

Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz	N. F. <b>10</b>	3	469 — 480	Abb. 18—19	Freiburg im Breisgau 1. August 1972
--	-----------------	---	-----------	---------------	--

# Die Thermalwasserbohrungen im Gewann Pflutterloch auf Gemarkung Baden-Baden - Balneo- und regionalgeologische Ergebnisse -

von

HANSJOSEF MAUS & KURT SAUER, Freiburg i. Br.\*

Mit Abb. 18—19

Die seit 1959 laufenden Bemühungen, mittels Bohrungen zusätzlich Thermalwasser zu jenem aus den seit Römerzeiten bekannten Stollen zu erschließen, sind 1969 erfolgreich abgeschlossen worden. Seit 27. Mai 1969 kann aus zwei Bohrlöchern im Gewann Pflutterloch (vgl. Abb. 18) Thermalwasser entnommen und den Kurbadeeinrichtungen zugeführt werden. Die Erschließungsarbeiten haben sowohl balneo- wie auch regionalgeologisch wichtige Ergebnisse erbracht, über welche nachstehend berichtet wird.

## Balneo- und regionalgeologische Ergebnisse (K. S.)

Im Jahre 1969 wurde im Zusammenhang mit der beginnenden Umgestaltung des Kurbezirkes in Baden-Baden die Aufgabe gestellt, mehr Thermalwasser derselben stofflichen Zusammensetzung und mit denselben thermischen Eigenschaften zu erschließen, wie es die Stollenquellen bisher der Bäder- und Kurverwaltung in Baden-Baden liefern. Dabei durften letztere weder hydraulisch, hydrologisch, chemisch noch physikalisch beeinträchtigt werden. Mit Geländeaufnahmen und einer Analyse des Gesteinsgefüges waren keine Hinweise für günstige Bohransatzpunkte zu gewinnen, welche die Gewähr dafür boten, daß die vorstehend genannten Bedingungen erfüllt waren. Die hervorragende Geländeaufnahme 1:2000 von A. BILHARZ (1939) lag bereits vor, andererseits sind die thermalwasserhöffigen Gesteine (Oberkarbon, alte Schiefer, Granit) durch junge Schichten weitgehend überdeckt. Aufschluß konnte infolgedessen nur noch die Geophysik bringen. Man suchte in der Thermalwasserzone und deren näherer Umgebung mittels geothermischer Meßmethoden Stellen, die in der Nähe der Erdoberfläche überdurchschnittliche Temperaturen aufweisen. Solche können durch Wasser hervorgerufen sein, die rasch aus größerer Tiefe nach oben aufsteigen und die Wärme mitbringen. Die Messungen wurden entsprechend den bekannten geologischen Strukturen angesetzt, welchen ja auch die historischen Quellen ihre Austritte verdanken.

\* Anschriften der Verfasser: Dr. HANSJOSEF MAUS, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, D-78 Freiburg i. Br., Albertstraße 5; Prof. Dr. K. SAUER, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, D-78 Freiburg i. Br., Albertstraße 5.

Baden-Baden liegt in der Badener Oberkarbon-Rotliegend-Senke, welche durch SW-NE-Streichen gekennzeichnet ist. Ihr Kern ist die in gleicher Richtung verlaufende Battert-Aufwölbung, in deren Norden die Rotenfelsener Senke und in deren Süden die Lichtentaler Senke angelegt ist, kleine Teiltröge des gesamten Badener Troges. Diese drei Zentraleinheiten werden durch Verwerfungen voneinander getrennt, die sich im Gelände ermitteln lassen.

Der Grenzbereich Battert-Aufwölbung zur Nordhälfte der Lichtentaler Teilsenke ist von besonderer Bedeutung, weil in ihm die historischen Badener Thermalquellen austreten. Sie bedienen sich dazu der Thermalwasserspalten, die Verwerfungszonen, breite Zerrüttungsspalten sind und in große Erdtiefen hinabreichen. Die wichtigste ist jene, die vom Beutig im Westsüdwesten herkommt und auf das Kurhaus hinzieht. Dort ist sie in der Felswand links der Oos als nahezu 100 m breite zerrüttete Gesteinsmasse sichtbar. Sie ändert von hier ab ihre Richtung von WSW-ENE ( $\sim 67^\circ$ ) in SW-NE ( $\sim 37^\circ$ ), streicht südlich der Trinkhalle vorbei und wird dann durch die geologisch sehr jungen Kiese und Sande der Oos verdeckt. Bis zum Fluß versetzt sie alte Schiefer vermutlich devonischen Alters im Norden gegen oberkarbonische Sandsteine im Süden. Östlich desselben ist sie in der unteren Büthenstraße festzustellen, zieht mit  $37^\circ$  Streichen über die Büthenquelle auf die NW-Begrenzung des Marktplatzes, über die Westecke der Schloßterrasse am Florentinerberg in Richtung Hungerberg auf das Murgtal zu. Bis zum Marktplatz grenzen alte Schiefer im Norden an Oberkarbon im Süden, von da bis zur Schloßterrasse Badener Granit gegen letzteres (Abb. 18)<sup>1</sup>.

Später verläuft die Störungslinie im Oberkarbon bzw. Rotliegenden. Sie wird Hauptthermalpalte genannt, wobei sich die natürlichen Wasseraustritte im wesentlichen in der Oberkarbonscholle befinden. Von ihnen soll jedoch nicht die Rede sein.

