

Quellenkunde

von Prof. Dr. H. Schardt.

A. Ursprung der Quellen.

Die Quellenbildung ist in mancher Hinsicht ein noch ziemlich unklares Problem. Der Volksglaube neigt immer noch sehr oft zu der Ansicht, daß die Quellen ihre Existenz dem reinen Zufall verdanken und daß somit das Wasser durch ganz unbedeutende Einflüsse einen andern Lauf annehmen könne. Dem ist aber nicht so, indem durch unzählige Tiefarbeiten, wie Wasserrfassungen, Tunnelbohrungen, Bergwerksbetriebe etc., dargetan worden ist, daß die unterirdische Wasserzirkulation gleich der oberirdischen gewissen bestimmten Gesetzen unterliegt. Vor allem sind es die geologischen Verhältnisse, d. h. in erster Linie die Wechsellagerung von wasserdurchlässigen und wasserdichten Schichten, welche den subterranean Kreislauf des Wassers und damit die Quellenbildung bedingen. Erstere saugen, wenn sie an der Oberfläche anstehen, das atmosphärische Wasser auf, wodurch Regen- und Schneeschmelzwasser zu sogenanntem Sickerwasser wird. Dieses sinkt der Schwerkraft folgend so lange in die Tiefe, bis es eine wasserdichte Schicht antrifft, welche es zwingt, wieder zur Oberfläche abzufließen oder aufzusteigen. Die sog. Grundwasserquellen, welche im Alluvialboden entstehen und von wirklichen Grundwasserströmen herrühren, gehören ebenfalls hierher. Solche Grundwasser bilden sich vorzugsweise zu beiden Seiten der in Alluvialebenen hinfließenden Oberflächenströme, denen diese meist wenig tiefen Wasser dann zufließen. Treten dieselben nicht von selbst zu Tage, so können sie leicht durch Schächte angebohrt werden.

Quellwasser haben sehr verschiedene Eigenschaften, je nach den Gesteinen, aus welchen sie entspringen, und der Tiefe, aus welcher sie entstammen. Erstere bedingen die chemische Zusammensetzung der Mineralbestandteile des Wassers, letztere dagegen die Temperatur desselben.

Die hauptsächlichsten Mineralbestandteile gewöhnlicher als Trinkwasser verwendbarer Quellwasser sind kohlensäurer Kalk und Gips, welche zusammen nicht über 0,5 gr betragen dürfen; ein höherer Betrag, besonders viel Gips und andere noch leichter lösliche Salze, führen zur Entstehung von Mineralwässern, von welchen später noch die Rede sein soll. Solche Wasser sind sowohl zum Trinken und Kochen, als auch zu industriellen

Zwecken meist kaum brauchbar. Die in dieser Hinsicht reinsten Wasser sind diejenigen, welche granitischen oder gneißartigen Gesteinen entspringen. Eine weitere sehr wichtige Bedingung für die Brauchbarkeit von Quellwasser liegt in dessen Reinheit bezüglich organischer Zersetzungsprodukte und Mikroorganismen (Bakterien), die von der Beschaffenheit des Einzugsgebietes vom Grad der Filtration des Sickerwassers, wozu sandiger Boden im Einzugsgebiet am dienlichsten ist, abhängt.

Wie ein Fluß, so hat auch jede Quelle ihr Einzugsgebiet. Die größten Quellen finden sich dort, wo Oberflächenwasser fehlen oder doch nur schwach vertreten sind, so am Fuße von Kalkgebirgen und besonders weit ausgedehnter Kalkplateau, deren Zerklüftung und unterirdische Korrosion das Absinken der Sickerwässer in die Tiefe sehr erleichtern. Auf diese Weise entstehen die sogenannten Stromquellen (Vauclusequellen, Kalkquellen). Es sind dies oft riesige Quellen, welche aus Klüften oder Höhlen austreten und sehr beträchtlichen und auch plötzlichen Volumenveränderungen ausgesetzt erscheinen. Dabei zeigt sich oft, daß neben der sehr veränderlichen Hauptquelle tiefer liegende sog. Verlustquellen entspringen, welche als konstante Abflüsse funktionieren und deshalb auch einen sehr gleichmäßigen Erguß haben. Bei Hochwasser hingegen stellen sich in der Nähe der Hauptquelle aus sonst trockenen Spalten entspringende Überflußquellen ein. Die Regelmäßigkeit in der Wasserführung einer Quelle steht in einem gewissen Zusammenhang mit der Ausdehnung des Einzugsgebietes; viel bestimmender ist aber die Größe der im Gebirgsinnern vorhandenen Hohlräume und ganz besonders das Vorhandensein einer gut filtrierenden Schicht. Daher kann eine sehr konstante Quelle auch fast immer als vermutlich sehr rein bezeichnet werden.

