

Zeitschrift: Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft
Herausgeber: Aargauische Naturforschende Gesellschaft
Band: 17 (1925)

Artikel: Die Mineral- und Heil-Quellen des Kantons Aargau : ihre geologischen und chemischen Verhältnisse
Autor: Hartmann, Ad.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-172041>

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: 16.04.2026

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

Die Mineral- und Heil-Quellen des Kantons Aargau.

Ihre geologischen und chemischen Verhältnisse.

Von Dr. Ad. Hartmann, Prof. an der Aarg. Kantonsschule, Aarau.

Vorwort.

Der Aargau nimmt unter den Schweizerkantonen in Bezug auf seine Wasserverhältnisse eine Sonderstellung ein. Auf seinem Boden vereinigten sich schon vor der Bildung des Jura- und Alpengebirges die Flüsse des südlichen Schwarzwaldes und des Gebietes der späteren Schweizeralpen. In der Diluvialzeit war er Sammelplatz aller großen Gletscher der Nordschweiz. In der Gegenwart beherbergen seine zahlreichen breiten mit jungem Kies gefüllten Urstromtäler die mächtigsten Grundwasserströme des Landes, deren mannigfache Bedeutung immer mehr erkannt und gewürdigt wird. Der Aargau ist sehr reich an Quellen, die Prof. Fr. Mühlberg schon im Jahre 1901 in der Quellenkarte des Aargaus zusammengestellt hat. Eine große Zahl der Quellen sind reich an Mineralstoffen; einzelne waren als Heilquellen schon den Römern bekannt und haben auch heute noch Weltruf; andere haben trotz ihres beträchtlichen Gehaltes noch kaum Beachtung gefunden. An Mineralquellen wird der Aargau einzig vom Kanton Graubünden übertroffen.¹

Schon zweimal sind die aargauischen Heilquellen zusammenfassend besprochen worden, so im Jahre 1867 in *Meyer-Ahrens*: Die Heilquellen und Kurorte der Schweiz und 1910 in dem Buch der Schweizerischen Balneologischen Gesellschaft: *Bäder und Kurorte der Schweiz*. Im ersten, großen Werke haben die Heilquellen eine für die damaligen Kenntnisse recht gute Behandlung erfahren, sind vollständig aufgezählt, historisch, geographisch und balneologisch gut besprochen und, soweit es möglich war, mit analytischen Daten versehen. Jene Analysen sind aber in ihrer Darstellung zum Teil auch in ihrem Inhalte

¹ Heilquellen und Bäder des Kantons Graubünden von Prof. Dr. G. Nußberger, Chur 1914.

veraltet und geologische Angaben sind sehr spärlich oder unrichtig.

Im zweiten, viel kleineren Werke werden in erster Linie die Kurorte beschrieben und nur wenige Heilquellen erwähnt. Geologische Angaben fehlen vielfach und einzelne Analysen sind immer noch in der alten Schreibweise dargestellt.

Eine Neubearbeitung der Aargauischen Mineral- und Heilquellen schien aus theoretischen und praktischen Gründen wünschenswert. Die Mediziner schenken heute der Trink- und Badekur vermehrte Aufmerksamkeit;² das Verhältnis der einzelnen Mineralstoffe ist von großer Bedeutung und einzelne, wenn auch nur in kleinen Mengen vorhandene Stoffe, haben sich für den menschlichen Körper als äußerst wichtig gezeigt. Es sei nur auf die Rolle des Jodes hingewiesen, das in vielen Gegenden unseres Landes in zu geringer Menge vorhanden ist und dessen Mangel zu schweren Schädigungen großer Volksteile führt, indem Kropfbildungen, Hemmungen der körperlichen und geistigen Entwicklung und sogar Erscheinungen des Cretinismus auftreten. Es ist nicht ausgeschlossen, daß auch andere, bis jetzt wenig beachtete chemische Substanzen der Wässer und besonders der Mineralwässer eine ähnliche spezifische Bedeutung haben.

Viele Menschen trinken aus Gewohnheit oder aus wahren Bedürfnis Mineralwasser und bezahlen für außerkantonale oder gar ausländische Wässer hohe Preise, bereichern die Verkäufer und Vertreter, und unsere einheimischen Wässer fließen unbekannt und unbenützt aus dem Boden. Wir haben Dutzende von Mineralwässern, die dem Eptinger Wasser an Gehalt und Wirkung nicht nur ebenbürtig sind, sondern es um das andert-halb bis zweifache übertreffen (siehe Tabelle Seite 67).

Die Neubearbeitung war nach Ansicht der Balneologen dringend notwendig, um die chemischen Eigenschaften unserer Heilquellen mit den gegenwärtigen Anschauungen der chemischen Wissenschaft in Einklang zu bringen und dem Mediziner ein eindeutiges, klares Bild des Mineralstoffgehaltes zu geben an Stelle der willkürlichen, der Wirklichkeit nicht entsprechenden Salztabelle der früheren Darstellungen.

Als Muster schwebten vor das Deutsche Bäderbuch, das in einem starken Bande alle deutschen Heilquellen nach einheit-

² Dr. H. Keller: Zweck und Ziele der Balneologie und Klimatologie und ihre Vereinigung mit der wirtschaftlichen Interessentengruppe. Annalen der Schweiz. Gesellschaft für Balneologie und Klimatologie 1919.

lichen Gesichtspunkten beschreibt, und die vortreffliche Arbeit von Prof. Nußberger in Chur über die Heilquellen des Kantons Graubünden.

Herr Dr. Hermann Keller in Rheinfelden, der unermüdliche Pionier der schweizerischen Balneologen hat die Ziele und Wege der rationellen Bearbeitung der Heilquellen skizziert und auf die Bedeutung der aargauischen Heilquellen hingewiesen. Er hat mehrmals die Behörden um eine wissenschaftliche Bearbeitung der Heilquellen ersucht unter Hinweis auf die besondere Stellung des Kantons.

Aber auch abgesehen vom praktischen Nutzen erscheint eine Bearbeitung der Heilquellen wertvoll, denn sie ist ein weiterer Schritt in der Erforschung der heimatlichen Natur und eine Ergänzung zu der Quellenkarte und den geologischen Forschungen von Fr. Mühlberg. Weite Kreise unserer Bevölkerung haben an den Quellen und besonders an den Mineralquellen lebhaftes Interesse, und eine Zusammenstellung der Mineralquellen ist ebenso berechtigt wie die Bearbeitung der Pflanzen- oder Tierwelt des Kantons.

Die vorliegende Arbeit kann nur als eine vorläufige Zusammenstellung gelten. Das Verzeichnis der Mineralquellen ist noch sehr unvollständig. Es sind die längst bekannten und eine größere Anzahl neuer, die der Verfasser im Laufe der Jahre teils zufällig, teils durch systematisches Suchen gefunden hat, erwähnt. Der Begriff des Mineral- oder Heilwassers ist weit gefaßt, da keine scharfen Grenzen zwischen solchen Wässern und einem gewöhnlichen Trinkwasser zu ziehen sind. Der für ein Mineralwasser geforderte minimale Total-Mineralstoffgehalt von 1 gr im Kilogramm Wasser ist zu hoch, da eine große Anzahl mineralstoffärmerer Wässer des In- und Auslandes als sehr wirksam bekannt geworden sind.

Einige früher benützte Heilquellen, spez. des Mittellandes, sind nicht aufgeführt, weil sie keine chemischen Sonderheiten aufweisen und niemand mehr an ihre Heilwirkung glaubt. Große Lücken sind in der chemischen Bearbeitung des Materials, indem viele Quellen noch nicht auf die einzelnen Bestandteile untersucht, sondern nur durch wenige Bestimmungen charakterisiert wurden. Genaue Mineralwasseranalysen sind äußerst mühsame und zeitraubende Präzisionsarbeiten, die neben großer Geschicklichkeit anhaltendes Interesse für die Arbeit erfordern.

A. Allgemeines über die Mineralquellen.

1. Die geologischen Grundlagen der Aargauischen Heilquellen.

Die Entstehung von Heilquellen ist in erster Linie durch den geologischen Bau, die chemische Beschaffenheit der geologischen Formationen und die tektonischen Störungen bedingt. Die geographische und geologische Dreiteilung unseres Kantons in Mittelland, Ketten- und Tafeljura läßt sich auch für das Auftreten und die Natur der Heilquellen durchführen. Es seien in folgendem die einzelnen Teile kurz geologisch charakterisiert, soweit das für das Verständnis der Heilquellen notwendig ist.

Das Aargauische Molasseland.

Es liegt südlich des Kettenjura und umfaßt beinahe die Hälfte des Kantons, besteht aus 200—800 m mächtigen tertiären Ablagerungen, die der Einfachheit halber als untere Süßwassermolasse (Stampien und Aquitan) Meeresmolasse (Burdigalien und Vindobonien) und obere Süßwassermolasse (Oeningien und Sarmatische Stufe) bezeichnet seien. Die Ablagerungen bestehen aus Sandsteinen und Mergeln verschiedener Ausbildung und Farbe, vereinzelt Süßwasserkalken und größeren Lagen von marinen brecciösen Kalken, Muschelsandstein genannt. Sie sind zum größern Teil Süßwasser-, zum kleinern Teil Brackwasser- und marine Ablagerungen und seit ihrer Bildung ohne wesentliche tektonische Störungen geblieben. Einzig in ihrem nördlichen Teil längs des Kettenjura sind in der Pliocänzeit einige flache Aufwölbungen als Ausläufer größerer Jurafalten entstanden; Brüche, Verwerfungen oder Überschiebungen, die zur Bildung von Mineralquellen Veranlassung geben könnten, fehlen. Die sehr homogene Schichtserie des südaargauischen Tertiärs ist wegen der Gesteinszusammensetzung und des Fehlens von Brüchen wenig durchlässig und das Wasser dringt kaum mehr als 10 bis 20 m tief in den Boden. Der Landesteil ist deshalb charakterisiert durch zahlreiche kleine, in der Temperatur meist schwankende und im Winter nicht über 9° warme Quellen. Auch die chemische Zusammensetzung der Molassesedimente ist einförmig; es herrschen Ton, Kalk, Quarz, Glimmer vor; Eisenverbindungen, Sulfide etc., sind selten, Gips, Halogenverbindungen und andere lösliche Stoffe kommen nicht vor; die verbreiteten aber des geringen Quantum wegen bedeutungslosen Kohlen- und Erd-

ölvorkommnisse haben für die Mineralwasserbildung keine Bedeutung. Es sind deshalb alle Wässer des Mittellandes sehr gleichmäßig, arm an Mineralstoffen und enthalten keine nennenswerten therapeutisch wirksamen Substanzen. Der Trockenrückstand der Wässer beträgt nur 0,250 bis maximal 0,400 Gramm im Liter, und besteht zur Hauptsache aus Calciumbikarbonat, etwas Magnesiumbikarbonat und wenig Kieselsäure. Chlor und Sulfate sind nur in Spuren vorhanden. Das schweizerische Mittelland weist keine einzige eigentliche Mineralquelle auf.

Große Teile des Mittellandes sind mit Schuttmassen der fünf Eiszeiten bedeckt, die als Gletscherbachablagerungen in alten verkitteten Schottern oben auf den Bergrücken liegen oder als jüngste Schotter die zahlreichen breiten Urstromtäler erfüllen, ferner als direkte vom Gletscher abgesetzte Grund-, Seiten- und Endmoränenmassen ausgedehnte Verbreitung haben. Die diluvialen Ablagerungen sind für die Quellenbildung außerordentlich günstig, nehmen das Hydrometeorwasser gut auf, behalten es wie ein Schwamm lange zurück und ergeben ausgeglichene Quellen, die viele Höfe und Dörfer vortrefflich versorgen. In den breiten mit Kies erfüllten Tälern fließen mächtige Grundwasserströme, die unbeschränkte Mengen besten Trinkwassers ergeben und einen für die Wasserwirtschaft wichtigen Ausgleich des Niederschlagsabflusses bewirken, auch für die Land- und Forstwirtschaft von größter Bedeutung sind. Der Aargau ist der an Grundwasser reichste Schweizerkanton. Diese zahlreichen und teilweise sehr großen Moränen- und Schotter-Quellen liefern wohl ein gutes Trinkwasser, aber kein Mineralwasser. Auch durch Grabungen in die Berge hinein oder in den tiefen Untergrund hinab sind keine Mineralquellen zu erschließen.

Wenn das Mittelland doch eine Anzahl Bäder aufweist, so ist deren Existenz nicht in erster Linie auf die Wirkung des Badwassers zurückzuführen. Die meisten stammen aus früheren Jahrhunderten, wo nicht in jedem Hause eine Badwanne stand und irgend ein warmes Bad einen Eingriff in das Alltagsleben bedeutete, der in Verbindung mit den veränderten Lebensbedingungen, Luftänderung, Wechsel der Nahrung, der Ruhe und Unterhaltung oft Besserung und Heilung brachte. Viele der kleinen Bäder des Mittellandes sind mit der Verbesserung der allgemeinen Lebensbedingungen und besonders der Verkehrsverhältnisse eingegangen, andere erfreuen sich auch

heute noch eines guten Besuches; obwohl sich in ihrem Wasser keine therapeutisch wirksamen Substanzen nachweisen lassen, ist es nicht gesagt, daß sie wirkungslos seien, denn es gibt berühmte schweizerische und ausländische Heilquellen, deren Wasser sich nicht wesentlich vom gewöhnlichen Trinkwasser unterscheidet.

Der Kettenjura.

Er bietet der Mineralquellenbildung wesentlich günstigere Verhältnisse als das Mittelland. Er besteht chemisch und petrographisch aus den verschiedenartigsten marinen Sedimenten, deren Alter vom Tertiär bis in die mittlere Triasformation hinabreichen. Bei ihrer Ablagerung wechselte mehrmals Meer und Festland. Das Meer war bald offenes Weltmeer, bald seichte Brandungszone, bald mehr oder weniger gesättigte Salzlösung, die in großen, als Binnenmeere entwickelten Naturpfannen immer mehr eindampfte. Wieder zu anderen Zeiten ragten weiße Kalkfelsen und Rücken aus dem Meere heraus, wurden durch Erosion zernagt, ausgehöhlt und teilweise wieder abgetragen. In die Vertiefungen hinein schwemmten Bäche und Flüsse Ton, Eisenhydroxyd und Kieselsand. So finden wir in den Schichten des Kettenjura eine bunte Mannigfaltigkeit von Kalken, Mergeln und Tonen aller Farben und Ausbildungen, arsenhaltende Schwefelverbindungen wie Pyrit und Zinkblende, Sulfate wie Gips, Anhydrit, Bittersalz und Glaubersalz und endlich Steinsalz, Brom- und Jodsalz.

Am Ende der Tertiärzeit sind diese Sedimente unseres Kantons bei der Bildung von Alpen und Jura gehoben und verschoben worden. Nach unseren heutigen Anschauungen ist die mächtige, 1000—2000 m dicke Schichttafel zwischen Voralpen und dem heutigen östlichen Kettenjura um einige Kilometer nach Norden geschoben worden auf einer Gleitfläche, die in den weichen, salzhaltenden Anhydritmergeln liegt. Im Norden war die Tafel auf dem Schwarzwaldfuß weniger mächtig, brach in einer Linie längs des Juranordrandes und wurde auf den nördlichstehenbleibenden Tafeljura geschoben. Es stauten sich die aufgetürmten Schichtpakete, setzen dem Schube vermehrten Widerstand entgegen, sodaß die Schichttafel unmittelbar südlich der Aufbruchzone in Falten gelegt und teilweise wieder geschuppt und überschoben wurde. So entstand der aargauische Kettenjura als kompliziertes Faltengebirge, in welchem die Falten oder Antiklinalen nach Norden überliegen und viele Überschiebungen vorkommen.

Gleichzeitig mit der Hebung, durch welche Schichten, die früher über 1000 m unter dem Meeresboden lagen, auf über 1000 m über den Meeresspiegel gehoben wurden, setzte eine kräftige Erosion ein. Die vor der Faltung schon vorhandenen Haupt- und Nebenflüsse zerschnitten das werdende Gebirge kreuz und quer, erzeugten Längstäler parallel den Antiklinalen und Quertäler oder Klusen. Viele Gewölbe wurden gänzlich bis auf die ältesten Schichten des Kernes abgetragen; an ihrer Stelle sind heute Täler; einstige Täler wurden zu Bergen. Harte Gesteine leisteten der Verwitterung und Erosion vermehrten Widerstand, bildeten Gräte und Kämme. Das heutige Juragebirge stellt ein Rudiment dessen dar, was ohne Erosion vorhanden wäre.

Ein solches, an löslichen Sedimenten reiches und in der Lage vielfach gestörtes Gebirge, dessen älteste Keuper-, Muschelkalk- und Anhydritschichten durch Faltung hochgehoben und durch Erosion vielfach angeschnitten und bloßgelegt sind, gibt für die Quell- und Mineralquellbildung günstige Verhältnisse. Die Quellen des Kettenjura sind weniger zahlreich als die des Mittellandes, doch viel ergiebiger und mineralstoffreicher. Nach der Bildung des Juragebirges muß der Mineralquellreichtum noch wesentlich größer gewesen sein als heute. Die einst in der bewegten und gehobenen Schichtmasse vorhandenen Salzlager sind längst ausgelaugt, und einzelne Juraquellen führen nur noch Spuren von Salz. Die Auslaugung der Gipslager ist wegen der schwereren Löslichkeit des Gipses weniger weit fortgeschritten und es beherbergt der Kettenjura noch gewaltige Gipsmassen. Wo diese in der Nähe der Bodenoberfläche liegen, bilden sich durch Auslaugung tiefe Gipstrichter, Dolinen. Alles mit Gipskeuper in Berührung kommende Wasser ist mehr oder weniger Gips haltend, oft sogar eine gesättigte Gipslösung. In der am Schluß stehenden Tabelle sind einige dieser Gipsquellen erwähnt; ihre Zahl ließe sich noch vermehren, wenn man die Wasser aus dem untern Keuper oder Anhydrit systematisch untersuchen würde.

In Mülligen und Birmenstorf findet man im untern Keuper Magnesium- und Natriumsulfat, teils als primäre Ablagerung, teils als Umsetzungsprodukt des Gipses mit vorhandenem Dolomit. Die beiden Salze sind im absolut trockenen Gestein viel reichlicher vorhanden als im feuchten und im nassen offenbar völlig ausgelaugt.

Neben dem Natriumchlorid und den Sulfaten der Triasformation sind Jodide des untern weißen Jura oder der Effingerschichten (Aargovien) für die Mineralwasserbildung noch von besonderer Bedeutung. Das Jod der Jodquelle von Wildegg (siehe diese) stammt aus dieser Formation. Schon lange war aufgefallen, daß die Bewohner der auf Effingerschichten stehenden Siedelungen nie Kropf aufweisen und genaue Studien an Menschen und experimentelle Untersuchungen an vielen Ratten mehrerer Generationen haben bewiesen, daß Kropf in solchen Gegenden nicht besteht und nicht aufkommen kann, importierte schwache Kröpfe sogar verschwinden¹: Die Ursache dieser auffallenden Erscheinung ist aufgeklärt: Herr Dr. v. Fellenberg² hat nachgewiesen, daß der Boden und das Gestein in Effingen 7—13 Mal jodreicher sind als im benachbarten Kaisten. Auch in Gesteinen aus den Effingerschichten des Kettenjuras ließen sich hohe Jodgehalte nachweisen. Sehr wahrscheinlich könnte man auf aargauischem Boden noch andere Jodquellen erbohren.

Der Austritt der Mineralquellen des Kettenjuras ist ein gesetzmäßiger, einerseits bedingt durch die Tektonik, die Lage der durchlässigen Schichten und Überschiebungsflächen, andererseits durch die tief eingeschnittenen Quertäler, die Klusen. Die interessantesten Quellen sind da zu erwarten, wo die große Überschiebungsfläche, die von den Alpen zum Jura reichende Gleitfläche von den großen Flüssen in den Jura durchbrüchen am tiefsten angeschnitten wird. Hier treten die Thermen von Baden und Schinznach aus der Erde. Ohne Zweifel wäre auch im Reußknie östlich der «Schambelen» zwischen Windisch und Mülligen eine weitere ähnliche Quelle zu finden, wenn man die diluvialen Ablagerungen bis auf den Muschelkalk beseitigen oder letzteren anbohren würde. (Siehe Herkunft des Thermalwassers von Baden und Schinznach Seite 281). Die Mineralquellen in Schinznach-Dorf, Warmbach und Talbachbrunnen treten auf dem Muschelkalk, resp. Keuper aus, wo der Schenkenbergerbach die Kalmberg-Kestenbergantiklinale am tiefsten anschneidet. Analog sind die Quellen von Asp, Densbüren, Fischbach am Benken, St. Laurenzenbad und Lostorf, an den Stellen, wo Bäche kleine Quertäler

¹ Epidemiologische Untersuchungen über den endemischen Kropf von Dieterle, Hirschfeld und Klinger, Archiv für Hygiene, Bd. 81. Ferner Hirschfeld und Klinger, Bd. 85.