Es lag nahe, zunächst einen Streifen nördlich und südlich der Hauptthermalpalte vom Beutig bis zum Hungerberg durch thermische Messungen näher zu erkunden. Diese Maßnahme erschien deshalb sinnvoll, weil man hier einmal von bekannten Verhältnissen ausgehen und zum anderen neugefundenes Wasser in den vorhandenen Badeeinrichtungen ohne wesentliche zusätzliche technische Einrichtungen und Bauten verwenden konnte. Damit waren auch die bei jeder vernünftigen Thermalwassererschließung zu beachtenden wirtschaftlichen Gesichtspunkte berücksichtigt.

Zunächst wurden die Untergrund-Temperaturen in 2 und 4 m Tiefe in der Zeit vom 9. 1. bis 19. 2. 1960 in 500 Bohrlöchern von 4 m Tiefe vom Kloster „Zum Heiligen Grab“ bis in das Gebiet um den Radiumbrunnen in Steinwald mittels elektrischer Widerstandsthermometer gemessen. Deren Auswertung ergab, daß vom Westrand des Schloßgartens nach Nordosten eine Wärmeanomalie vorhanden ist, welche mit ziemlicher Gewißheit durch im Untergrund zirkulierendes Thermalwasser erzeugt wird. Eine weitere Unregelmäßigkeit am Hungerberg konnte in ihrer Ursache nicht eindeutig geklärt werden. Die Messungen wurden im Januar und Februar 1962 in 400 weiteren Bohrlöchern der gleichen Tiefe mit denselben Methoden fortgesetzt. Von ihnen schlossen einige an das bisherige Meßnetz im Norden des Radiumbrunnens an. Andere überdeckten das Gebiet des

<sup>1</sup> Der Bäder- und Kurverwaltung Baden-Baden, Kurdirektion, gilt besonderer Dank dafür, daß sie die Druckstöcke für die beiden Abbildungen entgegenkommenderweise zur Verfügung gestellt hat.

Pflutterloches, den Raum westlich der Oos vom Friesenberg bis zum Rebbuckel und die Beutigwiesen.

Alle Messungen wurden in einem Rasternetz mit je 25 m Abstand der einzelnen Punkte durchgeführt. Die Ergebnisse der zweiten Kampagne brachten die Gewißheit, daß die Anomalie am Steinwald nicht thermalwasserbedingt ist und die Verhältnisse westlich der Oos wesentlich ungünstiger sind als östlich. Das Wiesengelände im Pflutterloch zu beiden Seiten des Baches erwies sich als besonders hoffnungsträchtig. Zunächst mußte jedoch überprüft werden, ob sich die durch die bisherigen Messungen nachgewiesenen Anomalien auch bei Wiederholung zeigen und auch in größere Tiefe zu verfolgen sind. Deshalb wurden im Pflutterloch eine Anzahl Bohrungen von 10, 20 und 50 m Tiefe gestoßen. Darin wurden bis 1964 zu verschiedenen Zeiten Kontroll- und Wiederholungsmessungen vorgenommen, insbesondere aber in einer 21 m tiefen Dauermeßstelle, in welche 17 Meßelemente stationär eingebaut waren. Dadurch war es möglich, die Veränderungen der Bodentemperatur nach der Tiefe an 17 verschiedenen Punkten zu erfassen. Für 20 m Tiefe ergab sich aufgrund der zahlreichen Messungen ein Wert von  $+17,5^{\circ} \pm 0,2^{\circ} \text{C}$ , woraus sich ein ungewöhnlich hoher Temperaturgradient von  $28^{\circ} \text{C}/100 \text{m}$  errechnen läßt. Der Raum erschien somit zu Bohrversuchen prädestiniert, zumal auch in anderen in der Nähe gelegenen Bohrlöchern ähnlich abnormale Gradienten festgestellt waren (Normalgradient  $3^{\circ} \text{C}/100 \text{m}$ ). Eine solche ungewöhnliche Aufheizung konnte nur mit einer echten tiefenbedingten Wärmeanomalie in Beziehung stehen.

Die angewandte Geophysik hatte also einen Weg gewiesen, der mit einiger Aussicht auf Erfolg zu beschreiten war. Bei einer Auswahl der Ansatzpunkte für die Untersuchungsbohrungen mußte neben den geophysikalischen Hinweisen aber auch berücksichtigt werden, ob und wie Bohrgeräte günstig aufgestellt werden können. Nach eingehenden Überlegungen wurde 1965 südlich vom Pflutterbächle auf dem Grundstück Lgb.-Nr. 798/1 am Hang zur Schloßstraße die Versuchsböhrung 1 in unmittelbarer Nähe der 50-m-Temperatur-Meßbohrung BQ 16 (ermittelter Temperaturgradient  $23,6^{\circ} \text{C}$ ) schräg unter einem Winkel von  $15^{\circ}$  nach Süden in Richtung Neues Schloß angesetzt (Geländehöhe 200,41 m + NN).

Die Bohrung wurde 301,50 m lang und hat folgende Gesteine angetroffen:

1. — 6,60 m Hangschutt
2. — 228,00 m Granit
3. — 241,00 m Schiefer
4. — 242,00 m Granit
5. — 249,00 m Schiefer
6. — 252,00 m Granit
7. — 256,00 m Schiefer
8. — 257,00 m Granit
9. — 301,50 m Schiefer.

Die früher veröffentlichten generellen Angaben (SAUER 1970) sind infolge der inzwischen durchgeführten genauen Kernaufnahme durch MAUS nach den vorstehenden Zahlen zu revidieren. Die Bohrung wurde vollständig gekernt (Durchmesser: 150 mm bis 6,60 m, 131 mm bis 14,50 m, 101 mm bis 144,60 m und 86 mm bis 301,50 m). Der erste schwache Zufluß von Thermalwasser stellte sich bei 197 m Bohrtiefe ein, dessen Druck aber doch so hoch war, daß es am Kopf des Bohrloches überflurgespannt austrat. Die Hauptwassermenge wurde in 203 m Tiefe angeschlagen, die bis heute überflurgespannt aus dem Bohrloch austritt. Die Menge wurde mit 1,12 l/s ermittelt, was 96 768 l/Tag entspricht.