Nach der Art und Weise, wie Quellen ausfließen, lassen sich Spaltenquellen, welche direkt aus Spalten kommen, und Schichtquellen, welche längs einer Schichtfuge zwischen Mergel (undurchlässig) und Kalk (durchlässig) austreten, unterscheiden.

Gewisse Quellen, deren Einzugsgebiet sehr klein ist oder deren sehr bedeutende Verlustquellen nicht sichtbar sind, versiegen bei lang anhaltendem trockenem Wetter vollständig; es sind dies die sogenannten Hungerbrunnen. Umgekehrt gibt es wieder Quellen, welche nur während der Sommerhitze fließen, weil sie durch schmelzendes Eis oder Firnschnee gespiesen werden (Sommerquellen); andere fließen nur während der Schneeschmelze, es sind dies die sog. Frühlingsquellen.

Aus Kalk austretende Quellen sind selten gut filtriert, können aber sehr reines Wasser liefern, sobald sie ein hoch gelegenes und unbewohntes Sammelgebiet haben. Gut filtriertes Quellwasser ist immer klar. Es gibt aber Quellen, welche sich periodisch, besonders bei Volumenzunahme, trüben, was davon herrührt, daß Sand und Schlamm von der Oberfläche mitgerissen werden. Gewisse Quellen sind immer trüb, weil sie sehr lös-

liches unreines Gestein durchfließen, so z. B. der Mehlbach bei Kerns, welcher unreinem Gips entspringt.

B. Chemische und thermische Beschaffenheit der Quellen.

Allgemeine Betrachtungen. Die Quellen stehen sowohl hinsichtlich ihrer Temperatur als auch ihres Gehaltes an gelöster Mineralsubstanz in Beziehung zu den von ihnen durchsetzten Felsarten. In Wirklichkeit sind alle Quellwässer als Mineralwässer zu bezeichnen, indem es tatsächlich keine einzige Quelle gibt, die chemisch reines Wasser führt oder, mit andern Worten, auf ihrem unterirdischen Weg, sei er noch so kurz, nicht eine gewisse Menge von Mineralsubstanz gelöst hätte.

Als „Mineralwässer“ bezeichnet man im allgemeinen bloß diejenigen Wässer, die wegen ihres zu starken Mineralgehaltes nicht mehr als Trinkwasser verwendet werden können. Es ist aber diese Unterscheidung eine rein künstliche und konventionelle, indem es sogar sehr schwierig hält, zwischen dem sog. Trinkwasser und dem Mineralwasser eine Grenze zu ziehen.

Trinkwasser soll nicht über 0,5 Gr feste Mineralsubstanz per Liter enthalten und diese nur in Gestalt von erdigen Salzen, wie z. B. kohlen saurem Kalk, kohlen saurer Magnesia und, in geringerer Menge, auch schwefelsaurem Kalk. In Wirklichkeit ist aber immer auch ein gewisser, allerdings sehr schwacher Gehalt von verschiedenen anderen Salzen (alkalinischen Carbonaten) nachgewiesen, die von geringen Mengen von Kieselsäure begleitet werden. Daraus ergibt sich, daß die Zusammensetzung eines aus dem Erdboden kommenden Wassers, selbst wenn es sich um Trinkwasser handelt, stets sehr komplex ist. Noch in weit höherem Grade trifft dies natürlich auf die eigentlichen Mineralwässer zu; die auf den Liter oft mehrere Gramme gelöster Salze enthalten und diesen auch fast immer einen besondern Geschmack verdanken. Unterirdische Wässer enthalten ohne Ausnahme immer auch gelöste Gase, von denen hauptsächlich die Kohlensäure Erwähnung verdient, deren Vorhandensein in erster Linie auf die Löslichkeit verschiedener Mineralsubstanzen (Kalk, Eisen, Magnesia etc.) beschleunigend einwirkt. Sauerstoff, Stickstoff und Schwefelwasserstoff, die sich in den Quellwässern so häufig vorfinden, müssen gleichfalls zu den Mineralbestandteilen der unterirdischen Wässer gerechnet werden.