² Schweiz. med. Wochenschrift, Jahrgang 55, Nr. 3, 1924.

erodiert und die Kerne der Antiklinalen oder Überschiebungsflächen angeschnitten haben.

Der Tafeljura.

Er besteht zur Hauptsache aus den gleichen Mineralien und Gesteinen wie der Kettenjura und unterscheidet sich nur durch die Lage der Schichten. Diese fallen im allgemeinen 5—10° nach Südsüdosten und weisen einige zum Teil komplizierte Brüche auf. Durch die Erosionstätigkeit des Rheines und seiner Zuflüsse ist das einstige viel höhere Tafelland durchtalt und im Norden teils bis auf die obere Triasformation, teils bis auf den Buntsandstein und sogar bis auf das Grundgebirge abgetragen worden. Im Rheintal sieht man bei Laufenburg den Gneis, in Mumpf und westlich Rheinfeldern den Buntsandstein, bei Koblenz, Felsenau, Schwaderloch, Sulz, südlich Laufenburg, Kaisten, Eicken, Möhlin, Rheinfeldern und Kaiser-Augst den Muschelkalk. Zwischen Buntsandstein und Muschelkalk liegen die drei großen, bis jetzt erschlossenen Salzlager von Schweizerhalle, Rheinfeldern-Möhlin und Koblenz-Zurzach. An vielen Orten dieser Zone könnte man auch südlich des Rheintales Solquellen erbohren. Die salzführenden Schichten fallen alle südwärts und liegen im südlichen Tafeljura, direkt nördlich des Kettenjura einige hundert bis gegen tausend Meter unter der Erdoberfläche. Sicher finden sich zwischen Rheintal und Kettenjura noch bedeutende Salzmassen, die in absehbarer Zeit keine Verwendung finden werden, weil die bestehenden Salinen den gegenwärtigen Bedarf reichlich decken. Alle höher gelegenen Teile dieser Salzlager sind längst ausgelaugt. Die tieferen Teile waren vor Auslaugung geschützt, weil die spezifisch schwere Sole keinen Abfluß hatte. Eine Quelle, die gerade jetzt den letzten Rest eines ehemaligen Salzlagers an die Oberfläche befördert, tritt in Bütz bei Sulz aus dem Boden. (Siehe diese.)

Südlich der Muschelkalkzone folgt die Keuperzone auf der Linie Leibstadt, Mettau, Sulz, Ittenthal, Oeschgen, Schupfart, Zuzgen, Magden und Olsberg. Häufige, meist aber nicht mächtige Gipseinlagerungen bedingen zahlreiche sulfatreiche Mineralquellen, von denen die von Bütz, Kaisten, Magden und Olsberg besonders erwähnt seien. In dieser Zone ließen sich noch zahlreiche Mineralquellen finden beim systematischen Absuchen der Gegend. Der Sulfatreichtum der Keuperzone in Verbindung mit den schweren, lehmigen Böden macht

diesen Teil des Landes sehr fruchtbar und besonders für ausgiebigen Wiesenbau geeignet.

Die südlich folgenden Zonen des schwarzen, braunen und weißen Jura bilden infolge der Armut an löslichen Stoffen keine Mineralquellen; auch aus den sehr eisenreichen Schichten der Umgebung von Herznach fließen keine Eisenwässer. Es wäre jedoch nicht ausgeschlossen, die im oberen Fricktal in größten Massen vorhandenen, relativ jodreichen Effingerschichten auf Jod auszubeuten durch Abteufen von Bohrlöchern und Auspumpen des sich darin spärlich sammelnden jodhaltenden Wassers, wie das jetzt in Wildegg geschieht. Sehr wahrscheinlich wären auch hier die bis anhin der Auslaugung entzogenen, tiefer gelegenen Schichten jodreicher als die an der Oberfläche erhobenen untersuchten Proben.

2. Chemische Beschaffenheit, Temperatur und Radioaktivität der Heilquellen.

Bis vor ungefähr hundert Jahren waren zuverlässige chemische Wasseruntersuchungen nicht möglich, da die analytischen Grundlagen fehlten. Sinneswahrnehmungen, Geschmack, Geruch, Reaktionen auf einzelne Stoffe, Glaube und Aberglaube und Reklame waren für die Bewertung der Heilquellen maßgebend. Erst nachdem durch Berzelius, Liebig, Bunsen und andere Forscher genaue Methoden der analytischen Chemie geschaffen waren, konnte auch Quellwasser exakt untersucht werden. Durch chemische Untersuchung der aargauischen Heilquellen haben sich besonders Bauhoff in Winterthur, Löwig, Prof. in Zürich und Bolley, Professor an der Kantonsschule in Aarau und später am Polytechnikum in Zürich verdient gemacht. Die genauesten und an Vollständigkeit und Präzision kaum zu übertreffenden Analysen verdanken wir Prof. F.P. Treadwell von der techn. Hochschule in Zürich, der die Sole von Rheinfelden, und die Thermen von Baden und Schinznach analysierte. Dr. v. Fellenberg vom eidgenössischen Gesundheitsamt in Bern hat die Nachweisung kleiner Jodmengen außerordentlich verfeinert und unsere Kenntnisse über die Verbreitung und Naturgeschichte des Jodes außerordentlich erweitert, so daß wir jetzt in allen Gesteins-, Boden-, Wasser-, Lebensmittelproben und selbst in der Luft die Jodmenge genau bestimmen können.

Bis zu Beginn dieses Jahrhunderts fehlten einheitliche Methoden zur Darstellung der analytischen Daten und die ver-

schiedenen Chemiker haben ihre Ergebnisse oft recht verschieden verwertet und so ein und dasselbe Wasser verschieden beurteilt. Da Mineralstoffe eines Wassers aus Salzen des Bodens stammen und sich beim Verdunsten oder raschen Eindampfen auch wieder in Salzform abscheiden, so glaubte man die analytischen Befunde auch in Salzform ausdrücken zu müssen, obwohl der Chemiker immer Metalle und Säurereste bestimmte. Die Zuordnung von Metallbasen zu Säuren war meist eine willkürliche, persönliche und nicht sachlich begründete. Bunsen schlug 1871 vor: «Säuren und Basen in der Weise zu Salzen gruppiert anzunehmen, wie diese Salze bei der Konzentration ihrer Lösung durch freiwillige Verdunstung bei einer ein für allemal angenommenen Temperatur je nach dem Löslichkeitsgrade aller denkbar vorhandenen Salze der Reihe nach für sich auskristallisieren würden». Fresenius hatte das Prinzip aufgestellt, die stärkste Säure mit der stärksten Base, den bleibenden Rest mit der zweitstärksten Komponente zu binden bis nichts mehr blieb. Doch waren beide Prinzipien weder natürlich noch leicht durchführbar. Meist wurden die Alkalimetalle an die Halogene, der Rest an Calcium, der Calciumrest wie auch das Magnesium an Schwefelsäure, etc. gekuppelt und ein etwaiger Erdalkalirest der Kohlensäure zugeteilt. Die Zahl der Salze konnte je nach der Gruppierung mehr oder weniger groß werden bei gleichen analytischen Grundzahlen. Meist wurden vier Kohlensäurearten unterschieden, gebundene in Natrium- oder Calciumkarbonat, halbgebundene in den Bikarbonaten, gelöste und in den Quellgasen freiaufsteigende.

Alle diese Darstellungen führten zu Verwirrungen, Komplikationen und Widersprüchen und erschwerten dem Mediziner, dem stöchiometrische Rechnungen meist nicht geläufig sind, die Beurteilung der Wasser und die therapeutische Verwendung.

Ein Fortschritt trat erst ein, als die wissenschaftliche Erkenntnis über die Natur der Lösungen Erweiterung und Vertiefung fand durch die Forschungen und Theorien von Van't Hoff und Arrhenius. Diese erkannten, daß in verdünnten Lösungen von Säuren, Basen und Salzen zur Hauptsache gar keine Moleküle, sondern die Dissociationsprodukte, die positiv geladenen Wasserstoff- und Metallatome (Kationen) genannt und die negativ geladenen Hydroxyl- und Säurerestradikale (Anionen) vorhanden waren. Messungen der elektrischen Leit-

fähigkeit der Mineralwässer ergaben, daß die meisten, ausgenommen der Salzsole, in der Tat keine Neutralmoleküle, sondern nur Ionen enthalten und daß die Schreibweise in Salzform somit gar nicht den wirklichen Verhältnissen entspricht. Nun war die Darstellung der analytischen Daten in Form der Ionen gegeben und 1907 erschienen im Deutschen Bäderbuch zirka 600 Mineralwasseranalysen nach dem neuen Schema von E. Hintz und L. Grünhut, das auch F.P. Treadwell und Prof. G. Nußberger für ihre Wasseranalysen angewendet haben.

Die in der Literatur zu findenden, älteren Analysen aargauischer Heilquellen wurden umgerechnet und wie die neu ausgeführten Wasseranalysen in der Form der Ionen dargestellt.

In der ersten Vertikalreihe der in dieser Arbeit enthaltenen Analysentabellen stehen immer die Mengen der Ionen in Gramm im Kilogramm Wasser. Da aber die Wirkung einer Substanz nicht in erster Linie von der absoluten Menge, sondern der Konzentration oder Anzahl der Atome oder Moleküle abhängig ist, so sind in der zweiten Reihe die Mole (Menge des Elementes oder Radikales dividiert durch die Atom- oder Radikalgewichte) und in der dritten die *Grammäquivalente* (Mole multipliziert mit der Valenz) zum Ausdruck gebracht. Da aber auf diese Weise sehr kleine Zahlen herauskommen, so sind in den Tabellen II und III die tausendfachen Werte, also *Milli-Mole* und *Milligrammäquivalente* eingesetzt.

Als Ergänzung zu den Ionen- und Mol-Tabellen sind die bisher üblichen und auch heute noch oft konsultierten Salztabellen beigelegt. Die Alkalinität bedeutet die Anzahl der Kubikzentimeter $\frac{1}{10}$ Normalnatronlauge, die notwendig ist, um 100 cc Wasser so zu neutralisieren, daß Methylorange von Gelb in Orange umschlägt. Das Fünffache dieser Zahl bedeutet die vorübergehende Härte in französischen Härtegraden und das Fünzigfache die Milligramme Calciumkarbonat (CaCO_3) im Liter.

Die Temperatur der Quellen.

Sie ergibt wertvolle Anhaltspunkte über die Herkunft des Wassers und die unterirdischen Wege des Quellaufes. Quellen aus geringen Tiefen von 2—15 m sind von der Lufttemperatur abhängig; solche von zirka 15—50 m Tiefe zeigen bei nicht zu geringem Erguß und kurzem Weg durch die äußere Boden-

schicht das ganze Jahr eine konstante Temperatur, die der mittleren Jahrestemperatur des Austrittsortes nahe steht. Solche Quellen erscheinen dem Laien im Sommer kühl und im Winter warm. Quellen aus noch größerer Tiefe sind *Thermen*, zunächst *Subthermen*, wenn die Temperatur nur wenige Grade über dem Ortsmittel ist und *eigentliche Thermen*, wenn sie 20, 30 und mehr Grad besitzen. Das Thermalwasser kann aus dem Erdinnern, dem *Magna* stammen und ist dann unabhängig von den Niederschlägen (*juveniles Wasser*) oder es ist infolge besonderer Gebirgsbildung in die Erde eingedrungenes *Hydrometeorwasser (vados)* und also abhängig von den Niederschlägen. Der Aargau hat 3 Thermen, zwei natürliche in Baden mit $48,2^{\circ}$ und Schinznach mit $34,3^{\circ}$, ferner eine künstliche in Zurzach mit $38,3^{\circ}$. All drei führen *vadoses*, aber von den Niederschlägen wenig abhängiges Wasser.

Aus der Thermalität einer Quelle, das heißt der Differenz zwischen Wasser- und mittlerer Lufttemperatur, kann man die ungefähre Tiefe berechnen, aus der sie aufsteigt. Man benützt dazu die Tatsache, daß eine Gesteinsschicht von bestimmter Dicke einen Temperaturzuwachs von einem Grad bedingt (*geothermische Tiefenstufe*). Diese ist im Mittel 30 m, kann aber auch wesentlich mehr betragen bei stark klüftigen, steil gestellten und von Wasser durchzogenen Schichten, oder erheblich weniger bei horizontaler Schichtlage und Einschlüssen von großen Mengen wärmeliefernden Stoffen wie Erdöl oder Kohlen. Für den steil aufgerichteten und stark zerrissenen aargauischen Kettenjura wird man mit mindestens 30 m zu rechnen haben. Bei der Tiefenberechnung muß man noch einen Zuschuß machen für die Wasserabkühlung während des Aufstieges durch die kälteren, oberen Bodenschichten, der bei kleinen und heißen Quellen erheblich, bei großen geringer und bei künstlich erbohrten, im Rohr fließenden ein Minimum ist.

Für die drei aargauischen Thermen ergeben sich folgende Tiefenberechnungen:

	Quellen- temp.	mittl. Luft- temp.	Thermalität	Minimale Tiefe
Baden	48,2	8,2	40	1200 m
Schinznach	34,3	8,3	26	780 m
Zurzach	38,3	8,3	30	900 m

Nehmen wir an, die Thermen von Baden kühlen sich beim Aufstieg um 10° (die einzelnen Quellen differieren sogar um

13°), diejenigen von Schinznach um 7° ab, so ergaben sich mutmaßliche Tiefen von zirka 1500 m für Baden und zirka 1000 m für Schinznach. Über die Verhältnisse der Zurzacher Quelle siehe Seite 310.

Die Subthermen westlich der Aare, Warmbach Schinznach 12,6°, Quellen in Densbüren 12,8°, Fischbach in Küttigen 14°, St. Laurenzenbad 17° und Quellen von Lostorf 15°, haben somit eine Thermalität von zirka 4—9° und kommen aus Tiefen von 150—350 m. Um annähernd diese Beträge überragen die umliegenden Berge die Austrittsorte der genannten Subthermen.

Es muß noch die Frage geprüft werden, ob nicht ein Teil der Quellwasserwärme durch exotherme chemische Prozesse im Quellauf verursacht sei. Es können drei Prozesse in Betracht kommen:

1. Die Oxydation von organischen Stoffen zu Kohlensäure und Wasser. Im Badener Thermalwasser sind 0,5‰ Kohlendioxyd gelöst; das entspricht einer Kohlenstoffmenge von 0,14 gr C im kg Wasser. Beim Verbrennen dieses Kohlenstoffquantums würde 1,12 große Kalorien entstehen, die das Kilogramm Wasser um 1,12° zu erwärmen vermöchten. Neben der gelösten Kohlensäure entweicht noch gasförmige, und die Wärmeproduktion könnte noch etwas größer sein, wenn alles Kohlendioxyd durch Verbrennen von Kohlenstoff entstünde. Das ist aber ganz ausgeschlossen, denn es fehlt in tieferen Erdschichten der freie Sauerstoff, und man kennt viele kalte Quellen mit hohem Kohlensäuregehalt. Die Wärme unserer Thermalquellen kann unmöglich durch Verbrennungsprozesse entstanden sein.

2. *Die Umwandlung des Anhydrites in Gips.* Das Badener Wasser enthält 1,75 und das Schinznacher 1,24 gr. Calciumsulfat im kg, das aus Anhydritlagern stammen kann. Nun liefert ein kg Anhydrit bei der Hydratation zu Gips nur 0,016 große Kalorien Wärme. Diese Wärmequelle ist verschwindend klein und vermöchte eine starke, ständig fließende Quelle nie zu erwärmen, auch wenn man annimmt, daß große Anhydritstöcke hydratisiert werden.

3. Prozesse, die mit dem *Auftreten des Schwefelwasserstoffes* im Zusammenhange stehen. Der Schwefelwasserstoff des Schinznacher-, Lostorfer- und Badener-Wassers ist ohne Zweifel durch Reduktion von Gips entstanden. Solche Reduktions-

prozesse sind aber immer endotherm, verbrauchen Wärme und können zur Thermalität der Quellen nichts beitragen.

Die Wärme der Badener- und Schinznacher-Therme ist unmöglich durch chemische Prozesse im unterirdischen Quelllauf erzeugt, sondern ist ureigene Erdwärme tieferer Erdschichten.

Die Radioaktivität der Heilquellen.

Bald nach der Entdeckung des Radiums und seiner verwandten strahlenden Elemente wurden auch einzelne Heilquellen auf Radioaktivität untersucht und «radioaktiv» gefunden. Radioaktiv nennt man diejenigen Körper, welche die Fähigkeit besitzen, spontan, ohne vorherige Erregung, Strahlen auszusenden, die auf die photographische Platte wirken, die Luft ionisieren, d. h. leitend machen und deshalb ein Goldblattelektroskop entladen. Das letzte Verfahren ist außerordentlich empfindlich und gestattet die Nachweisung von radioaktiven Substanzmengen, die mehr als 1000 Mal kleiner sind als die kleinsten chemisch oder spektralanalytisch eben noch wahrnehmbaren. Sämtliche bis anhin untersuchten Quellen haben sich als mehr oder weniger radioaktiv erwiesen. Auffallend ist die Tatsache, daß die chemisch gleichen Badener Thermalquellen einige Differenzen in der Radioaktivität aufweisen; diese schwankt zwischen 0,3 und 1,25 Mache-Einheiten. Das Schinznacher-Thermalwasser zeigt 4,5; die Quellen des Bades Gränichen mit 7,56 und 10,86 Einheiten sind die am stärksten radioaktiven des Kantons Aargau.

Es ist heute noch unsicher, ob der Radioaktivität einer Quelle irgendeine Heilwirkung zukommt. Schon seit Jahren hat sich die Reklame auf die Radioaktivität geworfen, wie in einer früheren Periode auf den Ozongehalt der Luft und vielleicht in einer kommenden auf den Jodgehalt der Wasser.

3. Die von den Quellen gelösten Mineralstoffmassen und dadurch in der Erdrinde entstandenen Hohlräume.

Die gewaltige Wirkung der mechanischen Erosion tritt uns auf jeder geologischen Exkursion vor die Augen. Die Wirkung der chemischen Auslaugung erkennen wir erst beim Betrachten von Auslaugungshöhlen oder noch deutlicher durch Berechnung der von den Quellen gelösten Mineralstoffmassen. In der folgenden Tabelle seien einige diesbezügliche Daten

aargauischer Gewässer, einiger Mineralquellen, eines Grundwasserstromes und der Aare zusammengestellt.

	Erguß in Min. Lit.	Trocken- rückstand in gr. i. L.	Gelöste Mineralstoff- menge in Tonnen pro Jahr	Ungefähres Volumen der Aus- laugungs- höhlräume in einem Jahr
Rößlibrunnen in Olsberg	50	2,6	68	34
Kapuzinerquelle in Rheinfeldern	250	0,76	100	50
Schwefelbrunnen in Magden	80	2,7	113	56
Salzquelle in Bütz	400	1,43	300	150
Warmbachquelle in Schinznach	1200	0,62	390	195
Thermalquellen in Baden	700	4,9	1800	900
Thermalquelle in Schinznach	1400	3,12	2300	1150
Grundwasserstrom des Wynen- u. Suhrentales	50000	0,3	7880	3990
Aare bei Aarau	300 m ³ pro sec.	0,15	1420000	710000

Von besonderem Interesse sind die Zahlen der letzten Reihe über die durch Auslaugung entstandenen Hohlräume im Boden. Alle oben genannten Wasser fließen über 10 000 Jahre, einzelne sicher über 100 000 Jahre und die Gesamthohlräume müssen phantastische Dimensionen annehmen. Wir müssen uns wundern, daß im Quellbereich nicht öfters größere katastrophale Einsenkungen eintreten. Doch ist zu bedenken, daß das Auslaugungsvolumen meist nicht aus einzelnen, größeren, zusammenhängenden, höhlenartigen Räumen besteht, sondern zur Hauptsache aus vergrößerten Poren, engen Rinnen und Kanälen, Fugen und Klüften, die sich auf größere Flächen verteilen, denn das Einzugsgebiet der Mineralquellen wird im allgemeinen größer sein, als man gewöhnlich annimmt. Zudem sind Bodensenkungen infolge Auslaugung sehr häufig, wie man aus dem Auftreten von Brüchen, zerrissenen Mauern, Erderschütterungen, Bodendepressionen, Trichtern, Dolinen, Höhlen etc. schließen kann.