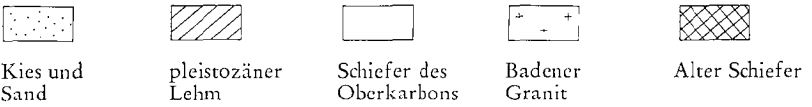
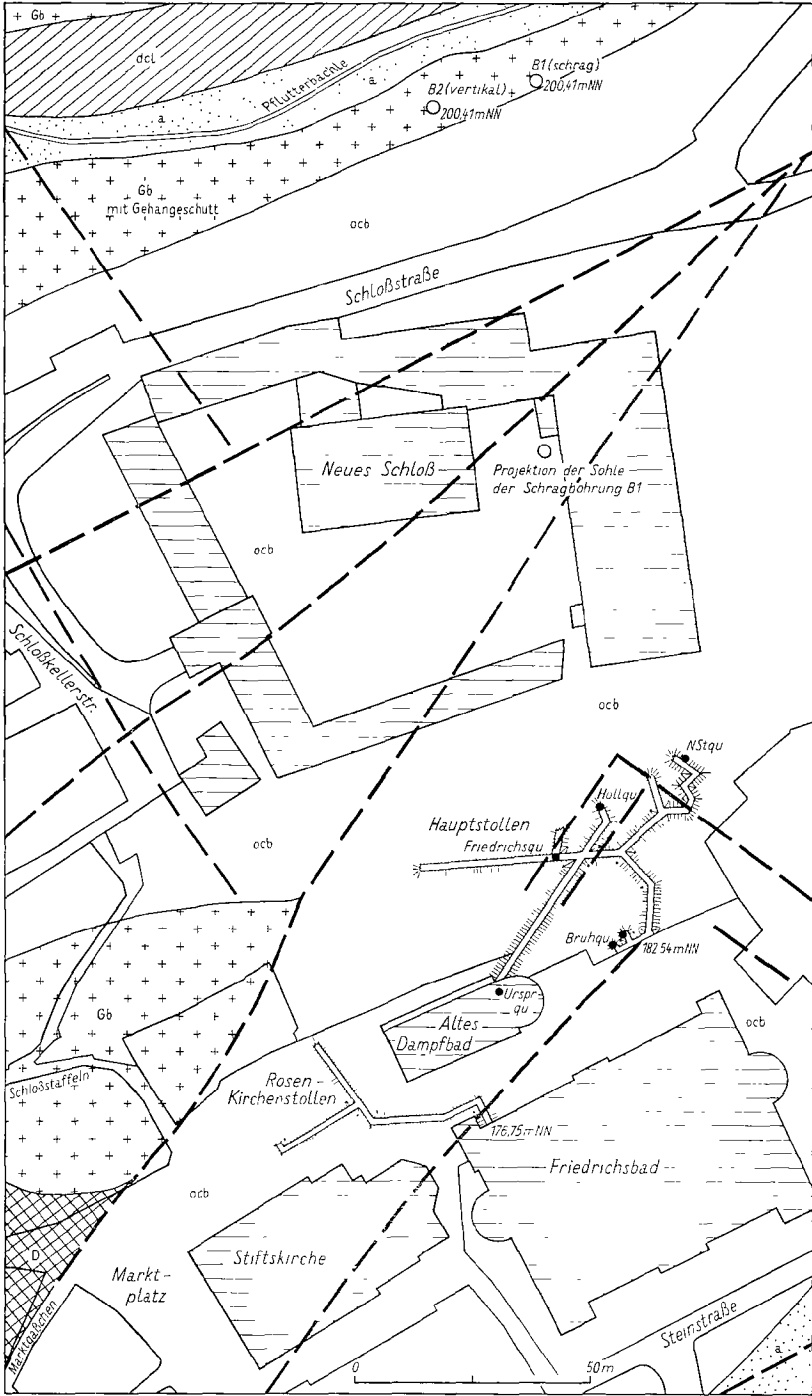


Abb. 18: Geologische Skizze des Thermalquellengebietes von Baden-Baden mit den Pflutterloch-Bohrungen (nach der Geologischen Spezialkarte 1:25 000 und der Kartierung 1:2000 von A. BILHARZ 1939 sowie eigenen Beobachtungen zusammengestellt von K. SAUER, 1970).

Die ebenfalls vollständig gekerkerte Versuchsbohrung 2 (Anfangsdurchmesser 101 mm, Enddurchmesser 86 mm) ist 25 m westlich von Bohrloch 1 in der Nähe der 50 m tiefen thermischen Meßsonde Q 17 angesetzt und vertikal bis auf 553 m unter Gelände gebracht (Geländehöhe 241 m + NN, also bis 352,59 m unter Meeresniveau). Sie hat die nachfolgend aufgeführte Gesteinabfolge erschoten:

1. — 11,00 m Hangschutt
2. — 358,00 m Granit
3. — 359,00 m Schiefer
4. — 360,00 m Granit
5. — 366,00 m Schiefer
6. — 368,00 m Granit
7. — 372,00 m Schiefer
8. — 374,00 m Granit
9. — 553,00 m Schiefer.

Auch für sie sind die bei SAUER 1970 gemachten vorläufigen Angaben entsprechend den vorstehenden Daten zu revidieren.