Obwohl viele Mineralwässer (die sog. Thermen) eine oft sehr hohe Temperatur aufweisen, steht doch die Thermalität in keiner Beziehung weder zur chemischen Beschaffenheit noch zu den medizinischen Eigenschaften des Wassers. Dies geht auch daraus hervor, daß die zu Badezwecken verwendeten Mineralwässer in den meisten Fällen vor Gebrauch erwärmt und umgekehrt die sehr warmen Thermalquellen abgekühlt werden, bevor sie als Getränk dienen können.

Die Thermen fassen wir nicht als eine besondere Gruppe von Mineralwässern auf, was sich umso mehr rechtfertigt, als auch gewöhnliches Trinkwasser thermal sein kann. Dabei bleibt freilich anzuerkennen, daß die steigende Temperatur ein wirksames Hilfsmittel zur leichteren Löslichkeit der Mineralsubstanzen ist, woraus folgt, daß viele Thermalquellen, die, eben um die Eigenschaft der Thermalität zu erlangen, einen ziemlich weiten und tiefgehenden unterirdischen Weg zurückzulegen haben, meist auch stark mineralhaltig erscheinen.

Die Schätzung der Thermalität einer Quelle wird nicht durch die absolute Temperatur derselben bedingt, sondern vielmehr durch den Unterschied zwischen der Wasser- und der Ortstemperatur. Die Wärme des gewöhnlichen, d. h. nicht thermalen Quellwassers ist der mittleren Jahrestemperatur des Ortes, an dem es entspringt, entweder gleich oder dann um höchstens 1° überlegen. Immerhin werden solche Quellwässer, deren Temperatur diejenige ihrer Umgebung bloß um wenige Grade übertrifft, noch nicht als eigentliche Thermen betrachtet, sondern als subthermale Quellen (Subthermen) bezeichnet.

Thermen treten in der Schweiz verhältnismäßig nicht in großer Zahl auf, weil das Wasser hier entweder nicht aus genügender Tiefe heraufkommt oder dann, bei genügend tiefem Eindringen, auf dem Wege zur Erdoberfläche sich wieder abkühlt. Diese letztere Erscheinung macht sich besonders bei schwachen Quellen geltend. Thermen sind fast ausnahmslos sehr starke Quellen, was sich leicht daraus erklären läßt, daß das in der Tiefe erhitzte Wasser schnell und in mächtigem Strom zur Erdoberfläche aufsteigen muß, wenn es sich auf diesem Wege nicht annähernd bis zur Temperatur seiner Austrittsstelle abkühlen soll.

In folgender Tabelle stellen wir einige schweizerische Quellen hinsichtlich der Höhe ihrer Austrittsstelle, der mittleren Jahrestemperatur dieser letztern, der Temperatur des Quellwassers und der Thermalität, d. h. des Unterschiedes zwischen der Wasser- und Ortstemperatur zusammen.

Diese Zusammenstellung zeigt die Abnahme der Temperatur bei nicht thermalen Quellen mit zunehmender Höhe einerseits und die Unabhängigkeit der Quelltemperatur von der mittleren Ortstemperatur andererseits. Die Quelltemperatur erscheint vielmehr als das Ergebnis der Tiefe des unterirdischen Quellaufes und der Geschwindigkeit, mit der das Wasser an die Erdoberfläche aufsteigt. Einzig die aus einer Tiefe von nicht mehr als etwa 20 m kommenden Quellen zeigen die mittlere Ortstemperatur. Die beiden Beispiele aus dem Simplontunnel beweisen ferner, daß auch sehr heiße Quellen unter Umständen doch nicht thermal und sogar von negativer Thermalität sein können, indem der Fels noch etwas höhere Temperatur hat als das ihm entspringende Wasser. (Siehe pag. 20.)

Mit bezug auf die chemische Zusammensetzung (Mineralisation) der unterirdischen Wässer läßt sich sagen, daß man in den

unterirdischen Wässern die Anwesenheit von fast allen bekannten chemischen Substanzen in größerer oder geringerer Menge festgestellt hat. Sie finden sich in der großen Mehrzahl der Fälle in gelöstem Zustand und nur selten in Suspension, in welchem Falle das Wasser dann trüb erscheint.