4. Das Fassen von Mineralquellen.

Während gewöhnliche Trinkwasserquellen auch ohne besondere Fachkenntnisse gefaßt werden können durch Nachgraben, bis das Wasser nicht mehr aus der Tiefe kommt und bis es vor der Verunreinigung durch Tagwasser genügend ge-

schützt ist, so ist das Fassen von Mineralquellen sehr oft ein schwieriges Problem und erfordert weitgehende geologische und chemische Kenntnisse und Erfahrung. Die meisten unserer Mineralquellen fließen zwar seit langer Zeit, seit mindestens 20—100 Jahrtausenden, und ihr Austritt ist geologisch durch die Lage der Schichten, der Überschiebungen, Brüche oder Klusen bedingt. Dennoch bietet die Fassung meist Schwierigkeiten, weil sich an solchen Stellen auch anderes Quellwasser, sogenanntes Wildwasser, Grundwasser oder Flußwasser zusammendrängt und mit dem Mineralwasser in Konkurrenz tritt. Die beiden bedeutendsten aargauischen Heilquellen, die Thermen von Baden und Schinznach verdanken ihren Austritt der Erosionstätigkeit wilder Flüsse; ihre Fassungen wurden jedoch bis in die neueste Zeit hinein durch die Flüsse mehrmals schwer geschädigt und sind durch sie auch heute noch nachteilig beeinflusst. Alle früheren Mineralwasserfassungen waren zu wenig tief im Boden, vermochten Wildwasserbeimischung und Mineralwasserverluste nicht zu verhüten. Man konnte ohne kräftige Pumpen mit maschinellm Antrieb den Wasserandrang beim Fassen nicht bewältigen und suchte dann nach beendeter Fassung durch Stauung des Mineralwassers das Wildwasser zurückzuhalten. Allein dieses Verfahren ist unrichtig, bringt Mineralwasserverluste und schützt doch nicht vor Wildwasserbeimischung. Bei einer richtigen Fassung muß man dem Mineralwasser nachgraben, alle Hindernisse des Austrittes beseitigen, wenn möglich die Fassung bis auf die wasserführende Felschicht oder Kluft vertiefen und alles zudringende Wasser durch entsprechend starke Pumpen wegheben. Dabei wird man die erfreuliche Wahrnehmung machen, daß die Wassermenge bedeutend zunimmt, meist aber mit Schrecken auch feststellen müssen, daß der Mineralstoffgehalt des Wassers stark zurückgeht. Bei der im Jahre 1912 ausgeführten Fassung der Lostorfer Schwefelquelle ist unmittelbar nach der Fassung der Mineralstoffgehalt auf einen Drittel des ursprünglichen Wertes zurückgegangen. Bei der im Jahre 1920 ausgeführten Fassung der Schwanenquelle in Baden mischten sich auch 8,5 % Süßwasser bei. Die starke Absenkung des Wasserspiegels erleichtert dem Wildwasser den Zutritt, während der hydrostatische Druck des aus großer Tiefe kommenden Mineralwassers sich nicht wesentlich ändert. Allein diese Erscheinungen sind nicht von großer Bedeutung. Nach beendeter Fassung und Füllung des Fassungsschachtes wird dann das Wildwasser von Mineralwas-

ser wieder zurückgedrängt. Die bei der Fassung in den provisorischen Quellschacht mündenden Wildwasserquellen sind nicht etwa von vornherein zu verstopfen, sondern auch kunstgerecht in Stein- oder Eisenröhren zu fassen und in den Hauptschacht zu leiten, damit dieser ohne jede Störung durch äußeren Wasserandrang gut betoniert und gedichtet werden kann. Ist diese Arbeit beendet, so werden die Wildwasserrohre verstopft und es ist seitwärts des Mineralwasserschachtes dem Wildwasser ein nicht zu tiefer Abfluß zu geben. Das früher vielfach übliche Stauen des Mineralwassers im Schachte ist der Quelle fast in allen Fällen nachteilig, beeinträchtigt den Erguß und oft auch die Qualität, zwingt das Wasser, sich einen andern Ausweg zu suchen und macht die Fassung oft unbrauchbar. Ein Abpumpen des Mineralwassers, sofern kein natürliches Gefälle vorhanden ist, erweist sich meist als zweckmäßig, erhöht den Erguß, hat meist gar keine nachteiligen Folgen, wenn die Fassung unten dicht ist und dem Wildwasser keinen Eintritt gestattet. Ist aber die Fassung unten undicht, so müssen sich Mineralwasserstand im Schacht und Süßwasserandrang das Gleichgewicht halten, damit weder Wasser verloren, noch Wildwasser angezogen wird.

Jede Mineralquelle hat ihre besondern geologischen und chemischen Eigenschaften, ist ein Quellindividuum für sich und muß auch entsprechend behandelt werden. Während der Fassung ist eine fortgesetzte geologische, chemische und physikalische Kontrolle notwendig. Ein oft recht schwieriges Problem ist die Wahl und Verwendung des standhaften Materiales in Fassung und Leitung. Unter den Metallen hat sich Eisen und Zink am schlechtesten, Blei am besten bewährt, doch wird auch dieses gelegentlich zerfressen. Buchen, Eichen oder harzreiches Föhrenholz haben sich oft Jahrhunderte gehalten, werden aber von warmen Wässern rasch in einen Brei verwandelt.

Kalk übertrifft als Mörtel bei Quellfassungen oft den Portlandcement, der sich vielfach wie wasserlöslich verhielt. Als bestes Dichtungsmaterial erweist sich Ton oder Letten, der von keinem Wasser angetriffen, aber mechanisch wenig widerstandsfähig ist. Als bestes Leitungsmaterial haben sich Tonröhren bewährt, die man mit Vorteil in Zementröhren legt, um sie mechanisch zu schützen. Auch in der Wahl und Anordnung der Dichtungs- und Leitungsmaterialien verlangt jede Mineralquelle eine individuelle Behandlung.

B. Die Mineralquellen im Kettenjura.

1. Die Therme von Baden.

Die Therme von Baden ist die schönste, interessanteste und wichtigste Quellerscheinung der Schweiz und hat seit Jahrtausenden die Aufmerksamkeit des Menschen auf sich gelenkt. Baden, das Aquae der Römer, war im Altertum der bedeutendste Badeort nördlich der Alpen, errang sich im Mittelalter europäischen Ruf, den es bis auf den heutigen Tag trotz der Großartigkeit der Hochalpenkurorte beibehalten hat.

Die Therme ist eine Quellgruppe von 18 heißen Quellen, die auf einer Fläche von 180 m West-Ost und 50 m Nord-Süd Ausdehnung aus dem Boden treten an der Stelle, wo die Limmat den Triaskern der Lägernfalte am tiefsten angeschnitten hat. Über die geologischen Verhältnisse orientieren die Arbeiten von *Fr. Mühlberg*.¹ In der Nähe der Quellen sind keine anstehenden Felsschichten zu sehen, doch haben die verschiedenen Neufassungen geologische Aufschlüsse ergeben; so fand man in der Basis der Fassung der Bärenquelle Muschelkalkgesteine. *Fr. Mühlberg* konstatierte bei der Neufassung der Limmatquelle eine überschobene Keuperantiklinale und *Ad. Hartmann* bei der Neufassung der Schwanenquelle untere Keuperschichten, Mergel, Gips und Dolomite, ferner am Grunde der 20 m tiefen Fassung harte Steine des Muschelkalkes, aus dessen Klüften das Mineralwasser emporquoll.

Über die näheren Verhältnisse der einzelnen Quellen orientiert folgende Tabelle:

Thermalquellen Baden.

Name der Quelle	Wasserspiegel in m	Schacht- sohle in m	Schacht- tiefe in m	Temp. in Cel.	Erguß in M. L. am 7. März 1925	Erguß in % des Gesamt- ertrages
<i>A. Ennetbaden</i> (kleine Bäder)						
Allgemeine Quelle .	351,26	341,79	9,47	47,5	102	13,745
Adlerquelle . . .	351,0	331,65	19,35	39,7	0,4	0,054
Schwanenquelle . .	352,05	330,9	21,15	47,5	100	13,475
				Summe	<u>202,4</u>	

¹ Zusammenstellung seiner Arbeiten in Heft XIV der Mitteilungen der A. N. G., ferner Alb. Heim, Geologie der Schweiz und Gerh. Senftleben Beiträge zur geologischen Erkenntnis der West-Lägern und ihrer Umgebung. Inauguraldissertation Zürich 1923.

Name der Quelle	Wasser- spiegel in m	Schacht- sohle in m	Schacht- tiefe in m	Temp. in Cel.	Erguß in M. L. am 7. März 1925	Erguß in % des Gesamt- ertrages
<i>B. Baden</i>						
(große Bäder)						
Großer heißer Stein	354,26	350,46	3,80	47,5	} 144	19,404
Kleiner heißer Stein	354,34	350,69	3,65	47,5		
Limmatquelle . .	353,01	344,01	9,00	47,6	134	18,057
St. Verenaquelle .	354,34	351,88	2,46	47,5	32	4,312
Staadhof Kesselqu.	353,82	345,92	7,90	46,7	21	2,830
Staadhof Kleine Qu.	350,35	342,85	7,50	35,5	—	—
Wälderhutquelle .	354,50	350,30	4,20	48,2	46,5	6,266
Paradiesqu. Ochsen	355,82	347,62	8,20	47,1	18	2,425
Straßenquelle „	356,18	352,18	4,00	47,3	21	2,830
Kesselquelle „	355,65	352,10	3,55	46,4	2	0,270
Neue Quelle „	355,52	353,26	2,26	47,0	4,7	0,633
Hinterhofquelle . .	353,31	350,58	2,73	47,7	58,5	7,883
Kesselquelle Bären	354,28	344,18	10,10	46,8	8	1,078
Karolaquelle „	352,62	352,42	0,20	47,0	20	2,695
Verenaquelle .	355,94	346,84	9,10	47,1	30	4,043
				Summe	<u>539,7</u>	
				Total	<u>742,1</u>	100,00

Der Erguß der Thermalquellen zeigt eine geringe Abhängigkeit vom Wasserstande der Limmat, die bedingt ist durch einige sich ins Limmatbett ergießende Quellen. Steigt der Fluß, so erhöht sich der hydrostatische Gegendruck der Limmatquellen, und es steigen die andern Quellen etwas an; sinkt der Fluß, so tritt wieder eine Abnahme ein. Der Zusammenhang ist also nur ein hydrostatischer, also indirekter,

Der Quellerguß zeigt aber eine direkte Abhängigkeit von den Niederschlägen. Schon Fr. Mühlberg hatte ermittelt, daß die Niederschlagsschwankungen sich erst ca. ein Jahr später in den Quellen bemerkbar machen. Direktor H. Peter aus Zürich¹ hat auch die neueren Wassermessungen der Jahre 1910—21 mit den Niederschlägen der Gegend verglichen und kommt zum Schlusse, daß die Quellen gegenüber den Niederschlägen eine Verspätung von 10—12 Monaten aufweisen. Es verweilt also das Wasser recht lange Zeit im Boden, und die monatlichen Regenschwankungen sind ausgeglichen. Die besten Beziehungen ergeben sich, wenn man die Quellergüße mit den Nieder-

¹ Expertenbericht an die Baudirektion des Kantons Aargau über die Thermalquellen von Baden vom 14. Januar 1922.

schlägen vergleicht, die im Zeitraum von 3½ bis 15½ Monaten früher gefallen sind.

Die chemische Zusammensetzung des Wassers aller Quellen ist gleich, wie Untersuchungen zu verschiedenen Zeiten ergeben haben. Der Verfasser hat in den Quellgasen 1923 kleine Differenzen gefunden, die aber auf der Probefassung beruhen können. Auffallend ist die Tatsache, daß die östlichen Quellen aus viel größerer Tiefe kommen und doch weniger hoch steigen als die westlichen. Das erklärt sich durch das starke östliche axiale Gefälle der Antiklinale, das im Quellgebiet 7—9 Grad beträgt. Die noch durchlässigen Muschelkalkschichten liegen in Ennetbaden ca. 22 m tiefer als bei den westlichen Quellen. Die verschiedenen Quellen sind nur die Austrittspunkte eines von unten nach oben sich verzweigenden Gerinnebüschels; das beweist der gleiche Chemismus, die annähernd gleiche Temperatur und vor allem die gegenseitige Abhängigkeit der einzelnen Quellen. Durch Untersuchungen von *Arnold Escher* und *Carl Culman*,¹ durch Pumpversuche, besonders aber durch die gewaltsamen Eingriffe, Absenken des Wasserspiegels um 10—20 m, anlässlich der Neufassungen der Limmatquelle 1905 und Schwanenquelle 1921 sind die Druckbeziehungen der einzelnen Quellen konstatiert worden. Die Beziehungen sind nicht einfach und beweisen, daß in den einzelnen Quellrinnen große Widerstände sind und daß eine Verzweigung des Hauptwasserstranges weit unten liegt. Quellen, die in der Streichrichtung der Schichten weit auseinander liegen, beeinflussen sich bei Änderungen des Ausflusses stärker als benachbarte, aber nicht in der Streichrichtung liegende. Alle Quellen sind künstlich gestaut, und Wasserverluste außerhalb der Quellschächte in den Schutt des Bodens und das Bett der Limmat sind beträchtlich. Absenken des Ausflusniveaus einer Quelle vermehrt den Erguß auf Kosten anderer, und Höherstauen vermindert ihn zu Gunsten der andern. Würden alle Stauungen aufgehoben und das Wasser gepumpt, so wäre bedeutende Ergußvermehrung zu erwarten. Ein zu starkes Abpumpen würde jedoch wenig mineralisiertes, kaltes Grundwasser ansaugen und dem Thermalwasser beimischen. Anlässlich der Fassung der Schwanenquelle stieg beim Absenken des Niveaus um 20 m deren Erguß von 69 auf 350 Mi-

¹ Gutachten an den Regierungsrat des Kantons Aargau. 23. VI. 1858.

nutenliter, der Gesamterguß aller Quellen sogar um über 100 Minutenliter; dafür enthielt das Wasser der Schwanenquelle 8,5 % Grundwasser.

Da das Thermalwasser infolge der hohen Temperatur und der chemisch sehr wirksamen Substanzen, Schwefelwasserstoff und Kohlensäure, alle Fassungen und Leitungen außerordentlich stark angreift, sind Neufassungen immer wieder notwendig und Wasserverluste unvermeidlich. Es wäre sehr zu wünschen, daß die vielen, teilweise schlechten Fassungen zentralisiert werden könnten in zwei oder drei moderne Anlagen und das Ausflußniveau durch Abpumpen des Wassers erniedrigt werden könnte, sodaß Thermalwasser und zudringendes Grundwasser sich gerade das Gleichgewicht halten würden. Das Wasser müßte in mindestens zwei, beidseitig der Limmat gelegene, hochgestellte, architektonisch schön gebaute Reservoirs gepumpt, vor Abkühlung geschützt und dann nach Bedarf den einzelnen Anstalten zugeleitet werden. Alle mit dem jetzigen System verbundenen Nachteile, Unterhalt der vielen Fassungen, Pumpanlagen, Reservoirs, die großen Wasserverluste im Quellgebiet, die Beschränkung der Bäder auf einen sehr kleinen Raum, sodaß sich die Häuser Licht und Sonne wegnehmen, würden verschwinden und die Leistungsfähigkeit des Kurortes bedeutend erhöht.

Thermalwasser von Baden.

Analytiker: F. P. Treadwell 1896.

Spez. Gewicht: 1,00402 bei 11° für die Paradiesquelle.

Temperatur: 46,9°. Erguß: ca. 700 M.-L.

Radioaktivität: 0,3 bis 1,25 Mache-Einheiten nach Dr. von Sury.

In 1 kg des Mineralwassers sind enthalten:

	Gramm	Milli-Mol	Milligramm-äquivalente
<i>Kationen</i>			
Kalium-Ion (K)	0,06776	1,733	1,733
Natrium-Ion (Na)	0,7944	34,54	34,54
Lithium-Ion (Li)	0,004286	0,6123	0,6123
Calcium-Ion (Ca)	0,5153	12,85	25,71
Strontium-Ion (Sr)	0,00617	0,0704	0,1409
Magnesium-Ion (Mg)	0,1008	4,143	8,286
			71,02

	Gramm	Milli-Mol	Milligramm- äquivalente
<i>Anionen</i>			
Chlor-Ion (Cl)	1,196	33,71	33,71
Brom-Ion (Br)	0,002449	0,0306	0,0306
Jod-Ion (J)	0,000015	0,0001	0,0001
Fluor-Ion (F)	0,000080	0,0042	0,0042
Sulfat-Ion (SO ₄)	1,413	14,70	29,41
Hydrophosphat-Ion (HPO ₄)	0,000129	0,0013	0,0027
Hydroarsenat-Ion (HAsO ₄)	0,000027	0,0002	0,0004
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,4792	7,855	<u>7,855</u>
			71,01
Borsäure(meta) (HBO ₂)	0,001795		
Kieselsäure(meta) (H ₂ SiO ₃)	0,06614		
	4,648		
Freies Kohlendioxyd (CO ₂)	0,2946	— 175,0 cc bei 46,9° und 760 mm	
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	Spur		
	<u>4,9426</u>		

Das Wasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, welche in 1 kg enthält:

Kaliumchlorid (KCl)	0,1292	
Natriumchlorid (NaCl)	1,834	
Natriumbromid (NaBr)	0,003153	
Natriumjodid (NaJ)	0,000018	
Natriumsulfat (Na ₂ SO ₄)	0,2230	
Lithiumchlorid (LiCl)	0,0260	
Calciumfluorid (CaF ₂)	0,000165	
Calciumsulfat (CaSO ₄)	1,750	
Calciumhydro- phosphat Ca(HPO ₄)	0,000183	
Calciumhydroar- senat (CaHAsO ₄)	0,000035	
Strontiumhydro- karbonat (Sr(HCO ₃) ₂)	0,01476	
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	0,0344	
Magnesiumhydro- karbonat (Mg(HCO ₃) ₂)	0,5645	
Borsäure(meta) (HBO ₂)	0,001795	
Kieselsäure(meta) (H ₂ SiO ₃)	0,06614	
	<u>4,647349</u>	
Freies Kohlendioxyd (CO ₂)	0,2946	= 175,0 cc bei 46,9° und 760 mm
Freier Schwefelwasser- stoff (H ₂ S)	Spur	
	<u>4,94195</u>	

2. Die Therme von Schinznach.

Diese weltberühmte und stärkste Schwefeltherme Europas ist das chemische und geologische Analogon der Therme von Baden. Sie tritt im Aarequertal an der Stelle aus, wo der Triaskern der Linnberg-Habsburg-Antiklinale von Süden her von der Aare angeschnitten wird. Die Quelle muß schon seit vielen Jahrtausenden fließen, war vermutlich den frühesten Bewohnern bekannt, wurde sehr wahrscheinlich von den Römern benutzt. Dafür sprechen nach Dr. S. Heuberger¹ die in der Quellnähe liegenden Überreste römischer Bauten, ferner der Fund einer bronzenen Statuette der Hygieia, oberhalb Brugg im Geschiebe der Aare. Da die Aare ein großer wilder Fluß ist und es vor den Kanderableitung in den Thunersee und Aareableitung in den Bielersee noch in erhöhtem Maße war, fanden sich früher die Badanlagen in Schinznach in ständiger Gefahr und wurden auch von mehreren Katastrophen heimgesucht. Der Badeort konnte sich nicht frei entwickeln wie Baden. Die ältesten urkundlichen Dokumente gehen nach S. Heuberger auf das Jahr 1657 zurück. Um das Jahr 1660 wurde auf dem linken Aareufer die Quelle von einem bernischen Landvogt gefaßt und eine Badeanstalt, bestehend aus Badehaus und Gasthaus errichtet, die aber 1670 einem Hochwasser zum Opfer fiel. Die Quelle ging während 20 Jahren verloren, das heißt, sie ergoß sich unsichtbar in die Aare oder ihren Grundwasserstrom, trat aber 1690 auf einer mitten in der Aare liegenden Kiesinsel wieder auf, wurde durch einen Steg vom rechten Ufer aus zugänglich gemacht und in einem auf der Insel erstellten Badehaus verwendet. Der Fluß verlegte sein Bett immer mehr nach links, der rechte Arm füllte sich mit Kies und Sand, und die Quelle kam auf das rechte Ufer und blieb bis in die Gegenwart dort. 1694 erhoben sich die ersten, teilweise bis 1860 vorhandenen Gebäude der Anstalt, die sich immer mehr entwickelte. Während der früheren, sehr starken Flußverschiebungen ist die Quelle zweifelsohne immer am gleichen Ort geblieben, da ihre Austrittsstelle teils durch die Lage des Muschelkalkes, teils durch ein altes Adersystem innerhalb der Muschelkalkschichten fixiert ist. Die Therme tritt ca. 50 m vom heutigen Aareufer, ca. 6 m unter dem mittleren Wasserspiegel und 8 m unter der Bodenoberfläche in den Schacht ein.