In ihr traten aus Klüften oder Zerrüttungszonen Thermalwässer in folgenden Tiefen in die Bohrung: 139 m, 446 m, 496,60 m (Hauptzulauf) und dann immer wieder in geringen bis geringsten Mengen bis 511 m. Der überflurgespannte Gesamtgeruß lag zunächst bei 1,26 l/s. Er erhöhte sich auf der Strecke bis 553 m nicht mehr. Nach Abschluß der Bohrarbeiten pendelte er sich auf 0,87 l/s = 75 168 l/Tag ein. Das Bohrloch wurde angesichts der günstigen Ergebnisse für die Produktion aufgebohrt (253 mm bis 98 m und danach mit 225 mm bis zur Endteufe). Es wurde mit korrosionsbeständigen Hagusta-Aufsatz-Rohren NW 175 bis 451,70 m ausgebaut, an die sich Filterrohre derselben Dimension und Beschaffenheit mit versetzter Schlitzlochung dreimal 25 mm anschließen, durch welche das Thermalwasser eintreten kann. Um gegen Oberflächenwässer abgesichert zu sein, wurde eine Schutzrohrtour von 240 mm Durchmesser bis 98 m eingestellt. Die Zwischenräume zwischen Bohrlochwand, Hilfsverrohrung und Hagustarohren wurden bis 128 m über Injektionsrohre ausbetoniert. Der nach erfolgtem Ausbau durchgeführte Dauerpumpversuch ergab, daß 2,27 l/s (= 196 128 l/Tag) bei Absenkung des Wasserspiegels um 100 m gefördert werden können.

Das Schrägbohrloch 1 wurde nicht erweitert und derart ausgebaut, daß zuerst ein Vorschacht von 1,60 m Durchmesser unter 15° Neigung bis 17,20 m geteuft wurde, wobei das vorhandene Kernbohrloch zur Führung des Piloten verwendet wurde. In den Vorschacht wurde ein Hagustarohr NW 150 (vollwandig) eingebaut, welches auf 3 m dicht in den Fels einbetoniert wurde. Zusätzlich wurde eine Abdichtung mit Hilfe eines in die Felsbohrung eingesetzten Gummipackers vorgenommen.

Somit lassen sich aus beiden Bohrlöchern ohne Pumpbetrieb 1,99 l/s (= 171 936 l/Tag) und mit Pumpbetrieb 3,39 l/s (= 292 896 l/Tag) entnehmen. Im Gegensatz zum bestehenden Thermalquellensystem kommt das Wasser der Bohrungen aus dem Badener Granit bzw. den alten Schiefem, die in einer Kontaktzone aneinanderstoßen. Diese getrennte Herkunft aus einem anderen Kluft- oder Störungssystem macht verständlich, daß während der gesamten Bohrarbeiten und auch der danach einsetzenden regelmäßigen Nutzung das bestehende Quellsystem nach Menge, Wärme und chemischer Beschaffenheit nicht beeinträchtigt wurde. Dies wird besonders deutlich

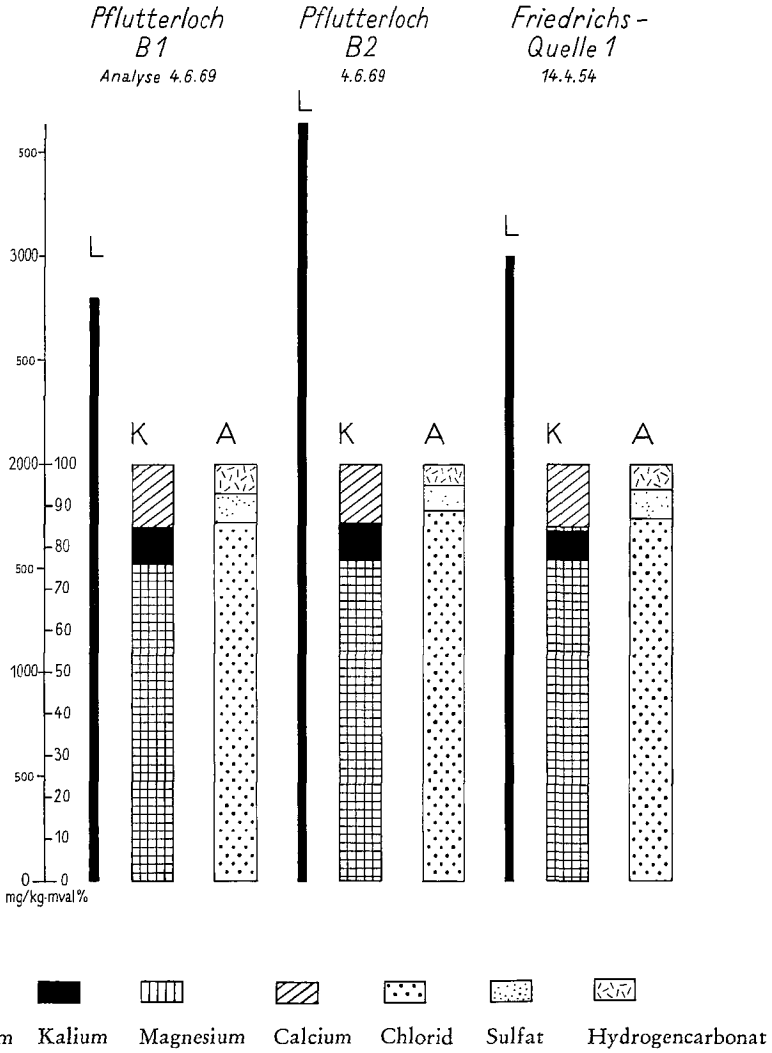


Abb. 19: Lösungsinhalt und Charakteristik der erbohrten Wässer im Vergleich mit den Quellen.

dadurch, daß die Druckhöhen der überflugespannten Austritte deutlich voneinander verschieden sind. Das Mundloch des Hauptstollens liegt bei 182,54 m + NN, also rund 18 m niedriger als die Austritte in den beiden Bohrlöchern. Das Mundloch des Kirchenstollens befindet sich mit 176,75 m + NN sogar rund 24 m tiefer.

