928; überflutet
Quellen ehem. Rheinbad	3421300	3469230	0,0	Niederterrasse	?	?	?	siehe Sauer 1962; nur bei Niedrigwasser

4 Zusammenfassung

Das Mineralwasser-Vorkommen von Bad Säckingen zeigt wiederum sehr deutlich, dass die Durchlässigkeit des Grundgebirges differenziert zu betrachten ist. Störungen und Klüfte sind in Graniten wesentlich anders ausgebildet als in Gneisen. So existieren im Säckinger Granit, im Gegensatz zu den unmittelbar benachbarten Gneisanatexiten, offensichtlich Fliesswege, die eine tiefreichende Zirkulation von Grundwässern ermöglichen. Auch im Verwitterungsverhalten bestehen grundlegende Unterschiede zwischen Graniten und Gneisen, was sich im Tiefgang und der Durchlässigkeit der oberflächennahen Auflockerungszone äussert. So neigen z.B. Granite aufgrund Ihrer Mineralzusammensetzung (Petrographie) viel eher durch den physikalisch-chemisch Prozess der Vergrusung zu verwittern, was die Durchlässigkeit erheblich erhöht. In diesem Falle ist von Bedeutung, dass das Grundgebirge nicht nur an der heute freiliegende Oberfläche aufgelockert ist, sondern bereits einmal in permischer Zeit völlig exhumiert war. Das hat zur Folge, dass die obersten Bereiche des Grundgebirges grossflächig aufgelockert sind, und zwar auch dort, wo sie heute von permo-mesozoischen Sedimenten bedeckt werden. Neben den tieferreichenden, meist mineralisierten Klüften und Störungen, bietet diese oberflächliche Auflockerungszone ausreichend Fliesswege für Grundwässer. Im Falle von Bad Säckingen lässt sich (noch) nicht mit Sicherheit entscheiden, welcher dieser potentiellen Fliesswege dem hochmineralisierten Tiefenwasser als Aufstiegsweg dient, ob es die jung reaktivierten WNW-ESE-streichenden Störungen sind, oder die mineralisierten NNE-SSW-streichenden Klüfte oder gar die erwähnte Auflockerungszone. Der Austritt der Mineralwässer entlang einer Linie Badquelle-Margarethenquelle könnte demnach sowohl mit einer Störungszone, als auch mit dem Ausstrich der Auflockerungszone des Säckinger Granits unter Sedimenten des Rotliegenden oder gar dem Zusammenwirken beider Faktoren zusammenhängen. Die Mischung des Tiefenwassers mit dem oberflächennahen Grundwasser erfolgt mit hoher Wahrscheinlichkeit diffus in der Auflockerungszone. Vertikale und schräge Sondierbohrungen auf den Säckinger Granit unter geringmächtiger Rotliegend-Bedeckung könnten wichtige neue Erkenntnisse zur Herkunft des Tiefenwassers bringen, sofern den darin enthaltenen Fliesswegen (Klüfte, Störungen) genügend Beachtung geschenkt wird.

Das Gebiet Gettnau südlich der Stadt sowie der Bereich Almendgrütt westlich der Stadt zeigt ebenfalls vielversprechende, wenn auch nur leicht erhöhte Chlorid-Gehalte im Grundwasser der Niederterrasse. Hier könnten nähere Untersuchungen die Frage der Herkunft des Chlorids und der tektonischen Verhältnisse im Felsuntergrund klären.

Dank

An der vorgestellten Studie wirkten durch tatkräftige Unterstützung oder der freundlichen Überlassung von Datenmaterial mit: Rheinkraftwerk Säckingen AG, Bad Säckingen, Schluchseewerk AG, Freiburg i.Br., Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg i.Br., Wasserwirtschaftsamt Waldshut-Tiengen, Waldshut, Stadtverwaltung Bad Säckingen, Stadtwerke Bad Säckingen, St. Vincentiusverein (Marienhaus), Bad Säckingen. Ihren Vertretern sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Literatur