¹ Zeugnisse zur ältesten Geschichte des Bades Schinznach, Taschenbuch der Historischen Gesellschaft des Kantons Aargau 1912.

1827 ist die erste fachmännische Fassung der Quelle ausgeführt worden. Der neue Schacht hatte elliptischen Querschnitt von 4,56 m², wurde in Buchenholzriemen hergestellt und reichte 6 m tief unter die Bodenoberfläche, befand sich also immer noch im Kies und war gegen den Grundwasserandrang wenig abgedichtet. 1882 fand unter der Leitung von Prof. *Heim* eine Neufassung statt. Der Schacht wurde bis auf die Felsunterlage vertieft. Das Thermalwasser floß dort aus zwei armsdicken Löchern aus dem Dolomithfelsen heraus, daneben aber auch Wildwasser. Es gelang, die Wildwasserzuflüsse zu verstopfen und den Schacht bis zur Holzwandung herauf mit einer Cementsauskleidung zu versehen.

Bei dieser Fassung wurde konstatiert, daß mit der Absenkung des Niveaus im Thermalschacht der Quellerguß proportional zunimmt und daß die Füllkurve, die die Beziehung zwischen Niveau und Erguß graphisch darstellt, eine gerade ist. Die Tatsache beweist, daß jetzt die Therme nicht direkt mit der Aare, sondern nur mit dem Grundwasser zusammenhängt. Die Aare fließt in der Quellnähe in einem Kiesbett, das ausgepicht und schwer- bis undurchlässig ist. Stünde die Aare mit der Quelle in direkter Verbindung, so wäre eine Neufassung bis 6 m unter den mittleren Wasserspiegel der Aare ohne pneumatische Foundation nicht möglich gewesen. Nach den Aussagen des Herrn Dr. G. Amsler schwanken Erguß, Temperatur und Mineralstoffgehalt auch heute noch mit dem Wasserstande im Quellschacht. Steigt der Wasserspiegel im Schacht, so geht der Erguß zurück, Temperatur und Mineralstoffgehalt nehmen zu; das umgekehrte tritt ein beim Absenken des Niveaus. Analoge Verhältnisse hat der Verfasser bei der Kochsalzschwefelwasserstoffquelle von Lostorf anlässlich der Neufassung im Frühling 1912 durch Serien von Analysen und Temperaturmessungen konstatiert.¹ Das Grundwasser steht also auch heute noch durch Klüfte des Kalkfelsens mit der Therme in Verbindung. An mehreren Stellen konstatierte man in der Quellnähe schwefelwasserstoffhaltendes Grundwasser, also treten Wasserverluste ein. Eine genaue Ergußmessung ist nicht möglich; aus Pumpversuchen wurde der Schluß gezogen, daß die Therme pro Minute ca. 1400 Liter Wasser von 34,3° liefert.

¹ Ad. Hartmann, chemische und geologische Verhältnisse der Quellen von Lostorf. Heft XIV der A. N. G. 1917.

Chemische Zusammensetzung des Schinznacher Thermalwassers.

Analitiker: F. P. Treadwell und C. Mayr. 1913.

Spez. Gewicht: 1,00176 bei 15° bez. auf Wasser von 4°.

Radioaktivität: 4,52 Mache-Einheiten nach A. Schweizer.

Temperatur 34,3°. Erguß zirka 1400 Minutenliter.

In einem Kilogramm des Wassers sind enthalten:

<i>Kationen</i>	Gramm	Milli-Mol	Milligramm- äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,0222	0,568	0,568
Natrium-Ion (Na)	0,4335	18,848	18,848
Lithium-Ion (Li)	0,0006	0,086	0,086
Ammonium-Ion (NH ₄)	0,00063	0,035	0,035
Calcium-Ion (Ca)	0,3649	9,106	18,212
Strontium-Ion (Sr)	0,0041	0,047	0,094
Magnesium-Ion (Mg)	0,0883	3,631	7,262
Ferro-Ion (Fe)	0,0002	0,004	0,008
Aluminium-Ion (Al)	0,0008	0,030	0,090
			45,203
<i>Anionen</i>			
Chlor-Ion (Cl)	0,6021	16,980	16,980
Brom-Ion (Br)	0,00096	0,012	0,012
Jod-Ion (J)	0,000029	0,00023	0,00023
Sulfat-Ion (SO ₄)	1,0739	11,178	22,356
Thiosulfat-Ion (S ₂ O ₃)	0,0016	0,015	0,030
Phosphat-Ion (HPO ₄)	0,00008	0,0008	0,0016
Arseniat-Ion (HAsO ₄)	0,00026	0,0019	0,0038
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,2879	4,7190	4,7190
Hydrosulfid-Ion (HS)	0,0364	1,1000	1,1000
	2,9185	66,362	45,203
Borsäure (HBO ₂)	0,0030		
Kieselsäure (H ₂ SiO ₃)	0,0429		
Organ. Substanzen	0,0016		
Freier Stickstoff (N ₂)	0,0232	= 20,89 cc bei 34,3° und 760 mm	
Fr. Kohlendioxyd (CO ₂)	0,0824	= 46,92 cc bei 34,3° und 760 mm	
Freier Schwefel- wasserstoff (H ₂ S)	0,0493	= 36,09 cc bei 34,3° und 760 mm	
Summe	3,1209		

Das Schinznacher Thermalwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die im Kilogramm enthält:

	Gramm	
Kaliumchlorid (KCl)	0,0423	
Lithiumchlorid (LiCl)	0,0037	
Ammoniumchlorid (NH ₄ Cl)	0,0019	
Natriumchlorid (NaCl)	0,9527	
Natriumbromid (NaBr)	0,0012	
Natriumjodid (NaJ)	0,000034	
Natriumhydrosulfid (NaSH)	0,0617	
Natriumsulfat (Na ₂ SO ₄)	0,1025	
Calciumhydrophosphat (CaHPO ₄)	0,0001	
Calciumhydroarseniat (CaHAsO ₄)	0,0003	
Calciumthiosulfat (CaS ₂ O ₃)	0,0022	
Calciumsulfat (CaSO ₄)	1,2374	
Strontiumsulfat (SrSO ₄)	0,0086	
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	0,1536	
Magnesiumhydrokarbonat (Mg(HCO ₃) ₂)	0,3448	
Eisenhydrokarbonat (Fe(HCO ₃) ₂)	0,0006	
Aluminiumsulfat (Al ₂ (SO ₄) ₃)	0,0051	
Metaborsäure (HBO ₂)	0,0030	
Metakieselsäure (H ₂ SiO ₃)	0,0429	
Organ. Substanzen	0,0016	
Freies Kohlendioxyd (CO ₂)	0,0824 = 41,69 cc bei 0° und 760 mm	
Freier Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	0,0493 = 32,06 cc bei 0° und 760 mm	
Freier Stickstoff (N ₂)	0,0232 = 18,56 cc bei 0° und 760 mm	
Methan (CH ₄)	Spur	
Summe	<u>3,1211</u>	
Gesamtschwefelwasserstoff		56,42 cc bei 0° und 760 mm

3. Herkunft der Thermen von Baden, Schinznach und Lostorf.

Diese für Laien und Gelehrte gleich interessante Frage soll hier kurz besprochen werden, obwohl sie noch keine definitive Beantwortung findet. Nach der Ansicht von Herrn *Prof. Alb. Heim* in Zürich stammt das Wasser aus den Alpen, sickert dort in die Triaszone am Nordrand des Aarmassives ein, folgt

unter hydrostatischem Drucke den Triasschichten unter dem schweizerischen Mittelland hindurch, erwärmt, mineralisiert sich, steigt in der südlichsten Jura-Antiklinale wieder empor und tritt dort aus, wo die Flüsse den Muschelkalk durch Erosion entblößt haben. Nach der Ansicht von Prof. *Fr. Mühlberg* in Aarau ist das Einzugsgebiet im Aargauerjura westlich Baden zu suchen; er stützt sich unter anderem auf vergleichende Erguß- und Niederschlagsmessungen. Dr. A. Amsler, Prof. Schardt und Dr. G. Senftleben schließen sich der zweiten Ansicht an. A. Amsler betont, daß eine kommunizierende Leitung zwischen Alpen und Jura aus tektonischen Gründen nicht möglich sei, weil der Muschelkalk im subalpinen Gebiet unbedingt zerrissen sein müsse, da die Gleitfläche, auf welcher das ganze Mittelland und der Kettenjura bei der Bildung von Alpen und Jura nordwärts geschoben wurde, im Alpengebiet über dem Mesozoikum und im Juragebiet unter der mittleren Trias liegen müsse. Die für die Wasserbewegung treibende Kraft sieht A. Amsler nicht im System kommunizierender Röhren wie A. Heim, sondern in der sogenannten «thermischen Konfektion» oder im «Thermosyphon», welche Bezeichnung Prof. Schardt für unterirdische Wasserläufe im Simplongebiet gebraucht hat. Das irgendwo eindringende, kalte Wasser erwärmt sich in der Tiefe und steigt dann an einem andern Ort infolge des geringeren spezifischen Gewichtes wieder empor; seine Bewegung ist derjenigen des Wassers in einer Zentralheizung vergleichbar. Die Frage der Herkunft ist heute noch nicht gelöst.

Gegen die Herkunft der Thermen aus dem Gebiet des Juragebirges, also für eine südliche, alpine Herkunft, sprechen nach meiner Ansicht folgende Tatsachen und Erwägungen:

1. Den Ausführungen auf Seite 267 ist zu entnehmen, daß die Thermen von Baden mindestens aus 1500 m und diejenigen von Schinznach aus 1000 m Tiefe aufsteigen müssen. Die Gesamtmächtigkeit aller Schichten vom obern Jura bis zur Anhydritgruppe der Triasformation beträgt nach Mühlberg ca. 630, nach Senftleben ca. 660 m. Rechnen wir für den Jurarand noch ca. 300 m Tertiär hinzu, so ist die maximale Dicke bis zur thermalwasserführenden Muschelkalkschicht oder Gleitfläche in der Anhydritformation 900—1000 m. Diese Tiefe reicht nicht aus, um dem Thermalwasser von Baden die vorhandene Temperatur von 48 Grad zu geben.

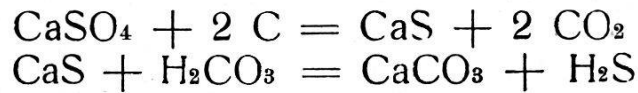
2. Das Wasser müßte also vom Jura aus den Triasschichten folgend, seinen Weg südwärts unter das Mittelland nehmen, um dann wieder nordwärts aufzusteigen. Ein solcher Weg ist höchst unwahrscheinlich, weil das Wasser in der Streichrichtung der Schichten und des Gebirges nach Osten weniger Widerstand findet und in den Klusen direkt ausfließen kann.

3. Die beiden Thermen und die Lostorfer Schwefelwasserstoffquelle treten im Südschenkel der südlichsten offenen Antiklinale aus, und kein Nordschenkel, auch keine andere Antiklinale liefert heißes oder Schwefelwasserstoff haltendes Wasser.

4. Die Austrittsstellen der Badener und Schinznacher Thermen sind in den beiden Thermalklusen nicht an der tiefsten Stelle, sondern am Ostrand des Muschelkalksüdschenkels. In Baden ist westlich des heutigen Limmatbettes eine zweite, nicht weniger tiefe, mit Kies gefüllte Rinne nachgewiesen, die den Muschelkalk ohne Keuperüberdeckung frei anschneiden und der Therme einen bessern Austritt gestatten müßte, wenn das Wasser von Westen käme. In Schinznach ist westlich des Quellaustrittes in der Streichrichtung des Muschelkalkes ein 20—24 m tiefer, mit Kies gefüllter Aarelauf, der den Muschelkalk tiefer anschneidet. Diese beiden früher nicht bekannten, jetzt durch Bohrungen festgestellten, westlichen, tiefern, von den Thermen nicht benützten Flußbrinnen sprechen gegen eine westliche, dagegen für eine südliche oder südöstliche Herkunft des Wassers.

5. Die Quellen von Baden, Schinznach und Lostorf unterscheiden sich, abgesehen von der Temperatur, chemisch prinzipiell von allen andern, zahlreichen, aus Juraantiklinalen oder Überschiebungen austretenden Muschelkalkquellen. Erstere sind viel mineralstoffreicher (Baden 4,65, Schinznach 3,12, Lostorf 3,66 ‰), enthalten Schwefelwasserstoff und keine Spuren freien Sauerstoff. Alle andern Mineralquellen von sicher jurassischer Herkunft enthalten keinen Schwefelwasserstoff, freien Sauerstoff und viel weniger Mineralstoffe (Warmbach Schinznach 0,648, Quelle im Tal Densbüren 1,348, Dorfbrunnen Asp 0,712, Fischbach Benken 0,610 und Laurenzenbad 0,445 ‰ Trockenrückstand).

Der Schwefelwasserstoff kann nur durch Reduktion von Gips entstanden sein, durch die Wirkung der streng anaeroben Bakterien bei jeglichem Fehlen von Luft nach dem Schema:



Die Schwefelwasserstoffbildung und starke Mineralisation ist wieder verständlicher bei Annahme eines langen Weges aus den Alpen. Die starken Differenzen im Schwefelwasserstoffgehalt der drei Quellen, Baden eine Spur, Schinznach 56,42 cc und Lostorf 55,2 cc im kg Wasser erklären sich durch die geologischen Verhältnisse des Austrittes. In Baden besteht der Jura nur aus einer Antiklinale; das von Süden her kommende Wasser muß auf kurzem Wege rasch aus großer Tiefe aufsteigen, kühlt sich wenig ab und erschwert infolge der zu hohen Temperatur den sulfatreduzierenden Bakterien die Tätigkeit. Der Schwefelwasserstoffgehalt ist gering und der Gips noch unzersetzt im Wasser vorhanden. In Schinznach und Lostorf besteht der Jura aus mehreren, hintereinanderliegenden Falten. Den thermalwasserführenden offenen Triasantiklinalen ist jedesmal noch eine flache Malmantiklinale südlich vorgelagert, so in Schinznach die Kestenberg- und in Lostorf die Engelberg-Antiklinale. Das event. von Süden kommende Mineralwasser steigt in diesen Vorfalten in die Höhe, kühlt sich ab und bietet dann der Bakterientätigkeit günstige Bedingungen. Der Gipsgehalt dieser Quellen ist geringer infolge Umsetzung, dafür der Schwefelwasserstoffgehalt viel größer.

6. Die nachgewiesene Abhängigkeit des Ergusses der Badener Therme von den Niederschlägen mit ca. 10—12 monatigen Verspätungen der Schwankungen spricht nicht gegen eine alpine Herkunft, weil die jährlichen Niederschläge in Voralpen, und Jura im ganzen analoge Schwankungen aufweisen.

7. Die neuen Theorien über Alpentektonik, sowie über die Abscherung des Mittellandes und östlichen Juragebirges auf einer Gleitfläche, die im Juragebiet in den Anhydritmergeln, im Alpengebiet in einem geologisch weit höheren Horizont liegt, sprechen nicht gegen, sondern für eine alpine Herkunft. Eine solche Abscherungsfläche bietet dem Wasser einen sichern Durchgang, auch wenn die durchlässigen Schichten zerissen und lückenhaft sind. Bei Annahme dieser großen Abscherungsfläche beschränkt sich das Einzugsgebiet in den Alpen nicht nur auf die schmale Triaszone am Nordrand des Aarmassives, sondern erstreckt sich wahrscheinlich auf eine wesentlich breitere Zone im mittelschweizerischen Voralpengebiet, die mit der Gleitfläche in Verbindung steht.—

8. Wenn obere, durchlässige, geologische Horizonte, wie Hauptrogenstein und Sequankalke keine warmen, aus den Alpen kommenden Quellen aufweisen, so ist das vom geologischen und chemischen Gesichtspunkte aus verständlich.

Die Triasformation mit den in der Nordschweiz reichen Einlagerungen von Gips und Steinsalz bot primär dem Gleiten und sekundär dem Wassereindringen viel weniger Widerstand als schwerlösliche Sedimente. Im Laufe der Jahrtausende werden sich ausgedehnte Rinnensysteme im Bereich der Quellen gebildet haben durch Auslaugung von Salz und Gips, wie auch aus den Ausführungen auf Seite 16 hervorgeht.

Als Analogen zu den jurassischen Schwefelwassertoffthermen seien *heiße Quellen im nördlichen Kaukasus erwähnt*, über die mir Herr Dr. A. Erni, Geologe aus Olten, in verdankenswerter Weise folgende Angaben machte.

In den tertiären Vorfalten des nördlichen Kaukasus entspringen in der Nähe der Stadt Grosnyj eine Anzahl heißer Quellen, von 70,3—91 Grad Temperatur, 700—3500 M.-L. Erguß, 0,91 bis 2,9346 gr.i.L. Mineralstoffgehalt und einer ständigen Abgabe von Kohlendioxyd- und Schwefelwasserstoffgas. Die gleichen heißen Quellen wurden auch in den geschlossenen, ölführenden Antiklinalen südöstlich und westlich in denselben Tertiärschichten der Stadt Grosnyj angebohrt und zum Teil zum Heizen von Häusern verwendet. Als Einzugsgebiet dieser Quellen können nur die ca. 30 km südlich gelegenen schwarzen Berge längs der Kaukasushauptkette in Frage kommen, weil dort in höherer Lage auf breiter Zone die gleichen tertiären Schichten anstehen. Offenbar findet in der breiten, tiefen Mulde zwischen dem Orte der Versickerung in der Hauptkette und dem Austritt in der Vorkette eine Erwärmung, Mineralisierung und Schwefelwasserstoffbildung statt. Als Beweis für die der alpinen Herkunft der Jurathermen analoge Herkunft aus dem Kaukasus seien folgende Punkte erwähnt:

1. Eine ständige Speisung der sehr starken heißen Quellen, die früher sogar Mühlen getrieben haben, kann nur durch die Niederschläge im Süden, in den schwarzen Bergen erfolgen.

2. Die anhaltend sehr hohe Wassertemperatur in den Kuppeln der Vorfalten — in einer Tiefe von nur 550 m wurde 87° heißes Wasser erbohrt — kann nur die Folge einer südnördlichen Wasserzirkulation sein, das nach der Erhitzung in der Synklinale immer der gleichen Schicht folgend, wieder in die Nähe der Bodenoberfläche steigt.

3. Die auffallend starke Abnahme von Erguß und Temperatur der früher sehr ergußreichen, heißen Quellen ca. 20 km westlich der Stadt Grosnyj ist ohne Zweifel die Folge der Anzapfung ihrer Wasserläufe in den Ölfeldern südlich davon.

4. Das Birmenstorfer Bitterwasser.

Das Bitterwasser von Birmenstorf und Mülligen ist neben der Sole von Rheinfelden und Zurzach das gehaltreichste aargauische Mineralwasser. Das Bittersalz liegt in der untern Keuperformation, die bei der Jurabildung hochgehoben und durch die Reuß angeschnitten wurde. Der Keuper besteht aus einer ca. 150 m mächtigen Gesteinsserie von folgender Zusammensetzung:

Bunter Mergel, grauer Mergel, Sandstein und Dolomit ca. 35 m	
Oberer Gips mit Bittersalzadern (Grube VII)	„ 20 „
Graue Mergel und schwarze Schiefer	„ 30 „
Unterer Gips mit Bittersalzeinlagen (Grube II—V)	„ 65 „

Schon am Ende des 18. Jahrhunderts wurde Gips ausgebeutet und als Dünger verwendet. 1842 entdeckte ein Arbeiter den bitteren Salzgeschmack des Bergschweißes und das gab Veranlassung zu einer Untersuchung durch Prof. Bolley in Aarau. Das Bitterwasser von Birmenstorf enthielt neben andern Bestandteilen im kg 22 gr Bittersalz, das von Mülligen 32 gr Natriumsulfat. Rasch wurde das Wasser bekannt und in Mülligen durch Stollenbau (im Reußknie der Schambelen) und in Birmenstorf durch Schachtbau ausgebeutet. Das *Lager in Mülligen* ist heute wegen Verschüttung der Stollen nicht mehr sichtbar und Bittersalz ist seit dem Jahre 1895 nicht mehr gewonnen worden. Nach F. Mühlbergs Beschreibung war der Gips dort von ähnlicher Beschaffenheit wie im heutigen Bergwerk von Birmenstorf. Das in mehreren 1—3 mm dicken Adern vorkommende Bittersalz war kristallinisch, unregelmäßig, nicht in der ganzen Streichrichtung einer 60—100 cm mächtigen Gipsschicht vorhanden. In den salzfreien Strecken hat es primär kein Salz, denn es fanden sich keine durch Auslaugung entstandene Hohlräume. Das nördliche der beiden Lager war ergiebiger als das südliche.