Die Temperaturen des durch beide Löcher erschroteneu Wassers passen sich mit + 62,4° C in Bohrung 1 und + 55,5° C in Bohrung 2 (jeweils am Auslauf gemessen) in das bekannte Temperaturgefüge der vorhandenen Quellaustritte ausgezeichnet ein.

Der Gesamtlösungsinhalt des Wassers aus Bohrung 1 beträgt ausweislich der Großen Heilwasseranalyse vom 4. 6. 1969, welche vom Geologischen Landesamt Baden-Württemberg ausgeführt wurde, 2792,439 mg/kg, davon entfallen auf das Natrium 758,7 mg/kg und auf das Chlorid 1320,96 mg/kg. Die Konzentration des Thermalwassers aus Bohrung 2 ist nach einer entsprechenden Analyse wie bei B 1 mit dem Gesamtgehalt von 3640,456 mg/kg wesentlich höher, bedingt durch die stärkeren Anteile von Natrium und Chlorid, den beiden Komponenten des Kochsalzes, welches für die Badener Heilwässer charakteristisch ist. Dieses ist deshalb in beiden Fällen nach den balneologischen Richtlinien als Natrium-Chlorid-Therme zu bezeichnen. Es unterscheidet sich typologisch nicht von dem aus den seit Jahrtausenden vorhandenen Quellen austretenden, was durch den Vergleich mit den Analysenwerten der Hauptquelle (Friedrichsquelle I) bezeugt wird. Diese hat bei einer Temperatur von + 68,8° C 3000,389 mg/kg Lösungsinhalt (vgl. Abb. 19). Um die Zusammenhänge noch transparenter zu machen, sind nachfolgend die mval-%-Werte von Natrium- und Chlorid-Ion aufgeführt:

	Friedrichsquelle I	Bohrung 1	Bohrung 2
Natrium-Ion	76,82	76,505	76,645
Chlorid-Ion	87,02	86,294	88,914

Aus der Darlegung läßt sich ableiten, daß sich das neuerschlossene Wasser ohne Schwierigkeiten dem bereits vorhandenen für Trink- und Badekuren beimischen läßt. Erwähnt sei, daß seine hygienische Beschaffenheit ausgezeichnet ist, da weder indifferente noch pathogene Keime nachgewiesen werden konnten.

Das bestehende Quellsystem wurde weder nach Menge, Art und Beschaffenheit noch in seinem Wärmehaushalt durch die Neubohrungen beeinträchtigt. Darüber hinaus hat das neuerschlossene Wasser, das aus einem bisher nicht bekannten Schollensystem kommt, nach Temperatur, Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen und Gasen und chemischer Typologie denselben Charakter. Das Gesamtangebot wird von bisher 800 auf 1100 cbm/Tag erhöht.

#### Regionalgeologische Ergebnisse (H. M.)

Die beiden Bohrungen haben sehr wesentlich zur Klärung über die Art des Kontaktes zwischen alten Schiefen und Badener Granit beitragen können.

Schon seit mehr als 100 Jahren geht nämlich die Diskussion darüber, ob der Kontakt des Badener Granits gegen die paläozoischen Schiefer ein thermischer ist oder nicht. Schon SANDBERGER (1861, S. 51) schreibt, „daß die Gesteine in der nächsten Berührung mit dem Granite stark verändert, daß sie reicher an Alkalien und chloritischen Silicaten oder an einem dieser Bestandteile allein geworden

sind“. Auch KNOP (1879) hält das „Übergangsgebirge“ für kontaktmetamorph geprägt. Die ersten Zweifel an der kontaktmetamorphen Beeinflussung tauchen bei KLOOS (1888) auf. Er hält den Badener „Hornfels“ für Hälleflinta. Dem widersprechen LEPSIUS (1889) und ECK (1892), die von einem echten Granitkontakt überzeugt sind. In seiner Dissertation legt EISELE (1907) eine differenzierte Studie über Kontaktbildungen vor, bei denen er einen äußeren und einen inneren Kontakthof ausscheidet. Der äußere Kontakthof ist gekennzeichnet durch das Auftreten von Knotenschiefern, epidotführenden Biotithornschiefen, Muskovit-schiefern und Biotit-Turmalinhornschiefen, während granatführende Hornfelse, granat- und andalusitführende Glimmerquarzhornfelse und disthen- und andalusitführende Glimmerquarzhornfelse neben Glimmer-Granatfleckenschiefern den inneren Kontakthof anzeigen. Auch BILHARZ (1934) hält an dieser Deutung fest, wohingegen SITTIG (1965) zu völlig anderen Vorstellungen über die Genese der metamorphen Gesteine kommt.

Die Thermalwasserbohrungen im Pflutterloch, die den Kontakt zwischen Granit und Schiefen durchteuften, gaben den Anlaß zu einer erneuten Untersuchung des Kontaktproblems. Die Ergebnisse bestätigen die Ansichten von SITTIG (1965) und lassen erkennen, daß vom Badener Granit keinerlei Kontaktwirkungen auf sein heutiges Nebengestein ausgeübt wurden.