Quellen.	Höhe u. M. m	Quellen- tem- peratur. ° C.	Orts- tem- peratur. ° C.	Thermalität ° C.
1. Quelle beim Schutzhaus VII an der Simplonstraße . . .	1860	4,5	2,4	+ 2,1
2. Quelle von Les Avants über Montreux	1000	7,0	6,06	+ 0,94
3. Quelle der Bouverette (Gen- fersee)	375	7,8	9,8	- 2,0
4. Stromquelle der Serrière . .	470	8,5	8,9	- 0,4
5. Rufiwasser bei Susten-Leuk .	594	8,6	8,8	- 0,2
6. Kirchquelle in Montreux . .	450	10,6	10,0	+ 0,6
7. Quellen im Pfinwald bei Leuk	560	10,8	9,3	+ 1,5
8. Quelle des Bras bei Bex (Waadt)	400	11,2	9,74	+ 1,46
9. Fontaine de l'Ours in Mon- treux	385	12,5	10,3	+ 2,2
10. Teniger Bad im Val Somvix (Graubünden)	1273	14,3	5,5	+ 8,8
11. Laurenzenbad im Aargau . .	518	17,5	8,5	+ 9,0
12. Bovernier über Martigny (Wallis)	622	21,3	8,2	+ 13,1
13. Bad Yverdon	440	24,0	9,0	+ 15,0
14. Bad Saxon	470	25,0	9,2	+ 15,8
15. St. Petersquelle in Vals (Graubünden)	1248	25,6	6,0	+ 19,6
16. Bad Weissenburg im Simmen- tal	878	27,5	8,0	+ 19,5
17. Bad Schinznach im Aargau .	351	36,0	10,0	+ 26,0
18. Pfäfers (Mittel aus den ver- schiedenen Quellen)	685	38,0	7,5	+ 30,5
19. Leukerbad	1415	43,0	5,0	+ 38,0
20. Baden im Aargau	382	47,0	10,0	+ 37,0
21. Bad Lavey in der Waadt . .	422	52,0	9,5	+ 42,5
22. Quellen bei km 8,700 vom Nordwestportal des Sim- plontunnels	—	52,0	54,0	- 2,0
23. Quelle bei km 4,400 vom Süd- ostportal des Simplontunnels .	—	10,0	16,0	- 6,0

C. Klassifikation der Quellwässer.

Eine Klassifikation der Quellen, nach den oft zahlreichen chemischen Bestandteilen, die sie zugleich in Lösung enthalten, erscheint recht schwierig. Die von Daubrée nach den elektro-negativen Bestandteilen (Säuren) aufgestellte chemische Klassifikation leidet an dem Übelstand, daß neben jede, durch einige typische Beispiele charakterisierte Gruppe noch eine sog. „gemischte“ Unterabteilung, welche stets die weitaus größere Zahl der Quellen umfaßt, gestellt werden mußte. Eine solche Klassifikation kann höchstens von wissenschaftlichem Interesse sein, abgesehen davon, daß man als Einteilungsprinzip ebenso gut auch die elektropositiven Bestandteile (Metalle oder Basen) wählen könnte.

Da die in der Schweiz so zahlreich vertretenen Quellwässer namentlich vom medizinischen und therapeutischen Standpunkt aus von Bedeutung sind, erscheint es zweckmäßig, sie nach denjenigen Bestandteilen zu gruppieren, die ihre Verwendung in der Hydrotherapie oder der Balneotherapie bestimmen. Eine derartige Klassifikation erweist sich um so logischer, als für viele Quellen genauere Analysen noch fehlen und ihre besonders Merkmale daher bloß nach den äußern Kennzeichen (Geruch, Farbe, Geschmack, Niederschlag etc.) zu erkennen sind.

Auch vollständige chemische Analysen gestatten eine bequeme Vergleichung nicht immer, weil die Berechnung der Bestandteile meistens rein theoretisch vorgenommen worden ist, ist, d. h. in der Weise, daß man jedem basischen Elementarbestandteil die entsprechende Menge eines sauren Elementarbestandteiles zur Seite setzte und die chemische Zusammensetzung der gelösten Stoffe in Gestalt ihrer Salze ausdrückte. Diese Methode hat den Vorteil, daß man zu sagen imstande ist, dieses oder jenes Mineralwasser enthalte so und so viel kohlen- oder schwefelsauren Kalk, Chlornatrium, Magnesiumsulfat etc. In vielen Fällen sind aber diese Analysen rein willkürlich und entsprechen keineswegs der wirklichen Verteilung der Elemente, selbst wenn wir uns letztere als im trockenen Rückstand isoliert vorstellen. Außerdem weiß man, daß in stark verdünnten Lösungen, wie es ja die Mehrzahl oder fast alle Mineralwässer sind, die Salz durchaus nicht im kombinierten Zustand auftreten, sondern ihre Einzelbestandteile vielmehr zu „Ionen“ (Anionen und Kathionen) dissoziiert erscheinen, welche nur dann zu Salzen sich vereinigen, wenn die Lösung durch allmähliges Eintrocknen eine immer stärkere Konzentration erhält. Und auch dann vollzieht sich dieser Vorgang in manchen Fällen ganz anders, als es sich der Chemiker erklärt hat. Um dies darzutun, braucht man bloß zwei gleich gute Analysen, die nach dieser Methode von zwei verschiedenen Chemikern ausgeführt und mit der Annahme kombinierter Salze berechnet worden sind, miteinander zu vergleichen. Fast alle Analysen, die wir besitzen, sind nach dieser alten Methode berechnet und