In *Birmenstorf* finden sich zwei Gips- und zwei Bittersalzlager. Das untere, nördlichere und bessere war bis zum Jahre 1916 durch fünf, das südliche, obere nur durch zwei Schächte angeschnitten. Diese 40—75 m tiefen Schächte waren mit Holz ausgesperrt, mit Leitern versehen und standen unten

mit mehreren Stollen in Verbindung. Die umfangreichen Bergwerksanlagen der Gruben II—VI des nördlichen Lagers umfaßten 400 m Schächte, und 625 m Stollen, und es sind ca. 1500 m³ Gestein behufs Auslaugung abgebaut worden. Über die Anlagen im südlichen Lager ist man wenig orientiert. Es wurden den Bittersalzsichten folgend bis 20 m hohe, 0,6 bis 3 m breite Schlitzte ausgehauen, das Gesteinsmaterial zur Auslaugung in durch Quellen gebildete Tümpel geworfen und dann das Bitterwasser in Kübeln mit Rollen emporgezogen. Das weiche, meist trockene Gestein hat sich auch ohne Bergversatz gut gehalten. Diese Bitterwassergewinnung war jedoch sehr primitiv, unsauber; das Arbeiten in den sehr tiefen Löchern gefahrvoll und die Anlagen unrationell. Auf Anraten von Prof. C. Schmidt in Basel, dessen Bericht diese Angaben teilweise entnommen sind, wurde in den Jahren 1916—18 durch die neue Firma «Birmo A. G.» von Westen her ein 570 m langer, gut gesicherter und teilweise ausgemauerter Stollen in den untern Keuper hineingetrieben, mit einzelnen der früheren Schächte in Verbindung gesetzt und so das Lager von unten her angefahren. Diese neue, kostspielige Anlage ermöglicht eine ständige Ventilation des Bergwerkes, eine rationelle, gefahrlose bergmännische Ausbeutung des Bittersalz haltenden Gesteins, das in Rollwagen auf einem kleinen Bahngleise nach den Verarbeitungsgebäuden an der Bruggerstraße geführt wird. Dort wird das aus Ton, Gips und Bittersalz bestehende Material in Betongruben mit Bittersalz haltendem Quellwasser aus dem Bergwerk in Berührung gebracht und mehrmals ausgelaugt. Das so entstehende, konzentrierte Bitterwasser erfährt dann eine vollständige Klärung durch Filtration in zwei 1,5 m dicken Sandfiltern und gelangt in Sammelbassins und von dort in die in einem neuen Gebäude untergebrachten Abfüllräume. In diesen finden sich maschinelle, moderne Einrichtungen zum Spülen, Abfüllen, Verkorken und Etikettieren der Flaschen, sodaß stündlich ca. 1500—1800 Flaschen versandbereit gemacht werden können. Dieses einzige aargauische Bergwerk ist mit einem großen Kostenaufwande zweckmäßig sauber und leistungsfähig eingerichtet und wird in der Lage sein, mit dem guten und gleichmäßig zusammengesetzten Bitterwasser den ganzen Inlandbedarf zu decken und große Mengen nach dem Auslande zu exportieren. Der frühere recht bedeutende Konsum an Birmenstorfer Bitterwasser ist in der Kriegs- und Nachkriegs-

zeit stark zurückgegangen, hat jetzt aber einen erfreulichen Aufschwung genommen und sich auch auf Amerika und England ausgedehnt.

Über die chemische Zusammensetzung orientiert die nachfolgende Analyse. Von besonderem Interesse sind die petrographisch-mineralogischen Verhältnisse des Vorkommens. Nach den Untersuchungen des mineralogisch-geologischen Institutes in Basel besitzt das bittersalzführende Gestein des Gipskeupers im Bergwerk folgende Zusammensetzung:

70 % Gips, ($\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$), meist grau und weiß, seltener rötlich gefärbt, mit vielen Fältelungen und wenig Faser-gips,

4 % Dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$),

25 % Ton und Quarz ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5\text{H}_4$ und SiO_2),

1,0 % lösliche Salze.

Diese löslichen Salze bestehen aus 3 Mineraltypen:

1. dem eigentlichen *Bittersalz*, Epsomit, $\text{MgSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$, rhombisch kristallisiert mit nach der C-Axe verlängerten Kristallen und charakteristischer Spaltbarkeit. Die Kristalle des faserigen Salzes können bis 12 mm, diejenigen des körnigen Salzes bis 3 mm lang sein;

2. dem *Glaubersalz*, Mirabilit. $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$, der zwar nicht rein, sondern immer im Verhältnis 1:3 mit dem Epsomit gemengt vorkommt. Im Material eines Stollens der Grube 2 wurden trübe Körner als durch Wasserabgabe zersetzten Mirabilit erkannt. Bemerkenswert ist, daß Prof. Bolley nur im Mülliger, nicht aber im Birmenstorfer Wasser Natrium gefunden hatte;

3. dem «*Haarsalz*», das fast im ganzen Bereich der Salzsicht in den Gruben und Stollen vorkommt und an den Wänden dünne Krusten und Ausblühungen bildet. Dieses Haarsalz erwies sich als eine 3 % gipshaltende Mischung von Bittersalz mit etwas Glaubersalz. Durch Auflösen und Wiederkristallisieren des Haarsalzes konnten große Kristalle von Bittersalz, Epsomit gewonnen werden.

Das Bittersalz tritt in Adern und Knollen teils faserig, teils feinkörnig im Gipsgestein auf und ist im frischen Anbruch farblos, verwittert aber bald zu einem weißen, mehligem Pulver. Der Bergwerksbesucher hat Mühe, in den meist schlecht beleuchteten Schächten oder Stollen das Bittersalz zu erkennen; die geübten, seit Jahrzehnten, teils seit Generationen mit der Ausbeutung beschäftigten Arbeiter erkennen

es auf den ersten Blick und finden die gehaltreichsten Partien des Gesteins rasch heraus.

Das Bitterwasser wird durch Auslaugung dieser Gesteine gewonnen und enthält immer Bittersalz und Glaubersalz im Mengenverhältnis 75:25 und daneben je nach der Auslaugungsart etwas wechselnde Mengen Gips.

Das in den Handel kommende Bittersalz hat eine konstante Zusammensetzung und entspricht folgender Analyse.

Birmenstorfer Bitterwasser.

Analytiker: Hinden, geolog. Institut Basel 1916 (umgerechnet).

In 1 kg des Bitterwassers, wie es zum Versand gelangt, sind enthalten:

<i>Kationen:</i>	Gramm	Milli-Mol	Milligramm-äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,1904	4,882	4,882
Natrium-Ion (Na)	3,9120	170,087	170,087
Calcium-Ion (Ca)	0,4159	10,400	20,800
Magnesium-Ion (Mg)	4,0281	165,765	331,530
			<hr/> 527,299
<i>Anionen:</i>			
Chlor-Ion (Cl)	0,583	16,423	16,423
Schwefelsäure-Ion (SO ₄)	24,177	251,844	503,688
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,438	7,188	7,188
	<hr/> 33,7444		<hr/> 527,299

Das Wasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die in 1 kg enthält:

	Gramm
Kaliumsulfat (K ₂ SO ₄)	0,4244
Natriumsulfat (Na ₂ SO ₄)	12,064
Calciumsulfat (CaSO ₄)	1,037
Calciumbikarbonat (Ca(HCO ₃) ₂)	0,393
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	18,920
Magnesiumchlorid (MgCl ₂)	0,783
	<hr/> 33,6214

5. Die jodhaltige Kochsalzquelle von Wildegg.

Sie wurde 1827 beim Suchen nach arthesischem Wasser an der Westkante des Kestenberges in der Nähe der Bünz erbohrt. Das neuere der beiden 20 m von einander entfernten

Bohrlöcher ist 120 m tief und hat bis 77 m 90 mm und von 77 bis 120 m 78 mm Durchmesser. Nach Fr. Mühlberg liegt der Hofboden mit Quote 360,58 m und die Sohle des 7,65 m tiefen Schachtes mit 352,93 m im Horizont der an jener Stelle durch Erosion entfernten Wangenschichten (Oberes Sequan). Von 349,5—349,2 m sind Crenularis-, dann bis 310 m Geißberg-, weiter unten Effinger-Schichten durchfahren worden. Die Quelle liegt in einer 30 cm dicken, etwas härteren Gesteinsschicht mit der Quote 243,09, ist also ca. 67 m unter der oberen Grenze der ca. 150 m dicken Effingerschichten. In den obern Teil des Bohrloches ergießt sich eine 28—35 Minutenliter liefernde Quelle gewöhnlichen Wassers aus den Geißbergschichten, die durch eine im Schacht montierte elektrische Rotationspumpe aus dem Bohrloch geschafft wird. Das Jod- und Natriumchlorid haltende Mineralwasser sinkt infolge seines größeren spez. Gewichtes in den untersten Teil des Bohrloches und wird vermittelt einer kleinen Kolbenpumpe aus dem Loch gehoben. Die von der Oberfläche aus angetriebene Pumpe liegt ca. 35 m unter der Bohrlochmündung, und das 10 mm weite, aus verzinnem Messing bestehende Rohr reicht bis auf den Bohrlochgrund. Die Erfahrung hat gelehrt, daß die Ergiebigkeit der Jodquelle wächst, wenn das eindringende Wildwasser aus dem obern Teil des Bohrloches entfernt und der Wasserspiegel möglichst tief erniedrigt wird, sodaß eine hydrostatische Depression entsteht. Im Frühjahr 1925 ist eine Kompressionspumpe eingesetzt worden, die Druckluft in das westliche Bohrloch preßt und so das in beiden Schächten kommunizierende Wildwasser herauschleudert. Durch die Verbesserung des Betriebes und stärkere Absenkung des Wildwasserspiegels kann nach Angaben des Herrn Dr. G. Amsler der früher nur 4 Liter pro Stunde betragende Erguß des Jodwassers auf ca. 60 Liter gesteigert werden. Das nach einer Ruhepause gepumpte Wasser ist konzentrierter als das nach anhaltendem Pumpen austretende. In einem Reservoir findet jedoch immer ein Ausgleich und vor dem Abfüllen in die Flaschen immer eine Kontrolle durch ein Aräometer statt. Eine Verdünnung des zu starken Jodwassers ist geboten, um den Geschmack zu verbessern und eine Schädigung durch zu große Jodmengen auszuschließen.

Die Wildegger jodhaltige Kochsalzquelle ist chemisch und geologisch eine Merkwürdigkeit und große Seltenheit.

Sie ist eine der stärksten Mineralquellen und die stärkste Jodquelle der Schweiz. Das Auftreten von Jod ist nach neuesten Untersuchungen begreiflich, nicht aber das Vorhandensein von so großen Mengen Natriumchlorid in den Effingerschichten. Die Quellen aus dem weißen Jura enthalten nur 0,003 bis 0,005 gr. Chlor i. L. Eine Quelle aus den oberen Effingerschichten östlich der Cementfabrik Holderbank 0,007 gr und das Sickerwasser aus dem Stollen des großen Bruches im «Schümel» sogar 0,111 gr. Doch stammt dieses reichlich vorhandene Chlor zweifelsohne aus dem in großen Massen verwendeten Chedit-Sprengstoff, der 79 % Kaliumchlorat enthält, das bei der Explosion in Chlorid übergeht.

Das Wildegger Wasser enthält nach der Analyse von Löwig 7,337 gr und nach der Bestimmung einer Probe aus dem Jahre 1925 0,2272 gr Chlorid. Da die Effingerschichten, spez. die hier in Frage kommenden oberen Partien, schwer durchlässig sind, so muß das Einzugsgebiet und der Auslaugungsbereich der kleinen Quelle sehr beschränkt sein, und eine vollständige Auslaugung würde nach bald hundertjährigem Abpumpen der Quelle nicht verwundern.

Die Jodquelle kann weder mit dem Aare- noch mit dem Bünztal in irgend einer Beziehung stehen. Ihr Einzugsgebiet ist im Kestenbergr gelegen, an dessen West- und Nordhang die Fortsetzung der im Bohrlochgrund getroffenen Schichten zu suchen wären. Der ursprünglich hohe Jodgehalt ist verständlich, da auch an andern Orten die Effingerschichten verhältnismäßig sehr jodreich sind. Der Verfasser hat im Gesteinsschlamm der Jurazementfabriken in Wildegg und der aargauischen Portlandzementfabriken in Holderbank beträchtliche Jodmengen nachweisen können. Nach den Untersuchungen von Dr. Th. v. Fellenberg enthalten Materialien der Effingerschichten am Abhang des Rugen bei Effingen folgende Jodmengen:

	Millionstelgramm Jod im kg
Ammonit	9,200
Gestein vom Aufschluß	5,400
Mergel daselbst	7,830
Erde in einem Kartoffelacker daselbst	11,900
Mergel in höherer Lage	15,400
Schlamm daselbst	13,420
Mittelwert aller Proben	10,520

Zum Vergleiche seien noch die Jodgehalte einiger anderer Gesteine angeführt:

	Anzahl der Proben, Gestein, Gehänge-Schutt u. Erde	Mittelwert des Gesamtjodes Millionstelgr. J. in 1 kg Gest.
Untere Meeresmolasse von Hunzenschwil	4	0,885
Untere Süßwassermolasse, Hunzenschwil	2	0,385
Oberer brauner Jura von Hornussen	3	2,690
Oberer Dolomit von Kaisten	3	0,520
Muschelkalk von Kaisten	3	1,132
Mittelwert aller Proben		1,112

Die Effingerschichten sind also im Mittel 10 mal jodreicher als alle andern. Ohne Zweifel würden die tiefern, noch nicht ausgelaugten Gesteine einen noch größeren Jodgehalt aufweisen. In Wildegg scheint der hohe Jodgehalt sehr lokalisiert zu sein; von den drei im Anfang des letzten Jahrhunderts abgeteuften Bohrlöchern, wovon zwei 120 m und eines ca. 300 m tief waren, lieferte nur eines Jodwasser.

Der Jodgehalt stammt ohne Zweifel aus primär im Meerwasser vorhandenen, jodhaltigen Organismen, besonders Tangen, die auch in den jetzigen Meeren Jod sammeln. Durch Tangenschwemmungen wurde das Jod konzentriert und durch die schwerdurchlässigen Effingermergel bis auf den heutigen Tag konserviert. Herr Dr. G. Amsler erklärt, daß das Mineral- und Wildwasser zu gewissen Zeiten einen typischen Meertangeruch zeigen.

Wildegger Jodwasser.

Analitiker: Löwig 1869 (umgerechnet 1925) Spez. Gewicht 1,01 (berechnet) Temperatur 11,2°.

Erguß: zirka 4 Liter in der Stunde. Durch eine im Jahre 1925 eingesetzte Pumpe wird der Erguß wesentlich gesteigert.

In 1 kg des Mineralwassers sind enthalten:

<i>Kationen:</i>	Gramm	Milli-Mol	Milligramm-äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,003	0,075	0,075
Natrium-Ion (Na)	3,829	166,130	166,130
Calcium-Ion (Ca)	0,680	17,000	34,000
Magnesium-Ion (Mg)	0,414	16,995	33,990
Eisen-Ion (Fe)	0,0003	—	—
			<hr/> 234,195

<i>Anionen:</i>	Gramm	Milli-Mol	Milligramm-äquivalente
Chlor-Ion (Cl)	7,3374	206,98	206,98
Brom-Ion (Br)	0,0006	0,07	0,07
Jod-Ion (J)	0,0329	0,26	0,26
Sulfat-Ion (SO ₄)	1,2357	12,86	25,72
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,0711	1,165	1,165
	<u>13,6040</u>		<u>234,195</u>

Das Mineralwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die in 1 kg enthält:

	Gramm
Kaliumchlorid (KCl)	0,0057
Natriumchlorid (NaCl)	9,7030
Natriumbromid (NaBr)	0,0008
Natriumjodid (NaJ)	0,0389
Calciumchlorid (CaCl ₂)	0,3630
Calciumsulfat (CaSO ₄)	1,7513
Calciumhydrokarbonat (Ca(HCO ₃) ₂)	0,1332
Eisenhydrokarbonat (Fe(HCO ₃) ₂)	0,0008
Magnesiumchlorid (MgCl ₂)	1,5970
	<u>13,5937</u>

Das jetzt in den Handel kommende Wildegger Jodwasser hat eine wesentlich andere Zusammensetzung:

	Probe Nr. 1 1920	Nr. 2 1923	Nr. 3 1925
Trockenrückstand gr i. L.	4,294	5,284	4,610
Chlorgehalt als (Cl) gr i. L.	2,41	2,343	2,272
Jodgehalt als (J) in Milligr.	ca. 7	ca. 8	7,1

Der Mineralstoffgehalt, sowie auch der Jodgehalt des jetzt in den Handel kommenden Jodwassers ist also 3—5 Mal schwächer als die seinerzeit von Löwig analysierte Probe.

6. Die Mineralquellen von Schinznach-Dorf.

Der Warmbach. Er ist mit seiner gleichmäßigen Wasserführung von 1200 Minutenliter und konstanter Temperatur von 12,6 Grad eine der schönsten Quellen des östlichen Jura-gebirges. Er tritt am Fuß der Wanne, bei den obersten Häusern des Dorfes, aus den senkrecht gestellten Muschelkalkschichten der Kalmegg-Kestenbergantiklinale heraus, wo diese durch die Kluse des Schenkenbergbaches angeschnitten sind. Das Einzugsgebiet der Quelle liegt im Muschelkalkzug, der sich von hier westwärts bis ins Staffelegggebiet erstreckt. Die Quelle zeigt kaum merkliche Ergußschwankungen, fließt

nie trüb, dampft im Winter, durchwärmt den Boden der Umgebung, sodaß kein Schnee liegen bleibt. Sie gab Veranlassung zur Bildung der Siedelungen, die wahrscheinlich in die Römerzeit zurückreichen, hilft heute noch mit beim Antrieb dreier Mühlen, speist drei laufende Brunnen und liefert das Wasser für die Gemeindewasserversorgung, das durch ein Pumpwerk in das Reservoir gehoben wird.

Das Wasser hat folgende Zusammensetzung:

Trockenrückstand bei 10,5°	0,648 gr 1 Liter,
Alkalinität als CaCO ₃	0,300 „ „ „
Chlor als Chloride	0,004 „ „ „
Calcium als Ca	0,150 „ „ „
Schwefelsäurerest als SO ₄	0,230 „ „ „
Calciumsulfat daraus berechnet	0,326 „ „ „

Das Wasser gehört zu den schwach erdigen Mineralquellen.

Der Talbachbrunnen.

Er entspringt westlich des Dorfes im Steilbord über dem Mühlebach in nicht sichtbarer Brunnstube und speist den Brunnen bei den 4 Häusern im Talbach. Das Einzugsgebiet und der Quellsaustritt liegen im Keuper des Kalmbergsüdhanges. Der sehr konstante Erguß der nie trüb fließenden Quelle beträgt zirka 20 Minutenliter. Das Wasser hat einen stark erdigen Geschmack, greift die Brunnröhre rasch an und wird als Trinkwasser verwendet. Seine Zusammensetzung lautet:

Analitiker: Ad. Hartmann 1925.

Spez. Gewicht 1,0025.

Erguß: 20 M. L.