### Petrographische Untersuchungen

Die beiden Bohrungen erbrachten ca. 850 m Bohrkern, von denen ca. 30 m zur näheren Untersuchung ausgewählt wurden. Zur Mineralbestimmung dienten neben optischen auch röntgenographische Verfahren. Die Angaben über Strukturen, Verbandsverhältnisse etc. wurden an 57 Dünnschliffen und an behandelten und unbehandelten Bohrkernen gewonnen.

### Der Granit

Von den insgesamt 36 Dünnschliffen, die vom Granit gemacht wurden, zeigt keiner den Granit so, wie er primär vorgelegen hat. In allen Schliffen kann man mehr oder weniger starke tektonische Beanspruchung und sekundäre Umwandlungen beobachten. Trotzdem wurde der Versuch unternommen, den Modalbestand an relativ „frischen“ Proben zu bestimmen. Die hierbei ermittelten Ergebnisse sind dementsprechend nicht repräsentativ für den gesamten Granitkomplex, sondern stellen lediglich Anhaltspunkte für die Beurteilung einzelner Vorgänge im Granit dar.

Die Integrationsanalyse ergab:

Quarz	29,2 %	
Plagioklas	43,8 %	(~ An 05—08)
Orthoklas	15,9 %	
Chlorit	9,6 %	
Akzessorien	1,5 %	

Der Quarz erreicht in tektonisch nur gering beanspruchten Partien bis zu 2,5 mm Korngröße, zeigt aber auch hier schon undulöse Auslöschung. Mit zunehmender Verformung des Gesteins nimmt die Korngröße rasch ab. Zuerst brechen Spitzen und Ecken ab, dann zerfällt auch der Kern, bis schließlich lang



ausgewalzte Fahnen kleinster Quarzbruchstücke vorliegen, die häufig mit zerfaserten Chloritschüppchen vermenget sind. Integrationsanalysen an tektonisch verschieden stark beanspruchten Proben zeigen, daß der Quarz nicht nur zerkleinert wird, sondern daß er sogar aus dem Gestein ausgepreßt wird, das Gestein also mit zunehmender Durchbewegung an Quarz verarmt, Feldspäte und Chlorit dagegen relativ zunehmen:

Auswalzungsgrad	gering	mäßig	mittel	stark	extrem
Plagioklas	43,8	48,2	52,2	56,9	65,8
Orthoklas	15,9	13,8	13,3		
Quarz	29,2	23,7	14,7	5,8	2,3
Chlorit	9,6	12,5	16,3	22,7	32,6
Akzessorien	1,5	1,8	3,5	5,7	8,2

Mit zunehmender Auswalzung nimmt natürlich auch die Korngröße stark ab, wodurch die Unterscheidung zwischen Orthoklas und Plagioklas immer ungenauer wird. Deshalb sind beide in den letzten Spalten zusammengefaßt.

Zur Kontrolle der Integrationsanalysen wurden die Proben der beiden letzten Spalten röntgenographisch auf Quarz untersucht, wobei der Quarzgehalt mit ca. 5 % bzw. 0 % bestimmt wurde.

Von fast allen früheren Bearbeitern wurden aus dem Granit kleinste bis sehr große „Schiefereinschlüsse“ im Granit erwähnt. Auch die Bohrung zeigte wohl mehr als 200 dieser „Einschlüsse“, doch konnte in keinem Fall durch einen Dünnschliff ein tatsächlicher Schiefereinschluß nachgewiesen werden. Vielmehr stellte sich stets heraus, daß es sich bei diesen dunklen Schmitzen um stark ausgewalzte Granitpartien handelte. Drei Fakten sprechen für die Annahme, daß diese dunklen Schmitzen keine Schiefereinschlüsse sind:

1. stellen sie das Endprodukt der im ganzen Granit zu beobachtenden Auswalzung dar,
2. zeigen sie keinerlei Kontakterscheinungen,
3. führen sie im Gegensatz zu den echten Schiefen Titanit.

Der ausgewalzte Quarz findet sich, zusammen mit sehr wenig Feldspat und geringen Mengen von Chlorit, in den „aplitischen und sauren Apophysen und Gängen“ der früheren Bearbeiter wieder, die teils im Granit, teils in den Schiefen aufsetzen. Hierbei wird sogar durch die Auspressung ein Fluidalgefüge erzeugt, indem einzelne, nur randlich abgesplitterte Feldspäte von der Quarzmatrix „umflossen“ werden. Vorausgesetzt, daß gutes Untersuchungsmaterial zur Verfügung steht, lassen sich derartige Mylonite jedoch zweifelsfrei von magmatischen Spaltenfüllungen unterscheiden. Zum Beispiel zeigt ein derartiger Mylonit in der Bohrung I bei 149,9 m recht gut erhaltene Feldspat-Quarz-Aggregate mit rundem bis linsenförmigem Umriss. Diese Aggregate liegen in einer Quarz-Feldspat-Matrix, die durch lange Biotitzerreibsel-Fahnen fluidal strukturiert wird, und zeigen allenthalben Rotationserscheinungen. Besonders deutlich stellt sich dabei die geringere Zertrümmerung des Quarzes im Druckschatten der Feldspataggregate heraus. Während hier der Quarz nur bis auf Korngrößen von ca. 50  $\mu$  zerkleinert ist, liegen die durchschnittlichen Korngrößen in der Matrix bei 2—5  $\mu$ .