könnten nur dann scharf unter sich vergleichbar gestaltet werden, wenn man sie nach der Ionentheorie umrechnen würde.

Unter den gegebenen Verhältnissen erscheint uns daher die nachfolgende Einteilung als die einfachste und übersichtlichste:

I. Trinkwasser.

Darf nicht mehr als 0,5 gr feste Mineralsubstanz auf den Liter enthalten. Man kann in dieser Gruppe unterscheiden:

a) Kalkwässer mit vorherrschendem Gehalt an kohlen-saurem Kalk und nur unbedeutenden Mengen von schwefel-saurem Kalk.

b) Gipswässer, in denen der schwefelsaure Kalk den kohlen-sauren Kalk überwiegt.

c) Kalk-Gipswässer mit den beiden genannten Salzen in gleichen Mengenverhältnissen.

Alle diese Wässer enthalten stets Spuren von Magnesium, Eisen, alkalischen Chloriden, Karbonaten und Sulfaten, Phosphor- und Kieselsäure, Lithium, Strontium etc. Der erstgenannten Gruppe gehören fast alle dem obern Jura- und dem Kreidekalk der Alpen wie des Juragebirges, sowie dem Moränenboden entspringenden Wässer an, während die zweite Gruppe die aus dem Lias und viele der aus den tertiären Sedimenten des Mittellandes kommenden Wässer und die dritte Gruppe endlich die den gipsreichen Tertiärschichten entspringenden Wässer umfaßt. Den Quellen der ersten und dritten Gruppen gemeinsam ist, daß die zur Lösung des Kalkgesteins notwendige Kohlensäure beim Abfließen an der Erdoberfläche entweicht und das Wasser dabei den kohlen-sauren Kalk als Tuff absetzt.

d) Granitwässer mit nur sehr wenig erdigen Salzen und einem geringen Gehalt an Alkalisalzen. Sie bilden sich in den Granit-, Gneiß- und kristallinen Schiefergebieten der Alpen, wo Kalksedimente fehlen, können aber auch aus reinen Tonen und Schiefertönen, sowie aus kalkfreien Sandsteinfelsen kommen.

II. Indifferente Mineralquellen.

Sie bilden eine von Bunsen aufgestellte Gruppe von Quellen und unterirdischen Wässern, die nur in dem Sinne als mineralisiert gelten können, als sie zu therapeutischen Zwecken empfohlen werden. Allerdings wäre auch die große Mehrzahl dieser Wässer vollkommen zu Trinkzwecken verwendbar, da bei vielen von ihnen die feste Mineralsubstanz die von uns als Grenze fixierte Menge nicht erreicht. „Indifferent“ heißen sie, im Gegensatz zu den wirklichen Mineralwässern. Wie das eigentliche Trinkwasser sind diese indifferenten Quellen sehr schwach erdige und alkalische Wässer. Bei einigen zeigt sich noch ein etwas stärkerer Gehalt an Magnesium, das dann an Stelle des schwefel- oder kohlen-sauren Kalkes auftritt; andere sind sehr schwache Eisenwässer und wieder andere haben Schwefelgeruch, ohne aber deswegen die Klassifikation als Schwefelwässer zu verdienen. Als scharf abgegrenzte beson-

dere Gruppe erscheinen die indifferenten Thermen, d. h. Wasser, die einzig ihrer Thermalität wegen im natürlichen Zustand nicht sofort als Trinkwasser verwendet werden können — (Pfäfers). Man kann hier folgende Gruppen unterscheiden:

- a) Kalkwässer.
- b) