

Allgemeines über die Mineralquellen

Objektyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **17 (1925)**

PDF erstellt am: **13.07.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

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° und Schinznach mit 34,3°, ferner eine künstliche in Zurzach mit 38,3°. 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 angetroffen, 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.