<i>Kationen</i>	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,0137	0,352	0,352
Natrium-Ion (Na)	0,0235	1,920	1,020
Calcium-Ion (Ca)	0,3844	9,610	19,220
Magnesium-Ion (Mg)	0,0549	2,289	4,578
Aluminium-Ion (Al)	0,0055	0,206	0,618
Eisen-Ion (Fe)	Spur		25,788
<i>Anionen</i>			
Chlor-Ion (Cl)	0,0060	0,171	0,171
Sulfat-Ion (SO ₄)	0,8929	9,301	18,602
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,4279	7,015	7,015
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0174		
	1,8262		25,788

Das Wasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die im kg enthält:

	Gramm
Kaliumchlorid (KCl)	0,0126
Kaliumsulfat (K ₂ SO ₄)	0,0158
Natriumsulfat (Na ₂ SO ₄)	0,0725
Calciumsulfat (CaSO ₄)	1,1832
Calciumbikarbonat (Ca(HCO ₃) ₂)	0,1110
Magnesiumbikarbonat (Mg(HCO ₃) ₂)	0,3331
Aluminiumbikarbonat (AL(HCO ₃) ₃)	0,0416
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0174
Kohlensäure (CO ₂)	0,0390
Total	1,8262

Das Wasser ist eine an Erdalkalisulfaten und Karbonaten reiches Wasser und würde das Eptinger Mineralwasser bei weitem an Gehalt übertreffen.

Zirka 150 und 200 m weiter westwärts oberhalb des Zelgliweges treten zwei weitere kleine Quellen von je 3—10 Minutenliter Wasser aus der Keuperformation heraus mit folgender Zusammensetzung:

	östliche	westliche
Trockenrückstand	2,256	0,479 gr i. L.
Alkalinität als CaCO ₃	0,305	0,351 „ „ „
Chlor als Chloride	0,010	0,010 „ „ „
Hauptbestandteil	Gips	Calciumbikarbonat u. Gips.

Die östliche, sehr konstante Quelle mit 12° Temperatur ist noch mineralstoffreicher als der Talbachbrunnen und stammt aus den gleichen Keuperschichten. Die Quelle ist noch nie verwendet worden.

7. Die Mineralquellen des Staffelegg-Gebietes.

A. Die Muschelkalkquellen.

Die Muschelkalkquellen von Densbüren, Asp, Fischbach am Benken und St.Laurenzenbad sind nur auf ihre Hauptbestandteile untersucht und haben ähnliche geologische und chemische Verhältnisse. Sie treten alle gesetzmäßig aus den steil gestellten Muschelkalkantiklinalen an der Stelle heraus, wo die Südschenkel von Quertälern der Jurabäche angeschnitten werden. Alle die Quellen sind wesentlich wärmer als das Luftmittel ihres Austrittsortes, sind also Subthermen, führen Gips neben Erdalkalibikarbonaten und sind in jeder Beziehung der Warmbachquelle in Schinznach analog.

Die die Dorfbrunnen von Densbüren (Nr. 1) speisenden Quellen treten östlich der Staffeleggstraße, südlich des Baches in der Kirchhalde aus der Basis des Steilhanges auf einer Malmunterlage heraus, sammeln sich in den geschuppten Muschelkalkmassen des Rüdlenberges. Die starke Quelle «im Thal» (Nr. 2) tritt südlich des Densbürer Turnplatzes im Thal zwischen Straße und Bach aus dem Boden, wird nur für die Bewohner eines Hauses verwendet und fließt in den Bach. Die Quelle von Asp (Nr. 3) entspringt dem steil gestellten Muschelkalkzug, der vom Densbürer Strichen her gegen Asp abbiegt und dort vom Bach durchschnitten wird. Sie speist einzelne der laufenden Dorfbrunnen. Die große Quelle am Benken (Nr. 4), «Fischbach» genannt, zeigt die konstante Temperatur von 14° , tritt aus den Muschelkalkfelsen westlich der Gipsgruben am Benken heraus, hat ihr Einzugsgebiet in der westwärts verlängerten Benkerjochantiklinale. Die schöne Quelle hat keine Verwendung gefunden, weil sie als kropfverdächtig in Mißkredit stand.

Die wichtigsten Daten dieser Quellen lauten:

	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4
Erguß in Minutenlitern (geschätzt)	100	150	100	300
Temperatur	—	12,2	12,6	14
Trockenrückstand bei 105° gr i. L.	0,856	1,348	0,712	0,610
Alkalinität als CaCO_3 gr i. L.	0,255	0,265	0,300	0,270
Calcium als Ca gr i. L.	0,198	0,1704	0,1504	0,144
Schwefelsäurerest als SO_4 gr i. L.	0,444	0,723	0,300	0,213
Chlor als Chloride gr i. L.	0,008	0,007	0,006	0,008

Die Quelle des St.Laurenzenbades.

Diese trat früher im Keller des jetzigen Gebäudes aus dem Boden und wurde durch einen Widder in die Baderäume gepumpt. Mit der Umwandlung des Kurhauses in das Altersasyl ging die Quelle verloren und fließt nun in den Bodenschutt des Tälchens. Nach der Sage mußten früher zwei Quellen gewesen sein, eine heiße und eine kalte, wovon die erste durch Erdbeben und Erdrutsch verschüttet und später als laue Quelle wieder zum Vorschein gekommen sei. Merkwürdig ist die Angabe von Meyer-Ahrens, daß die Laurenzenquelle $16,8$ — $17,5^{\circ}$ besaß und somit die wärmste Subtherme des Kantons war.

Das Wasser enthielt nach einer Analyse von Prof. Löwig

1844 und Prof. Bolley 1858 folgende Mineralstoffe (umgerechnet):

Schwefelsaure Kalkerde	0,1561	Natrium (Na)	0,0119
Schwefelsaures Natrium	0,0367	Calcium (Ca)	0,1016
Chlormagnesium	0,0525	Magnesium (Mg)	0,0204
Kohlensaurer Kalk	0,1392	Aluminium (Al)	0,0072
Kohlensaure Magnesia	0,0250	Eisen (Fe)	Spur
Kieselerde	0,0180	Chlor (Cl)	0,0392
Thonerde	0,0136	Schwefelsäurerest (SO ₄)	0,1350
Organische Stoffe	0,0036	Kieselsäure	0,0180
Eisen	Spur	Kohlensäure gebunden	0,1078
		Organische Substanz	0,0036
<i>Feste Bestandteile</i>	<u>0,4447</u>		<u>0,4447</u>
Freie Kohlensäure	0,0442		0,0442

Das Wasser war somit wesentlich mineralstoffärmer als die andern Muschelkalkquellen des Kettenjura.

B. Die Keuperquellen.

Der Keuper ist wegen seiner Schwerdurchlässigkeit für Wasser viel weniger zur Quellbildung geeignet als der Muschelkalk. Aus seinen Schichten treten zwar zahlreiche, aber meistens nur kleine Quellen aus, die bisher kaum Beachtung und keine besondere Verwendung gefunden haben. Besonders die Quellen des untern gipsreichen Keupers sind sehr sulfatreich und fallen durch ihren Geschmack auf. Die gehaltreichste Keuperquelle des Kettenjura ist der bei den südlichen Häusern von Asp gefaßte Oberdorfbrunnen; ihm steht eine Quelle beim Gipsbruch am Benken nur wenig nach.

Die beiden enthalten als gr im Liter:

	Gipsbrunnen Asp	Gipsquelle am Benken
Trockenrückstand	2,484	2,352
Alkalinität als CaCO ₃	0,175	0,240
Calcium als Ca	0,620	0,583
Schwefelsäurerest als SO ₄	1,429	1,461
Daraus Calciumsulfat berechnet	2,024	2,069

8. Die Heilquellen von Lostorf.

Obwohl sie auf solothurnischem Gebiete liegen, seien sie als den aargauischen Quellen analog kurz besprochen.¹

¹ Ad. Hartmann: Chemische und geologische Verhältnisse der Quellen von Lostorf. Mitteil. der A. N. G. 1917.

Lostorf besitzt eine Schwefelwasserstoff-Kochsalz- und eine Gips-Quelle, von denen beide schon mehrmals untersucht worden sind.

Jahr	Analytiker	<i>Schwefelwasserstoffquelle</i>		<i>Gipsquelle</i>
		Trocken- rückstand in ‰	Schwefel- wasserstoff in cc i. L.	Trocken- rückstand in ‰
1818	Bauhoff	—	—	2,3564
1831	Aeschbach	1,986	45,7	—
1865	Bolley	4,6848	59,3	—
1869	"	—	—	1,4299
1912	Hartmann	3,656	55,2	1,0986
1913	"	2,7982	47,71	0,806
1925	"	3,176	—	0,8065

Die starken Schwankungen der Schwefelwasserstoffquelle sind durch die Art der Fassung und den Süßwasserandrang, die starke Abnahme des Gehaltes der Gipsquelle offenbar durch Auslaugung und Schwinden des Gipsvorrates im Berg bedingt. Die Schwefelwasserstoffquelle tritt ohne Zweifel aus dem Südschenkel der Muschelkalkantiklinale und hat vermutlich eine ähnliche Herkunft wie die beiden andern jurassischen Schwefelquellen von Baden und Schinznach. Die Gipsquelle stammt aus dem Keupernordschenkel der gleichen Antiklinale.

Die genauen Analysen der beiden Quellen lauten:

Schwefelwasserstoff-Natriumchlorid-Quelle.

Analytiker 1913. Ad. Hartmann. Radioaktivität 4.11 Macheinheiten.

Temperatur 14,8°. Erguß ca. 10 M.-L.

<i>Kationen</i>	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm- äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,1327	3,402	3,402
Natrium-Ion (Na)	0,6396	27,808	27,808
Ammonium-Ion (NH ₄)	0,0015	0,833	0,833
Calcium-Ion (Ca)	0,1542	3,855	7,710
Magnesium-Ion (Mg)	0,0445	1,854	3,708
Eisen-Ion (Fe)	0,0028	0,050	0,100
Aluminium-Ion (Al)	0,0003	0,010	0,030
			<hr/> 43,591
<i>Anionen</i>			
Chlor-Ion (Cl)	0,9868	27,797	27,797
Sulfat-Ion (SO ₄)	0,3024	3,150	6,300
Hydrosulfit-Ion (HS)	0,0724	2,193	2,193
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,4454	7,301	7,301
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0106		
	<hr/> 2,7932		<hr/> 43,591

Schwefelwasserstoffgehalt durch Titration mit Jod bestimmt 47,71 cc bei 0° und 760 mm.

Das Wasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die im kg enthält:

	Gramm
Kaliumchlorid (KCl)	0,0068
Natriumchlorid (NaCl)	1,6223
Kaliumsulfat (K ₂ SO ₄)	0,2875
Ammoniumsulfat (NH ₄) ₂ SO ₄)	0,0056
Calciumsulfat (CaSO ₄)	0,1983
Calciumbikarbonat (Ca(HCO ₃) ₂)	0,3878
Magnesiumbikarbonat (Mg(HCO ₃) ₂)	0,2676
Ferrobikarbonat (Fe(HCO ₃) ₂)	0,0089
Aluminiumhydrokarbonat (Al(HCO ₃) ₃)	0,0021
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0106
Phosphorsäure	Spur
	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/> 2,7975

Schwefelwasserstoff in Gasform 47.71 bei 0° und 760 mm.

Gipsquelle von Lostorf.

Analytiker: Ad. Hartmann 1912.

Temperatur 14,9—15,8°. Erguß 200 M.-L.

Radioaktivität 7,5 Mache-Einheiten.

Ein kg des Mineralwassers enthält:

<i>Kationen</i>	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm- äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,0052	0,133	0,133
Natrium-Ion (Na)	0,0147	0,639	0,639
Calcium-Ion (Ca)	0,2153	5,383	10,766
Magnesium-Ion (Mg)	0,0494	2,025	4,050
Aluminium-Ion (Al)	Spur		
			<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/> 15,588
 <i>Anionen</i> 			
Chlor-Ion (Cl)	0,0102	0,291	0,291
Sulfat-Ion (SO ₄)	0,5402	5,627	11,254
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,2466	4,043	4,043
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0170		
	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/> 1,0986		<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/> 15,588

Das Mineralwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die in 1 kg enthält:

	Gramm
Natriumchlorid (NaCl)	0,0169
Natriumsulfat (Na ₂ SO ₄)	0,0253
Kaliumsulfat (K ₂ SO ₄)	0,0116
Calciumsulfat (CaSO ₄)	0,7320
Magnesiumhydrokarbonat (Mg(HCO ₃) ₂)	0,2974
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0170
Aluminium und Eisen	Spur
	1,1002

C. Die Mineralquellen des Tafeljura.

1. Die Mineralquellen von Rheinfeldern.¹

Neben Baden ist Rheinfeldern der bedeutendste Kurort des Aargaus und erfreut sich dank der initiativen Tätigkeit des Herrn Dr. A. Keller eines bedeutenden Aufschwunges. Neben der Sole stehen ihm in der Stadt und deren Umgebung mehrere Mineralquellen zur Verfügung.

Die Sole von Rheinfeldern, Rhyburg und Zurzach.

Die Sole ist die natürlich entstandene, gesättigte Lösung von Salzen aus der Anhydritgruppe der Triasformation der Nordschweiz. Das Sole liefernde Gestein besteht nach den Befunden in einer großen Zahl seit dem Jahre 1836 gemachten Bohrlöchern aus einer 5—25 m dicken, mit Gips und Ton durchsetzten Steinsalzmasse, die sich durch ein fast vollständiges Eindampfen eines triasischen Binnenmeeres gebildet hat. Die ursprünglich zusammenhängende, sich über die ganze heutige Nordschweiz ausdehnende Salztafel ist durch Vertikalbewegungen der Erdrinde in einzelne Teiltafeln oder Schollen zerrissen. An den hochgelegenen Stellen westlich Rheinfeldern, zwischen Mumpf und Leibstadt ist das Salz längst ausgelaugt, weil Gefälle nach dem Rheine vorhanden war. In den drei tiefer gelegenen Gebieten bei Schweizerhalle, Rheinfeldern-Rhyburg und Koblenz-Zurzach finden sich heute noch 180—400 m unter dem Rheinbett ausgedehnte Salzlager, die durch ihre Tiefe vor natürlicher Auslaugung geschützt

¹ Dr. H. Keller, Die Mineralwässergruppe von Rheinfeldern und Umgebung.

Dr. K. Disler, Geologische Skizze von Rheinfeldern.

Herr Kollege Dr. Disler hatte die Freundlichkeit, den Verfasser im April 1925 auf einer Exkursion nach Magden und Olsberg zu begleiten und seine Detailkenntnisse über das Gebiet zur Verfügung zu stellen.

sind, obwohl die überlagernden Gesteine gegen den Rhein und seinen Grundwasserstrom keinen dichten Abschluß bilden. Das Wasser des Rheintales sickert durch Klüfte und Spalten zum Salz hinunter und bildet an dessen Oberfläche gesättigte Sole. Aus Bohrlöchern wird vermittelst Einpressen von komprimierter Luft die Sole gehoben, in den Salinen und chemischen Fabriken verarbeitet und in beliebiger Menge den Kuranstalten zur Verfügung gestellt. Die seit dem Jahre 1836, der Entdeckung der Salzlager, ausgebeutete Salzmasse wiegt zirka 2,5 Millionen Tonnen; die einzig im Rheintal in der Nähe der Salinen vorhandenen Salzvorräte betragen aber mindestens 600 Millionen Tonnen. Weiter südlich zwischen Rheintal und Kettenjura liegen in größerer Tiefe noch ungeheure Salzvorräte, sodaß der Aargau einen großen Teil des europäischen Kontinentes mit Salz versorgen und unbeschränkte Mengen Sole auf ewige Zeiten an die Kuranstalten abgeben könnte.

Die Sole von Rheinfeldern hat folgende Zusammensetzung:

Sole von Rheinfeldern.

Analytiker: F. P. Treadwell, Zürich, 1898 (umgerechnet).
Spez. Gewicht bei 17,8° 1,199576.

Dissociationsgrad 45,58 %, Radioaktivität 0,018514 Mache-Einheiten.

In 1 kg Sole sind enthalten:

<i>Kationen</i>	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,0230	0,59	0,59
Natrium-Ion (Na)	99,5180	4317,49	4317,49
Lithium-Ion (Li)	0,0008	0,11	0,11
Ammonium-Ion (NH ₄)	0,0010	0,06	0,06
Calcium-Ion (Ca)	1,2405	35,51	71,02
Strontium-Ion (Sr)	0,0222	0,25	0,50
Magnesium-Ion (Mg)	0,0944	3,88	7,76
Eisen-Ion (Fe)	0,0013	0,02	0,04
Aluminium-Ion (Al)	0,0009	0,03	0,09
			<hr/> 4497,66
<i>Anionen</i>			
Chlor-Ion (Cl)	152,7735	4308,38	4308,38
Brom-Ion (Br)	0,0050	0,06	0,06
Sulfat-Ion (SO ₄)	3,4967	36,42	72,85
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,9986	16,37	16,37
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0097		
Borsäure (meta) (HBO ₂)	0,0350		
	<hr/> 258,2206		<hr/> 4397,66

Die Sole entspricht in ihrer Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die im kg enthält:

	Gramm
Natriumchlorid (NaCl)	252,0734
Kaliumchlorid (KCl)	0,0438
Lithiumchlorid (LiCl)	0,0048
Ammoniumchlorid (NH ₄ Cl)	0,0029
Aluminiumchlorid (AlCl ₃)	0,0044
Natriumsulfat (Na ₂ SO ₄)	0,5040
Natriumsilikat (Na ₂ SiO ₃)	0,0156
Natriumborat (NaBO ₃)	0,0538
Magnesiumbromid (MgBr ₂)	0,0058
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	0,4624
Calciumbikarbonat (CaCO ₃)	0,3682
Calciumsulfat (CaSO ₄)	3,9131
Strontiumsulfat (SrSO ₄)	0,0466
Ferrobikarbonat (Fe(HCO ₃) ₂)	0,0042
Kohlensäure (HCO ₃)	0,7653
Summa	258,2683

Die Mutterlauge von Rheinfeldern.

Neben der natürlichen Salzsole steht dem Kurort Rheinfeldern noch eine künstlich veränderte Sole, *die Mutterlauge*, zur Verfügung. Diese entsteht beim Eindampfen der Sole in flachen Pfannen und kann je nach der Gewinnungsart eine verschiedene Zusammensetzung haben. Nachdem die Salzpfannen zirka zwei Monate im Betrieb waren, wobei alle zwei Tage das ausgeschiedene Salz entfernt und die verdunstete Sole durch neue ersetzt wird, ist am Boden eine dicke, aus Gips, Calciumkarbonat und Steinsalz bestehende Kruste entstanden, welche die Wärmeübertragung vermindert und deshalb beseitigt werden muß. Die Restsole ist die Mutterlauge und enthält einige therapeutisch sehr wirksame Stoffe, wie Brom, Jod und Borsäure in konzentrierterer Form als die primäre Sole.

Eine Probe der Rheinfelder Mutterlauge aus dem Jahre 1923 ergab folgenden Befund:

Analitiker: Prof. Dr. Fichter und Tschudin, Basel.

In einem Kilogramm der Mutterlauge vom spez. Gewicht 1,20945 sind enthalten:

<i>Kationen</i>	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm- äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,5104	13,05	13,05
Natrium-Ion (Na)	100,6400	4375,65	4375,65
Lithium-Ion (Li)	0,0155	2,21	2,21
Ammonium-Ion (NH ₄)	0,0071	0,39	0,39
Calcium-Ion (Ca)	0,8400	21,00	42,00
Strontium-Ion (Sr)	0,0196	0,22	0,44
Barium-Ion (Ba)			
Magnesium-Ion (Mg)	1,5389	63,27	126,54
Aluminium-Ion (Al)	Spuren		
Eisen-Ion (Fe)	0,0030	0,10	0,20
Mangan-Ion (Mn)	Spur		
			4560,48
<i>Anionen</i>			
Chlor-Ion (Cl)	158,0200	4451,28	4451,28
Brom-Ion (Br)	0,0697	0,87	0,87
Jod-Ion (J)	0,0004	0,00	0,00
Schwefelsäure-Ion (SO ₄)	5,2931	55,14	110,28
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	—		
Phosphat-Ion (PO ₄)	0,0016	0,02	0,06
			4562,49
Borsäure (BO ₂)	0,4004		
Kieselsäure (SiO ₃)	0,0233		
Total	267,3830		
Direkt gefunden	267,4600		

Die Mutterlauge entspricht in ihrer Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die im kg enthält:

	Gramm
Kaliumchlorid (KCl)	0,97328
Natriumchlorid (NaCl)	256,2069
Lithiumchlorid (LiCl)	0,0947
Ammoniumchlorid (NH ₄ Cl)	0,0211
Natriumphosphat (Na ₂ HPO ₄)	0,00239
Natriumborat (Na ₂ B ₄ O ₇)	0,4704
Natriumsilikat (Na ₂ SiO ₃)	0,0373
Calciumsulfat (CaSO ₄)	2,8537
Strontiumsulfat (SrSO ₄)	0,0411
Magnesiumchlorid (MgCl ₂)	2,75486
Magnesiumbromid (MgBr ₂)	0,0803
Übertrag	253,53603

	Übertrag	263,53603
Magnesiumjodid (MgJ ₂)		0,00044
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)		4,0827
Ferrichlorid (FeCl ₃)		0,0087
	Total	267,62787

Die Kapuzinerquelle Rheinfeldern.