Die Feldspäte zeigen eine weitaus geringere Zertrümmerung als der Quarz. Selbst wenn der Quarz schon zu einem kleinen Pflaster zerlegt ist, sind bei den Feldspäten erst undulöse Auslöschung, Verbiegung der Zwillingslamellen oder

höchstens randliche Absplitterungen zu beobachten. Wie die Integrationsanalysen zeigen, führt der Granit neben Plagioklas auch Kalifeldspat im Verhältnis 3:1 bis 4:1. Der Plagioklas ist ein Albit mit einem Anorthitgehalt von etwa 5 bis 8 %. Die durchschnittliche Korngröße liegt bei ca. 1,5 mm, doch kommen auch bis zu 5 mm große Kristalle vor. Sie zeigen meist schmale Zwillinglamellen nach dem Albitgesetz, doch wurden auch unverzwilligte Individuen beobachtet. Der Kalifeldspat ist meist ein Orthoklas, der vielfach nach dem Karlsbader Gesetz verzwilligt ist. Daneben tritt auch Mikroklin und Orthoklasperthit auf. Die Korngröße der Kalifeldspäte ist im allgemeinen etwas geringer als die der Plagioklase, doch kommen auch hier Kristalle von mehr als 5 mm Länge vor. Alle Feldspäte zeigen beginnende Serizitierung und teilweise auch Karbonatisierung. Diese sekundären Umwandlungen sind augenscheinlich unabhängig von der besonders bei den Plagioklasen zu beobachtenden Trübung, die einerseits auf Flüssigkeitseinschlüsse, daneben aber auch auf Hämatiteinlagerungen zurückzuführen ist. Selten ist in feldspatreichen Partien eine geringe Epidotneubildung zu beobachten.

Der Biotit ist kaum noch in seiner ursprünglichen Form zu beobachten; nur hin und wieder findet man in den heute als Chlorit vorliegenden Paketen einzelne dünne Lagen, die eine braune Eigenfarbe besitzen. Bei dem Chlorit handelt es sich um zwei Varietäten der Magnesium-Eisen-Chlorite, nämlich um Fe-Prochlorit mit anomal violettblauen Interferenzfarben, optisch negativ, Pleochroismus hellgelbgrün/graugrün, und um Prochlorit mit anomal lederbraunen Interferenzfarben, optisch positiv, Pleochroismus hellgelbgrün/dunkelgrün. Beide kommen nebeneinander vor, z. T. sogar im gleichen Biotitpaket. Die Pseudomorphose von Chlorit nach Biotit bedingt ein Austreten des  $TiO_2$  aus dem Biotitgitter; daher findet man allenthalben kleine Brookitkörnchen über das Glimmerpaket verteilt, z. T. auch randlich angereichert. Insgesamt sind die ehemaligen Biotitpakete verbogen, zerknittert und z. T. zu langen Fahnen ausgewalzt.

Auch die Hornblende ist fast vollständig in Chlorit umgewandelt, lediglich in zwei Fällen konnte noch frische Hornblende beobachtet werden. Es handelt sich um Hastingsit mit einem Pleochroismus hellgrün/grün, optisch negativ. Bisweilen sind selbst in den Chloritpseudomorphosen noch die Spuren ehemaliger Spaltflächen zu erkennen. Bei dem die Hornblende ersetzenden Chlorit handelt es sich meist um ein einziges Individuum, wobei die Spaltrichtung des Chlorits mit einer Spaltrichtung der Hornblende zusammenfällt. Der Chlorit ist ein Aphrosiderit mit einem Pleochroismus hellolivgrün/dunkelolivgrün, normalen Interferenzfarben, optisch negativ.

Außer diesem Chlorit in Pseudomorphosen gibt es aber auch selbständigen Chlorit in Form schmaler Chloritadern aus Prochlorit und Fe-Prochlorit, die das Gestein durchsetzen. Diese Adern sind bisweilen tektonisch nicht beansprucht, es handelt sich dann also um recht junge Bildungen, wie überhaupt die Chloritisierung ein posttektonischer Vorgang war, da z. B. die Hornblenden durch die Tektonik zerbrochen wurden und nicht zerschliffen sind, was der Fall sein müßte, wenn die Chloritisierung vor der Tektonik stattgefunden hätte.

Der Apatit liegt meist in rundlichen Körnern oder in gedrungenen Säulen vor. Er erreicht bis zu 0,3 mm Größe und ist vielfach zerbrochen. Er tritt häufig, wie auch die anderen Akzessorien, in enger Nachbarschaft mit Biotit und Hornblende auf. Eine zweite Generation von bis zu 0,3 mm langen Nadeln zeigt durch ihr Wachstum in den Myloniten eine spät- bis posttektonische Entstehung an,

da ein Teil der Nadeln geringfügig zerbrochen und eingeregelt ist, eine größere Anzahl aber ungergelt und unzerbrochen ist.

Der Titanit ist stets idiomorph und durch Tektonik nur geringfügig zerbrochen. Er ist meist umgewandelt in Brookit und Calcit, wobei die einzelnen Brookit-Körnchen bisweilen perlchnurartig entlang den ehemaligen Spaltrissen aufgereiht sind.

Der Zirkon ist recht selten und kommt in zwei Generationen vor. Die erste Generation besteht aus bis zu 0,5 mm großen, zonargebauten Kristallen, die als Aufschmelzungsrelikte aufzufassen sind. Die zweite Generation erreicht kaum 50  $\mu$  und ist meist in Biotit eingewachsen. Pleochroitische Höfe sind allerdings nur sehr schwach ausgebildet.

Der Magnetit ist ebenfalls nicht häufig. Meist liegen kleine idiomorphe Kristalle in Grüppchen beieinander, die durch die Tektonik zerbrochen sind und nun eine lange Reihe von Bruchstücken bilden.