- Biehler D. in Vorbereitung. *Kluftgrundgewässer im kristallinen Grundgebirge des Schwarzwaldes – Untersuchungen an Untertagebauten zur Beschaffenheit und Genese* (Arbeitstitel). Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, Reihe C.
- Blüm W. 1989. Faciesanalyse im Rotliegenden des Nordschweizer Permokarbon-Trogs (Hochrhein-Region zwischen Basel und Laufenburg). *Eclogae Geologicae Helveticae* (Basel) 82/2, 455-489.
- Diebold P. & Naef H. 1990. Der Nordschweizer Permokarbondrog. *Nagra informiert* (Baden) 12/2, 29-36.
- Diebold P. 1986. Erdwissenschaftliche Untersuchungen der Nagra in der Nordschweiz; Strömungsverhältnisse und Beschaffenheit der Tiefengrundwässer. *Mitteilungen der Aargauischen Naturforschenden Gesellschaft XXXI*, 11-52.
- Disler C. 1914. *Stratigraphie und Tektonik des Rotliegenden und der Trias beiderseits des Rheines zwischen Rheinfelden und Augst*. Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Basel XXV. Basel.
- Edmunds W.M., Kay R.L.F. & McCartney R.A. 1985. Origin of saline groundwaters in the Carnmenellis Granite (Cornwall, England): Natural processes and reaction during hot dry rock reservoir circulation. *Chemical Geology* (Amsterdam) 49, 287-301.
- Gautschi A., Meyer C., Peters T., Meyer J. & Hofmann B. 1986. Die geologische Charakterisierung der Wasserfließsysteme im kristallinen Grundgebirge. *Nagra informiert* (Baden) 8/2, 11-17.
- Geologische Karte Baden-Württemberg*, Blatt 8413 Bad Säckingen (vorläufige, vereinfachte Ausgabe), Hrsg. Geologisches Landesamt Baden-Württemberg 1991, Freiburg i.Br.
- Gonzalez R. 1990. Geometrie und Kinematik der Zeininger Bruchzone und eine Diskussion möglicher spätpaläozoischer Strukturen. *Eclogae Geologicae Helveticae* (Basel) 83/3, 513-523.
- Hasemann W. 1928. Die Thermalquellen von Säckingen. *Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz* (Freiburg i.Br.) N.F. 2/14, 177-184.
- Hauber L. 1980. Geology of the salt field Rheinfelden-Riburg, Switzerland. *Proceedings 5th Symposium on Salt, Cleveland 1980* 1, 83-90.
- Heusser H. 1926. *Beiträge zur Geologie des Rheintales zwischen Waldshut und Basel*. Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz N.F. 57/II. Bern.
- Kanz W. 1987. Grundwasserfließwege und Hydrogeochemie in tiefen Graniten und Gneisen. *Geologische Rundschau* (Stuttgart) 76/1, 265-283.
- Lutz M. 1964. Stratigraphische und tektonische Untersuchungen am südwestlichen Schwarzwaldrand zwischen Wiesental und Hochrhein. *Oberrheinische Geologische Abhandlungen* (Freiburg i.Br.) 13/1+2, 75-122.
- Metz R. 1980. *Geologische Landeskunde des Hotzenwalds*. Lahr.
- Nordstrom D.K., Ball J.W., Donahoe R.J. & Whittemore D. 1989. Groundwater chemistry and water-rock interactions at Stripa. *Geochimica et Cosmochimica Acta* (New York) 53, 1727-1740.

- Pearson F.J. Jr., Balderer W., Loosli H.H., Lehmann B.E., Matter A., Peters Tj., Schmassmann H. & Gautschi A. 1991. Applied isotope hydrogeology – a case study in Northern Switzerland. *Studies in Environmental Science* 43. Amsterdam.
- Sauer K. 1956. Die Säckinger Thermalquelle des St. Marienhauses. *Säckinger Ferienkurier* (Säckingen) 3/2+7.
- Sauer K. 1958. Geologie und Mineralgehalt der Margarethenquelle in Säckingen. *Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz* (Freiburg i.Br.) N.F. 7/2, 127-131.
- Sauer K. 1962. Thermal- und Mineralquellen am Hoch- und Oberrhein und ihre Bedeutung für die Regionalplanung. *Heilbad und Kurort* (Baden-Baden) 14/3, 43-47 u. 65-67.
- Sauer K. 1969. Die Wiedergewinnung der durch Kraftwerksbaumaßnahmen versiegten Natrium-Chlorid-Therme von Säckingen (Hochrhein) Baden-Württemberg. *Heilbad und Kurort* (Baden-Baden) 21/2, 2-12.
- Sauer K. 1986. Die Bad Säckinger Thermen, ihre Herkunft und Zusammensetzung. Kurverwaltung Bad Säckingen (ed), *Die südlichsten 7 – das Feriengebiet im südlichen Schwarzwald*, 11-14. Waldshut.
- Schädel K. & Stober I. 1987. Zur Wasserführung des kristallinen Grundgebirges in Südwestdeutschland. *Geologisches Jahrbuch* (Hannover) Reihe C. 50, 3-23.
- Schmassmann H. & Bayramgil O. 1946. Stratigraphie, Petrographie und Paläogeographie der Perm-Formation im schweizerischen Tafeljura und die Steinkohlefrage der Nordschweiz. *Tätigkeitsbericht der Naturforschenden Gesellschaft Baselland* (Liestal) 15(1945), 12-117.
- Schmassmann H., Balderer W., Kanz W. & Pekdeger A. 1984. Beschaffenheit der Tiefengrundwässer in der zentralen Nordschweiz und angrenzenden Gebieten. *Nagra Technischer Bericht* 84-21. Baden.
- Schmassmann H. 1987. Neue Erkenntnisse zur Beschaffenheit der Tiefengrundwässer der Nordschweiz. *Eclogae Geologicae Helvetiae* (Basel) 80/2, 569-578.
- Suter R. 1915. *Geologie der Umgebung von Maisprach (Schweizerischer Tafeljura)*. Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Basel 26. Basel.
- Wirth G. 1984. Kleintektonische Untersuchungen im Grund- und Deckgebirge des Südostschwarzwalds (Baden-Württemberg). *Arbeiten aus dem Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Stuttgart* (Stuttgart) N.F. 78, 85-136.