Es ist das Verdienst des Herrn Dr. A. Keller, diese längst bekannte Quelle dem Kurort Rheinfeldern dienstbar gemacht zu haben. Sie entspringt südlich des Bahnhofes auf den undurchlässigen Schichten des Wellengebirges, die weiter südlich überlagert sind von der Anhydritformation und dann im Berghang vom Muschelkalk. Das vom Hang und aus der Schottermasse des Rheintales kommende Wasser tritt mit den tieferen Triasschichten in Berührung und mineralisiert sich dort. Die Quelle wurde 1920 neu gefaßt und in eine prächtig angelegte Trinkhallenanlage nach dem schönen Rheinufer geleitet. Ihre Analyse lautet:

Analytiker: C. R. Hallauer, Winter 1917/18, Basel (umgerechnet).

Temperatur 10,7° bei 10,6 Luft.

Erguß: 250 Minutenliter.

Spez. Gewicht bei 18° 1,00056.

In 1 kg sind enthalten:

<i>Kationen</i>	Gramm	Milli-Mol.]	Milligramm- äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,00421	0,108	0,108
Natrium-Ion (Na)	0,00103	0,447	0,447
Calcium-Ion (Ca)	0,14031	3,508	7,016
Magnesium-Ion (Mg)	0,03009	1,254	2,508
Eisen-Ion (Fe)	0,00054	0,010	0,020
			<u>10,099</u>
<i>Anionen</i>			
Chlor-Ion (Cl)	0,01059	0,303	0,303
Sulfat-Ion (SO ₄)	0,14899	1,552	3,104
Nitrat-Ion (NO ₃)	0,00759	0,122	0,122
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,40080	6,570	6,570
			<u>10,099</u>
Borsäure (BO ₂)	0,00655		
Kieselsäure (SiO ₂)	0,01027		
	<u>0,76097</u>		

Das Wasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die in 1 kg enthält:

	Gramm
Kaliumchlorid (KCl)	0,0002
Natriumchlorid (NaCl)	0,0173
Calciumsulfat (CaSO ₄)	0,2111
Calciumbikarbonat (Ca(HCO ₃))	0,3133
Magnesiumbikarbonat (Mg(HCO ₃) ₂)	0,1814
Eisenbikarbonat (Fe(HCO ₃) ₂)	0,0011
Kaliumnitrat (KNO ₃)	0,0106
Calciumnitrat (Ca(CO ₃) ₂)	0,0018
Natriumborat (NaBO ₂)	0,0101
Kieselsäure (SiO ₂)	0,0103
	<u>0,7572</u>

2. Die Mineralquellen von Magden.

Das Wasser des Schwefelbrunnens mußte der Bevölkerung schon lange durch seinen abnormen Geschmack, seinen Angriff auf Leitung und Brunnenröhre und sein Verhalten beim Kochen und Eindampfen aufgefallen sein. Es ist wieder das Verdienst des Herrn Dr. Keller in Rheinfelden, die genaue Untersuchung und Neufassung der Quellen veranlaßt zu haben. Die sehr ergiebigen Quellen des Schwefelbrunnens haben ihr ausgedehntes Einzugsgebiet im südlich gelegenen Önsberg, dessen Dach am Nordende aus Lias und dessen Hauptmasse aus Keuper besteht. Die drei typischen Keuperquellen treten am Nordfuß des Berges südlich der «Feldmatt» aus den mit humusreichem Lehm überdeckten Schichten des Gipskeuper heraus und wurden im Herbst 1924 neu gefaßt, getrennt in eine Brunnstube geleitet und können einzeln oder zusammen beliebig verwendet werden. Die Quellen Nr. 1 (östliche) mit 30 M.-L. und Nr. 2 (westliche) mit 54 M.-L. treten von unten in die drei Meter tiefen Fassungen, haben 11,2° Temperatur und sind gesättigte Gipswässer, wie sie nur bei längerer, inniger Berührung mit Gips entstehen können. Die Quelle Nr. 3 trat weiter oben am Südende eines langen, zwischen den Quellen 1 und 2 liegenden Einschnittgraben 4,5 m unter dem Boden heraus, liefert im April 1925 90 M.-L., stammt aus einem höheren Keuperhorizont als die beiden andern und stellt ein nur zur Hälfte gesättigtes Gipswasser dar. Alle drei Quellen scheinen in der Wasserführung konstant zu sein, fließen nie trüb und sind durch die Neufassungen gegen Verunreinigungen geschützt.

Die drei Quellen zeigten während der Fassung folgende Gehaltszahlen:

	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3
Trockenrückstand bei 105°	2803	2702	1284
Glührückstand	2442	2442	1080
Alkalinität als CaCO ₃	320	320	430
Chlor als Chloride	11	11	10
Calcium als Ca	596	559	430
Schwefelsäurerest als SO ₄	1833	1623	514

Das Wasser der Quelle Nr. 1 ist vor der Fassung genau untersucht worden und ergab:

Analytiker: Fr. Müller, Basel, Sommer 1921 (umgerechnet).

Temperatur: 12,3° bei 18,5° Luft.

Erguß: 30 Minutenliter.

Spez. Gewicht bei 15° 1,002602.

In 1 kg sind enthalten:

<i>Kationen</i>	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,00082	0,021	0,021
Natrium-Ion (Na)	0,00756	0,329	0,329
Calcium-Ion (Ca)	0,57635	14,408	28,816
Magnesium-Ion (Mg)	0,12785	5,261	10,522
Eisen-Ion (Fe)	0,00552	0,100	0,200
Aluminium-Ion (Al)	0,00456	0,169	0,507
			<hr/>
			40,395
 <i>Anionen</i>			
Chlor-Ion (Cl)	0,00155	0,044	0,044
Sulfat-Ion (SO ₄)	1,66874	17,382	34,764
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,34080	5,587	5,587
Borsäure-meta (HBO ₂)	0,00163		
Kieselsäure-meta (H ₂ SiO ₃)	0,00686		
	<hr/>		<hr/>
	2,74224		40,395

Das Wasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die im kg enthält:

Kaliumchlorid (KCl)	0,00326
Natriumsulfat (Na ₂ SO ₄)	0,02326
Calciumsulfat (CaSO ₄)	1,60266
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	0,59227
Aluminiumsulfat (Al ₂ (SO ₄) ₃)	0,02888
Calciumbikarbonat (Ca(HCO ₃) ₂)	0,42516
	<hr/>
Übertrag	2,67549

Übertrag	2,67549
Magnesiumbikarbonat ($\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$)	0,04804
Eisenbikarbonat ($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$)	0,01752
Natriumborat (NaBO_2)	0,00244
Kieselsäure-meta (H_2SiO_3)	0,00686
Lithium (Li)	Spuren
Arsen (As)	Spuren
	<hr/>
	2,75035

Die im Oberdorf westlich des Wintersingerbaches austretenden

Obere Dorfbrunnen mit 0,77 gr Trockenrückstand und 30—40 M.-L. Erguß, ferner

der *Adlerbrunnen* mit 0,52 gr Trockenrückstand und ca. 10 M.-L. Erguß

sind mangelhaft gefaßte und oberflächliche Quellen, deren Mineralstoffgehalt dem der andern Magdener Quellen bedeutend nachsteht. Die beiden können als Mineralquellen keine Bedeutung haben.

3. Der Rößlibrunnen in Olsberg.

Der Rößlibrunnen ist dem Schwefelbrunnen von Magden in Menge und Natur der Mineralstoffe, ferner in geologischer Herkunft sehr ähnlich. Die Quelle tritt im südlichen Teil des Dorfes bei der Brücke auf der Nordseite des Violenbaches zwei Meter unter der Bodenoberfläche in einen aus Cementröhren bestehenden, engen Schacht ein. Die letzte Fassung im Jahre 1893 ist mangelhaft ausgeführt, und Verunreinigungen des ursprünglich sehr reinen Wassers sind nicht ausgeschlossen. Das nie trüb fließende Wasser hat Sommer und Winter eine wenig schwankende Temperatur von 11,5 Grad, einen Erguß von ca. 50 M.-L. Das Gelände der Umgebung besteht aus Keuper, und die Austrittsstelle liegt ca. 30 m über der untern Keupergrenze. Die Herkunft des Wassers ist nicht bekannt; doch kann aus der starken Mineralisation, konstanten Temperatur und Wasserführung auf eine Herkunft aus tiefen Erdschichten geschlossen werden. Die Quelle ist ein magnesiumreiches Gipswasser und enthält:

Gesamtmineralstoffe	2,644 gr
Calciumsulfat (CaSO_4)	1,295 „
Magnesiumsulfat (MgSO_4)	0,698 „

Eine Probe vom 29. November zeigt einen Trockenrückstand von 2,424 gr und einen Glührückstand von 2,340 gr i. L.

Die Quelle speist einen laufenden Brunnen; ihr Überlauf und Leerlauf münden in den Violenbach.

4. Die Mineralquelle bei der Cellulosefabrik Schonlau in Kaiser-Augst.

Beim Suchen nach Industrierwasser im Jahre 1921 ist 20 m unter dem Niveau der Niederterrassenoberfläche, östlich der Fabrikgebäude, Mineralwasser ergraben worden, das im runden Schacht aus drei rings im Kreise angeordneten Wasserläufen zusammenfließt, ca. 20 M.-L. betrug, in Härte, Gipsgehalt verschieden war und Schwefelwasserstoff zeigt. Nach der Untersuchung von Dr. Fr. Müller in Basel hatte das Wasser folgenden Gehalt:

Gesamtmineralstoff	2,442 gr i. Liter
Calciumsulfat (CaSO_4)	1,731 „ „ „
Calciumbikarbonat ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$)	0,362 „ „ „
Magnesiumbikarbonat ($\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$)	0,318 „ „ „

Am 29. November 1924 war der 4 m weite Schacht bis zum Rheinniveau mit trübem, schmutzigem Wasser gefüllt. Eine Probe zeigte einen Trockenrückstand von 2,552 und Glührückstand von 2,142 gr i. L. Die geologische Unterlage ist die mit Schotter überdeckte Anhydritgruppe der Triasformation, und die Mineralstoffe werden zur Hauptsache aus dieser Formation stammen. Doch ist eine Infiltration von Schwefelverbindungen haltendem Tagwasser aus der benachbarten Calciumbisulfidfabrik nicht ausgeschlossen, und der bei der Grabung beobachtete Schwefelwasserstoff könnte auch industrieller Herkunft sein. Die Quelle kann zu Heilzwecken keine Verwendung finden.

5. Die Mineralquellen von Kaisten.

Als erstes Siedelungszentrum für Kaisten dienten zwei Muschelkalkquellen, die sich durch hohen Mineralstoffgehalt auszeichnen. Die *Quelle in Oberkaisten* sammelt sich in den obern Muschelkalkschichten des Heuberges, tritt im Tuttigraben in Oberkaisten aus den Muschelkalkfelsen heraus, speist 16 laufende Brunnen und die Gemeindewasserversorgung. Ihr Erzeugnis beträgt 300—500 M.-L. von 11,5°. Nach starkem Regen ist das Wasser durch feine Tonpartikelchen getrübt. Die *Quelle im Oberdorf* stammt auch aus Muschelkalk, sammelt sich im südöstlich des Dorfes liegenden Gelände, fließt in der Nähe der Häuser aus tiefen Fassungen heraus, speist 5 lau-

fende Brunnen, ist klar und reiner als die erste. Chemische Charakteristik:

Quelle im	<i>Tuttigraben</i>	<i>Oberdorf</i>
Trockenrückstand bei 105°	0,750	0,849 gr i. L.
Alkalinität als CaCO ₃	0,290	0,303 gr i. L.
Chlor als Cl	0,005	0,005 gr i. L.
Hauptbestandteil	Gips	Gips
Jod	0,54	0,84 Millionstel gr i. L.

6. Die Mineralquellen im Sulztal bei Laufenburg.

Nach Meyer-Ahrens wurden *die Salzquellen* von Bütz schon im Anfang des 18. Jahrhunderts verwendet, blieben dann lange unbenutzt und wurden 1806 aufs neue in Gebrauch gezogen. Nach Angaben von Bergrat Heinrich Zschokke enthielt das Wasser (umgerechnet):

Gips	1,597 gr i. Liter
Calcium- und Magnesiumchlorid	0,312 „ „ „
Natriumchlorid	<u>5,625</u> „ „ „
Feste Bestandteile	7,534 „ „ „

und lieferte in der Minute 86 Liter Wasser mit 506 gr Kochsalz. Versuche, im Anfang des XIX. Jahrhunderts, die Quelle besser zu fassen, waren erfolglos. Die Quelle tritt bei Bütz südlich Punkt 353 des topographischen Atlases aus dem westlichen Steilbord in einen nicht zugänglichen Stollen und fließt weiter unten in den Bach, wo sie im April 1917 ca. 400 M.-L. Erguß und eine Temperatur von 11,5° zeigte. Ihr Austritt aus dem Bergrücken westlich Bütz steht wahrscheinlich mit der Bruchlinie im Zusammenhang, die sich von der Wandfluh über Mettau, Bütz gegen Ittental hinzieht.

Proben der Quelle aus den letzten Jahren ergaben folgenden Befund:

	April 1917	Mai 1925
Trockenrückstand	1,430	1,666 gr i. L.
Alkalinität als CaCO ₃	0,305	0,290 gr i. L.
Calciummetall als Ca		0,143 gr i. L.
Chlor als Chloride	0,450	0,470 gr i. L.
Natriumchlorid aus dem Chlorgehalt berechnet	0,745	0,779 gr i. L.
Schwefelsäurerest als SO ₄	0,289	0,384 gr i. L.
Calciumsulfat daraus berechnet	0,410	0,544 gr i. L.

Entweder hat die Quelle seit 100 Jahren sehr stark abgenommen, oder dann ist das Wasser der beiden letzten Proben eine Mischung von Mineralwasser mit gewöhnlichem Quellwasser oder gar Tagwasser. Die großen Differenzen der beiden Proben aus den Jahren 1917 und 1925 sprechen für letzteres.

In früheren Zeiten, als die Salzlager der Nordschweiz noch nicht entdeckt waren, mochte die Salzquelle von Bütz noch einige Bedeutung haben; heute kann sie nur noch naturwissenschaftliches Interesse beanspruchen; ihr weniger als 1 gr i. L. betragendes Natriumchlorid ist der letzte Rest eines früher im Berg vorhandenen, nun ausgelaugten Salzlagers.

Östlich von Bütz, unmittelbar hinter den Häusern, treten aus den Wiesen der untern «Geißmatt» *drei Gipsquellen* aus dem Boden, deren Sammelgebiet im Gipskeuper des Höhenzuges zwischen Bütz und Galten liegt. Beobachtungen und Analysen vom April 1917 ergaben:

	südliche	mittlere	nördliche
Erguß in Minutenlitern (geschätzt)	150	20	100
Temperatur in Cel.	11,6	11,9	12,4
Trockenrückstand bei 105° gr. i. L.	2,325	2,490	2,583
Alkalinität als CaCO ₃	0,290	0,275	0,275
Chlor als Chloride	0,004	0,004	0,004
Hauptsubstanz	Gips	Gips	Gips

Die drei Wasser sind annähernd gesättigte Gipslösungen; die gehaltreichste nördlichste ist offenbar die tiefste. Nach der Angabe der Bewohner von Bütz schwanken die Quellen sehr wenig im Erguß und trüben sich nie. Sie wären somit zur Verwendung als Gipswasser sehr geeignet.

7. Die Therme von Zurzach.

Wie ein Komet am Himmel, den man nur konstatieren und kurz bewundern kann, erscheint uns heute die heiße Quelle von Zurzach; sie floß nur vom 19. Juni bis 27. Juli des Jahres 1914 und wurde dann von Menschenhand für immer verstopft. Ihre Geschichte lautet in aller Kürze:

Die vereinigten Schweizerischen Rheinsalinen haben zwecks Feststellung der Ausdehnung des im Bezirk Zurzach vorhandenen, von Kornelius Voegeli entdeckten Salzlagers im Spätherbst 1913, unmittelbar westlich von Zurzach ein Bohr-

loch abgeteuft, das zu Neujahr 1913/14 ein ca. 20 m mächtiges Steinsalzlager in der Tiefe von 330 bis 350 m durchfahren hat. Laut Abkommen zwischen den Schweizerischen Rheinsalinen und der Regierung des Kantons Aargau wurde die Bohrung über die von den Rheinsalinen erreichte Tiefe von 364 m weitergeführt, da man Hoffnungen hegte, in größerer Tiefe über dem Grundgebirge des Schwarzwaldes event. weitere nutzbare Mineralien, Kalisalze oder Kohlen, zu finden.

Die Bohrung wurde bis 303 m Tiefe mit dem Meißel, tiefer unten mit Diamantbohrer durchgeführt und lieferte folgendes Profil:

Lehm und Kies	5,7	m
Opalinustone, unterer Dogger	49,3	„
Schwarzen Jura oder Lias	35,0	„
Keuper, graue und bunte Mergel mit Gips	115	„
Trigonodusdolomit und Hauptmuschelkalk	69	„
Anhydritformation, Anhydritdolomit, Anhydrit und Ton	57,85	„
Steinsalz, reines Salz 11,82 m, Salz, Ton und Anhydrit	7,95	19,84 „
Anhydrit und Steinmergel	5,31	„
Wellengebirge, bituminöse Steinmergel	7,00	„
Bohrung der Rheinsalinen bis 8. Januar 1914	364,00	m
Am 6. Juni wurde die Kernbohrung durch den Kanton Aargau fortgesetzt und ergab:		
Wellengebirge, dünnbankig, mergelig, trocken	39,60	m
Hier Auftreten der <i>ersten arthesischen Quelle</i> von 20—29 Minutenliter und 25,1—27,7° Temperatur	403,60	„
Röth, graugrüne, sandige Mergel, feinkörnige, lockere, bunte und tonige Sandsteine und violette Mergel	4,50	„
Carneolhorizont, teils ruppiger, teils toniger, teils quarziger, brecciöser Sandstein	6,75	„
Granit, Muskovitgranit, massig, mittel- bis grobkörnig, teils kaolinisiert, klüftig, in Klüften Barytkristalle und Quarz	1,39	„
Schluß der Bohrung 19. Juni in der Tiefe von	416,24	m
Auftreten <i>einer zweiten heißen Quelle</i> von 250 bis 300 Minutenliter Wasser von 38,2° Temperatur.		

Die *erste arthesische Quelle* trat bei einer Tiefe von 403,6 m aus der wasserführenden Buntsandsteinformation heraus, die

¹ Aus einem Gutachten von C. Schmidt, Basel.

in nordwestlicher Richtung gegen den Schwarzwald ansteigt. Durch Anzapfen des Grundwasserhorizontes floß das unter Druck stehende Wasser als warme arthesische Quelle aus dem Bohrloch heraus. Da der Bohrbetrieb im harten Buntsandstein zeitweilig infolge Schädigung der Diamantkrone Unterbrechungen erlitt, war Gelegenheit vorhanden, diese erste Buntsandsteinquelle während 6 Tagen zu studieren. Die Messungen des Herrn Ing. Hanhart ergaben:

1. Quelle zwischen 403,60 und 413,92 m.

1914 Datum	Stunde	Luft- temperatur in C	Wasser- temperatur in C	Wassererguß in Minuten- liter	Tiefe in m
11. Juni	19 Uhr	16,2	25,1	20	404,07
12. "	7 "	13,0	25,3	20	404,07
12. "	13 "	21,5	25,7	20	404,07
12. "	19 "	21,7	25,7	21	404,07
14. "	8 "	16,7	27,0	24	410,32
14. "	13 "	20,2	27,2	25	410,32
15. "	7 "	16,0	27,4	29	410,32
15. "	13 "	20,2	27,5	24	410,32
15. "	19 "	17,7	27,5	26	410,32
16. "	7 "	14,5	27,5	24	410,32
18. "	19 "	16,9	27,7	29	413,92

Das Wasser dieser Buntsandsteinquelle stammt demnach aus einer Tiefe von 404—413,92 m. Auf der durchbohrten Strecke von ca. 10 m erhöhte sich die Wassertemperatur von 25,1 auf 27,7 m, also um 2,6°, und es stieg die Wassertemperatur von 20 auf 29 Liter. Die Quelltemperatur und ihre rasche Steigerung auf der kurzen Strecke waren abnormal. Unter Annahme einer konstanten Gesteinstemperatur von 9° in 20 m Tiefe und 30 m geothermischer Tiefenstufe hätte das Wasser eine Temperatur von 22° aufweisen müssen, war also um ca. 7° zu warm. Dieser Temperaturüberschuß stammte ohne Zweifel aus der später tiefer unten erbohrten, heißen Wasser- und Gesteinsmasse. Eine chemische Analyse der Buntsandsteinquelle wurde nicht gemacht.