### Die Schiefer

Bei den durchteuften Schiefen handelt es sich fast stets um feinkörnige Quarz-Muskovit-Chlorit-Schiefer mit wechselnden Mengen von Feldspat. Apatit, Zirkon und Erz sind ebenfalls vorhanden, desgleichen auch alle drei im Granit auftretenden Chlorite. Es gäbe also keine Möglichkeit, einen extrem stark geschieferten Granit von den echten Schiefen zu unterscheiden, wenn nicht im Granit noch zusätzlich Titanit auftreten würde, der im Schiefer nicht vorhanden ist. Selbst in den sehr stark ausgewalzten dunklen Schmitzen ist der Titanit noch eindeutig zu erkennen, da er nur geringfügig zerbrochen ist.

Neben den Quarz-Muskovit-Chlorit-Schiefen kommen in geringer Menge auch noch Quarz-Biotit-Calcit-Schiefer, feinkörnige, geschieferte Grauwacken, Quarzite, Quarz-Biotit-Schiefer und epidot- und calcitführende Chloritschiefer vor.

Die Schiefer werden wie auch der Granit von feinen Calcit-, Chlorit- und gemischten Calcit-Chlorit-Adern durchzogen. Sie sind vielfach gestaucht, ausgelängt und verbogen und führen hin und wieder Pyrit-Blasen als Neubildungen.

### Der Kontakt

Es muß als glücklicher Zufall bezeichnet werden, daß die Bohrungen den Kontakt zwischen Schiefer und Granit durchteuft haben. In gekürzter Form sind die erschlossenen Gesteine bereits auf S. 471 und 473 aufgeführt. Auf sie wird verwiesen.

Die starke Verzahnung von Granit und Schiefer ergibt einen Schuppenkontakt, was sich durchaus mit den mikroskopischen Befunden deckt. Der Mineralbestand der Schiefer zeigt zwar, daß sie einer Metamorphose unterlegen haben, doch hat es sich hierbei um die niedertemperierten Zonen der Grünschieferfazies gehandelt, also um eine seichte Regionalmetamorphose. Für eine Kontaktmetamorphose an einem Granit lassen sich selbst direkt am Kontakt absolut keine Kriterien feststellen. Was immer auch EISELE an metamorphen Gesteinen in der Umgebung des Granits festgestellt haben mag, es steht mit dem Baden-Badener Granit in keinerlei ursächlichem Zusammenhang. Da auch SITTING (1965) für die paläozoischen Sedimente der Baden-Badener Mulde starke Verschuppungen annimmt, fügt sich der ebenfalls verschuppte Granitkontakt zwanglos in den großen geologischen Rahmen.

Schrifttum:

- BILHARZ, A.: Geologische Spezialkarte von Baden, Blatt Nr. 67, Baden-Baden, mit Erläuterungen, Freiburg i. Br. 1934.  
— Geologische Karte 1:2000 des Stadtgebietes von Baden-Baden (unveröff. Manuskript) 1939.
- ECK, H.: Geognostische Beschreibung der Gegend von Baden-Baden, Rothenfels, Gernsbach und Herrenalb. — Abh. kgl. preuss. geol. Landesanst., N. F. 6, S. 1—686, 1 Karte, Berlin 1892.
- EISELE, H.: Das Übergangsgebirge bei Baden-Baden, Ebersteinburg, Gaggenau und Sulzbach und seine Kontaktmetamorphose durch das Nordschwarzwälder Granitmassiv. — Z. deutsch. geol. Ges., 59, S. 131—214, Berlin 1907.
- KIDERLEN, H.: Zur Geologie der Schwarzwaldthermen. — Neues Jb. Geol. u. Paläontol., Abh., 96, S. 496—506, Stuttgart 1953.
- KLOOS, H. H.: Die ältesten Sedimente des nördlichen Schwarzwaldes und die in denselben eingelagerten Eruptivgesteine. — 5. Jb. Ver. Naturwiss. Braunschweig für 1886/87, S. 33—58, Braunschweig 1889.
- KNOP, A.: Übersicht der geologischen Verhältnisse der Umgebung von Baden-Baden. — 37 S., 1 geol. Karte, Karlsruhe 1879.
- SANDBERGER, F.: Geologische Beschreibung der Gegend von Baden. — Beitr. Statist. inneren Verw. Großherzogt. Baden, 11, 66 S., 2 Taf., 2 geol. Kart., Karlsruhe 1861.
- SAUER, K.: Die Thermen von Baden-Baden und ihre erdgeschichtlichen Ursachen. — In: So heilt Baden-Baden, S. 9—17, Uelzen 1966.  
— Neues Thermalwasser aus dem Gewann Pflutterloch in Baden-Baden. — In: Die Baden-Badener Florentinerquelle, S. 2—7, 2 Abb., Baden-Baden 1970.
- SITTING, E.: Der geologische Bau des variszischen Sockels nordöstlich von Baden-Baden (Nordschwarzwald). — Oberrhein. geol. Abh., 14, S. 167—207, 4 Abb., 1 Taf., Karlsruhe 1965.

(Am 3. 10. 1971 bei der Schriftleitung eingegangen.)

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V. Freiburg i. Br.](#)

Jahr/Year: 1969-1972

Band/Volume: [NF\\_10](#)

Autor(en)/Author(s): Sauer Kurt F.J., Maus Hansjosef

Artikel/Article: [Die Thermalwasserbohrungen im Gewann Pflutterloch auf Gemarkung Baden-Baden - Balneo- und regionalgeologische Ergebnisse \(1972\) 469-480](#)