Am 19. Juli sprudelte eine *zweite, wärmere, stärkere Quelle* unter großem Drucke aus dem 416,24 m tiefen Bohrloche heraus. Herr Ing. Hanhart machte folgende Messungen:

Datum	Stunde	Wassertemperatur in C	Wassererguß in Minutenlitern
Juni 19.	12 Uhr	35,8	
" 19.	14 "	37,1	150—200
" 19.	20 "	37,5	
" 20.	7 "	37,7	
" 20.	13 "	37,7	150—200
" 20.	19 "	37,8	
" 21.	7 "	37,9	150—200
Juli 27.		38,2 konstant	250—300 Abschluß des Bohrloches.

Die Tatsachen, daß in wenigen Tagen die Temperatur von 35,8 auf 38,2° und der Erguß von 150 auf 300 Minutenliter stiegen, sind für die Beurteilung der Quelle von größter Bedeutung. Es konnte sich unter keinen Umständen nur um einen zufälligen Wassereinbruch im Bohrloch handeln; es mußte eine Quelle sein, die unter großem Druck versandete Spalten und Klüfte ausspülte und aufstieg. Die Wassertemperatur von 38,2° war abnormal hoch für die Tiefe von 416 m und entspricht bei einer mittleren Jahrestemperatur von 8,0° für Zurich einer geothermischen Tiefenstufe von nur 13—14 m. Nach Prof. C. Schmidt liegt das Einzugsgebiet 8—15 km weiter nordwärts im Schlüchtal und Steinatal, wo die Buntsandstein-Granittrangression die Bodenoberfläche erreicht. Nach meiner Ansicht spricht aber die hohe Quelltemperatur gegen einen so kurzen und wenig in die Tiefe führenden Quellauf. Entweder kommen die Quellen aus dem Süden aus größerer Tiefe, oder dann müßte im Untergrund der Gegend ein überwärmter Urgesteinsherd liegen, der die geothermische Tiefenstufe auf diesen abnormal tiefen Betrag herabsetzt, was höchst unwahrscheinlich ist.

Das Wasser, eine Mischung der beiden heißen Quellen, wurde von Dr. Hinden in Basel und dem Laboratorium des Kantons Aargau chemisch untersucht. Es enthält weder seltene Erden noch eine große Menge Mineralstoffe, ist also eine einfache warme Quelle und vergleichbar den Thermen von Badenweiler, Bodendorf, Schlangenbad, Warmbad bei Wolkenstein, Warmbrunn, Wildbad etc., die sich als vortreffliche Heilquellen erprobt haben. Die Temperatur von 38,2° hätte gerade hingereicht, um ohne künstliche Erwärmung heiße Bäder zu bereiten.

Nach der Aussage von Augenzeugen quoll das Wasser zirka einen Meter über den Bohrlochrand empor, bildete einen großen warmen Tümpel, brachte die Bevölkerung in freudige Erregung, wurde zum Baden benützt und soll Rheumatiker rasch geheilt haben. Ohne Zweifel wäre der Wasserzufluß zum Bohrloch, die Mineralisation und die Temperatur konstant gewesen und der Aargau um eine wertvolle Therme reicher geworden, wenn das Bohrloch nicht im gleichen Jahre bis auf eine Tiefe von 416 bis 362,44 m verstopft worden wäre. Die Gründe für die Vernichtung einer solchen Therme sind heute nicht mehr verständlich. Eine Gefahr für Auslaugung der Salzlager bestand bei vorsichtigem Arbeiten nicht, denn die heutige Bohrtechnik kann mit Sicherheit in tiefen Bohrlöchern Salz- oder Erdöllagerstätten gegen Wasserzutritte abdichten. Hoffen wir, daß die schöne Zurzachertherme nicht für immer verschlossen bleibe.

Thermalquelle in einem Salzbohrloch in Zurzach.

Analitiker: Chem. Lab. des Kts. Aargau: E. Arni, Ing. Chemiker, 1924 (umgerechnet).

Temperatur des Wassers 38,25° bei einer Luft von 16°.

Spez. Gew.: 1,000878 bei 15° bezogen auf Wasser von 4°.

Radioaktivität: 3.82 Mache-Einheiten (Schweizer).

In 1 kg des Wassers sind enthalten:

<i>Kationen</i>	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,00686	0,176	0,176
Natrium-Ion (Na)	0,29317	12,746	12,746
Ammonium-Ion (NH ₄)	0,00013	0,007	0,007
Calcium-Ion (Ca)	0,01667	0,417	0,834
Magnesium-Ion (Mg)	0,00085	0,035	0,070
Eisen-Ion (Fe)	0,00074	0,013	0,026
Aluminium-Ion (Al)	0,0003	0,011	0,033
			<hr/> 13,892
<i>Anionen</i>			
Chlor-Ion (Cl)	0,1463	4,121	4,121
Sulfat-Ion (SO ₄)	0,2633	2,742	5,484
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,2615	4,287	4,287
Kieselsäure(meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0209		
	<hr/> 1,01072		<hr/> 13,892

Das Thermalwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die im kg enthält:

	Gramm
Kaliumchlorid (KCl)	0,0130
Natriumchlorid (NaCl)	0,2308
Ammoniumchlorid (NH ₄ Cl)	0,0003
Natriumhydrokarbonat (NHCO ₃)	0,1426
Natriumsulfat (Na ₂ SO ₄)	0,3799
Calciumsulfat (CaSO ₄)	0,0026
Calciumhydrokarbonat (Ca(HCO ₃) ₂)	0,0645
Magnesiumhydrokarbonat (Mg(HCO ₃) ₂)	0,0051
Eisenhydrokarbonat (Fe(HCO ₃) ₂)	0,0024
Aluminiumsulfat (Al ₂ (SO ₄) ₃)	0,0019
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0209
Kohlensäure gebunden (HCO ₃)	0,1035
	<hr/>
	0,9675
Stickstoff (N ₂)	0,0319
Sauerstoff (O ₂)	0,0021
	<hr/>
	1,0015

Das frei dem Bohrröhr entströmende Gas bestand aus:

Kohlendioxyd (CO ₂)	19,5 cc im Liter	} bei 17,5° 730,6 mm
Sauerstoff (O ₂)	76,3 cc im Liter	
Stickstoff (N ₂)	903,2 cc im Liter	
	<hr/>	
	999,0 cc im Liter.	

D. Die Heilquellen des aargauischen Mittellandes.

Meyer-Ahrens erwähnt in seinem Werke folgende Heilquellen:

1. Beinwil bei Muri, St. Burkhardbrunnen im Jahre 1680 zum Trinken verwendet
2. Brestenberg am Hallwylersee bei Seengen, zur Trink- und Badekur verwendet
3. Gontenschwil 1641, zum Trinken verwendet
4. Gränicher Bad, erdige Stahlquelle, im Bad verwendet
5. Moosleerau, erdige Quelle, im Bad verwendet
6. Muri, alkalisch-erdige Quelle, im Bad verwendet
7. Niederwil, heutiges Rothrist, im Bad verwendet
8. Schwarzenberg bei Gontenschwil, erdige Schwefelquelle, zum Baden und Trinken verwendet
9. Zofingen, Römerbad, zum Baden und Trinken verwendet.
10. Unterentfelden, erdige Quelle, im Bad verwendet.

Die meisten dieser früheren zum Trinken und Baden verwendeten Heilquellen haben heute keine Bedeutung mehr, und einzelne sind nicht mehr bekannt. Wie aus dem Abschnitt über die geologischen Verhältnisse des Mittellandes hervorgeht, kann es sich auch nicht um eigentliche Mineralquellen handeln; denn alle die Quellen stammen aus wenig tiefen tertiären oder glacialen Ablagerungen. Diese Auffassung wird bestätigt durch einige teils alte, teils neue Analysen.

Wasser des Kurortes Brestenberg und des Bades Muri.

Analytiker: Chem. Lab. d. Kts. Aargau.

	Brestenberg	Muri
Kalium (K)		0,0039
Natrium (Na)		0,0160
Calcium (Ca)	0,1620	0,0859
Magnesium (Mg)	0,0103	0,0031
Aluminium (Al)	0,0013	
Eisen (Fe)		0,0008
Chlor (Cl)	0,0170	0,0029
Schwefelsäurerest (SO ₄)	0,0380	0,0049
Kohlensäurerest (HCO ₃)	0,1860	0,3029
Kieselsäure (H ₂ SiO ₃)	0,0094	0,0072
Total	0,4240	0,4276

Beide Proben sind erdige Calcium- und Magnesiumbikarbonat haltende Wasser.

Über die heute noch benützten Quellen des Bades Gränichen bestehen keine brauchbaren Analysen; das Wasser beider Quellen ist radioaktiv; eine hat 7,56, die andere sogar 10,86 Mache-Einheiten.

Bad Moosleerau.

Analytiker: Ad. Hartmann, 1911.

Temperatur 9,2°. Erguß 8 M.-L.

In 1 kg des Wassers sind enthalten:

<i>Kationen</i>	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,0066	0,169	0,169
Natrium-Ion (Na)	0,0035	0,152	0,152
Calcium-Ion (Ca)	0,0859	2,148	4,296
Magnesium-Ion (Mg)	0,0168	0,700	1,400
			<hr/> 6,017

<i>Anionen</i>	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-äquivalentn
Chlor-Ion (Cl)	0,0032	0,091	0,091
Sulfat-Ion (SO ₄)	0,0065	0,068	0,136
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,3532	5,790	5,790
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0192		
	<u>0,4949</u>		<u>6,017</u>

Alkalinität 5,8

Das Wasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die in 1 kg enthält:

	Gramm
Kaliumchlorid (KCl)	0,0067
Kaliumsulfat (K ₂ SO ₄)	0,0067
Natriumsulfat (Na ₂ SO ₄)	0,0049
Natriumbikarbonat (NaHCO ₃)	0,0069
Calciumbikarbonat (Ca(HCO ₃) ₂)	0,3477
Magnesiumbikarbonat (Mg(HCO ₃) ₂)	0,1010
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0192
	<u>0,4931</u>

Bad Schwarzenberg, Gontenschwil.

Analytiker: Bolley vor 1867.

Erguß zirka 10 M.-L.

In 1 kg des Wassers sind enthalten:

<i>Kationen</i>	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm-äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,0025	0,062	0,062
Natrium-Ion (Na)	0,0058	0,25	0,25
Calcium-Ion (Ca)	0,0939	2,34	4,68
Magnesium-Ion (Mg)	0,0064	0,266	0,532
Aluminium-Ion (Al)	0,0020	0,074	0,222
Eisen-Ion (Fe)	0,0034	0,060	0,120
			<u>5,866</u>
<i>Anionen</i>			
Chlor-Ion (Cl)	0,0018	0,051	0,051
Sulfat-Ion (SO ₄)	0,0064	0,067	0,134
Hydrokarbonat-Ion (HCO ₃)	0,3465	5,681	5,681
Kieselsäure (meta) (H ₂ SiO ₃)	0,0015		
	<u>0,4702</u>		<u>5,866</u>

Das Wasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, die in 1 kg enthält:

	Gramm
Kaliumsulfat (K_2SO_4)	0,0055
Natriumsulfat (Na_2SO_4)	0,0055
Natriumchlorid ($NaCl$)	0,0030
Natriumkarbonat (Na_2CO_3)	0,0110
Aluminiumhydrokarbonat ($Al(HCO_3)_3$)	0,0164
Ferrobikarbonat ($Fe(HCO_3)_2$)	0,0108
Calciumbikarbonat ($Ca(HCO_3)_2$)	0,3702
Magnesiumbikarbonat ($Mg(HCO_3)_2$)	0,0391
Kieselsäure (meta) (H_2SiO_3)	0,0015
	0,4630

Alkalinität einer Probe vom April 1925 6,0. Der Eisen-
gehalt des Wassers ist aber jetzt bedeutend geringer.

Römerbadquelle in Zofingen.

Analytiker Ad. Hartmann 1910.

Temperatur: 10° bei 6° Luft.

Erguß: 31 M.-L.

In 1 kg des Wassers sind enthalten:

<i>Kationen</i>	Gramm	Milli-Mol.	Milligramm- äquivalente
Kalium-Ion (K)	0,0028	0,072	0,072
Natrium-Ion (Na)	0,0053	0,23	0,23
Calcium-Ion (Ca)	0,0702	1,755	3,510
Magnesium-Ion (Mg)	0,0078	0,325	0,650
			4,462
Aluminium			
Eisen	Spur		
<i>Anionen</i>			
Chlor-Ion (Cl)	0,0030	0,086	0,086
Sulfat-Ion (SO_4)	0,0029	0,030	0,06
Hydrokarbonat-Ion (HCO_3)	0,2633	4,316	4,316
Kieselsäure (meta) (H_2SiO_3)	0,0218		
	0,3771		4,462
Alkalinität	4,1		

Das Römerbadwasser entspricht in seiner Zusammen-
setzung ungefähr einer Lösung, die in 1 kg enthält:

	Gramm
Kaliumchlorid (KCl)	0,0056
Natriumsulfat (Na_2SO_4)	0,0043
Natriumbikarbonat (NaHCO_3)	0,0144
Calciumbikarbonat ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$)	0,2841
Magnesiumbikarbonat ($\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$)	0,0473
Kieselsäure (meta) (H_2SiO_3)	0,0218
	<u>0,3775</u>

=====

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	255
A. Allgemeines über die Mineralquellen:	
1. Die geologischen Grundlagen der aargauischen Heilquellen, Molasseland, Kettenjura, Tafeljura	258
2. Chemische Beschaffenheit, Temperatur und Radioaktivität der Heilquellen	264
3. Die von den Quellen gelösten Mineralstoffmassen und dadurch in der Erdrinde entstandenen Hohlräume	269
4. Das Fassen von Mineralquellen	270
B. Die Mineralquellen des Kettenjura:	
1. Die Therme von Baden	273
2. Die Therme von Schinznach	278
3. Herkunft der Thermen von Baden, Schinznach und Lostorf	281
4. Das Birnenstorfer Bitterwasser	286
5. Die jodhaltige Kochsalzquelle von Wildegg	289
6. Die Mineralquellen von Schinznach-Dorf	293
7. Die Mineralquellen des Staffeleggebietes	295
8. Die Heilquellen von Lostorf (Solothurn)	297
C. Die Mineralquellen des Tafeljura:	
1. Die Mineralquellen von Rheinfelden	300
2. Die Mineralquellen von Magden	305
3. Der Rößlibrunnen in Olsberg	307
4. Die Mineralquelle bei der Cellulosefabrik Schonlau in Kaiser-Augst	308
5. Die Mineralquellen von Kaisten	308
6. Die Mineralquellen im Sulztal bei Laufenburg	309
7. Die Therme von Zurzach	310
D. Die Heilquellen des aargauischen Mittellandes	315
Brestenberg, Muri, Mooslerau, Gontenschwil, Zofingen, Gränichen.	
E. Tabellarische Zusammenstellung der aargauischen Mineral- und Heilquellen	Anhang



E. Tabellarische Zusammenstellung der aargauischen Mineral- und Heil-Quellen.

Nr.	Name und Ort der Quelle oder des Wassers	Geologische Formation	Tem- peratur	Erguß in Minuten- litern	Mineral- stoffgehalt total, gr l. kg.	Kalium- u. Natrium-Ion gr	Calcium- Ion gr	Magnesium- Ion gr	Chlor- Ion gr	Sulfat- Ion gr	Hydrokar- bonat-Ion gr	Charakteristische Stoffe
1 †	Sole von Rheinfelden	Muschelkalk			258,2206	99,541	1,2405	0,0944	152,7735	3,4967	0,9986	Natriumchlorid Borsäure
2 †	Bitterwasser von Birnenstorf	Keuper			33,7444	4,1024	0,4159	4,0281	0,583	24,177	0,438	Natriumsulfat Magnesiumsulfat
3 †	Jodwasser von Wildegg	Effingerschichten		1	13,6040	3,832	0,680	0,414	7,3374	1,2357	0,0711	Natriumchlorid Natriumjodid
4 †	Thermalquelle Baden	Muschelkalk	48,2	700	4,648	0,8622	0,5149	0,1008	1,196	1,4139	0,479	Natriumchlorid Gips, Schwefel- wasserstoff
5 †	Thermalquelle Schinznach	"	34,3	1400	3,1211	0,4557	0,3649	0,0883	0,6021	1,0739	0,2879	Gips, Schwefel- wasserstoff
6 †	Schwefelbrunnen Magden	Keuper	12,3	20	2,7422	0,0083	0,5763	0,1278	0,00155	1,6687	0,3408	Gips, Arsen
7	Rößlibrunnen Olsberg b. Rheinf.	"	11,5	50	2,644*		0,458	0,14		1,473		Gips
8	Gipsquelle bei Bütz (Sulzthal)	"	12,4	100	2,583*				0,004			Gips
9	" " " "	"	11,9	20	2,490*				0,004			Gips
10	" " " "	"	11,6	150	2,325*				0,004			Gips
11	Oberdorfbrunnen Asp	"	11,4	30	2,484*		0,620		0,006	1,429		Gips
12	Fabrik Schonlau, Kaiseraugst	Muschelkalk		20	2,442*		0,59	0,052		1,21		Gips, Schwefel- wasserstoff
13 †	Talbachbrunnen Schinznach	Keuper	12,5	20	1,8262	0,0372	0,3844	0,0549	0,006	0,8929		Gips
14	Solquelle bei Bütz	Muschelkalk	11,05	400	1,666	0,29	0,143		0,47	0,38		Natriumchlor., Gips
15	Im Tal, städtich Densbüren	"	12,2	100	1,348*		0,1704		0,007	0,723		Gips
16 †	Thermalquelle Zurzach	Granit	38,25	300	1,01072	0,2999	0,017	0,0008	0,1463	0,2633	0,2615	Natriumchlorid Natriumsulfat Natriumkarbonat
17	Dorfbrunnen Densbüren	Muschelkalk		200	0,856*		0,198		0,008	0,444		Gips
18	Oberdorfbrunnen Kaisten	"		100	0,849*				0,005			Gips
19	Oberdorfbrunnen Magden	Keuper	9,7	35	0,770*					0,54		Gips
20 †	Kapuzinerbergquelle Rheinfeld.	Muschelkalk	10,7	250	0,761	0,0052	0,1403	0,03	0,011	0,149	0,40	Calciumbikarbonat Arsen
21	Tuttigrabenquelle Kaisten	"	11,5	400	0,750*				0,005			Gips
22	Dorfbrunnen Asp	"	12,6	100	0,712*		0,150		0,006	0,300		Gips
23	Warmbach Schinznach	"	12,6	1200	0,648*		0,150		0,004	0,230		Gips
24	Fischbachquelle am Benken	"	14,0	250	0,610*		0,144		1,008	0,213		Gips
25 †	Bad Moosleerau	Tertiär	9,2	8	0,4949	0,01	0,086	0,0168	0,003	0,0065	0,353	Calciumbikarbonat
26 †	Bad Schwarzenberg	"	10,0	10	0,470	0,008	0,094	0,0064	0,0018	0,0064	0,346	"
27 †	Bad Muri	"			0,428	0,02	0,086	0,0031	0,0029	0,0049	0,3029	"
28 †	Brestenberg Seengen	"		50	0,424		0,162	0,0103	0,017	0,038	0,186	"
29 †	Römerbad Zofingen	"	10,0	31	0,377	0,0081	0,0702	0,0078	0,003	0,0029	0,2633	"
30	Bad Gränichen	"										"

† Sind genau analysierte Quellen.

* Die Zahlen sind Trockenrückstände, der Gesamtmineralstoffgehalt mit Einbezug der Kohlensäure wäre bedeutend höher.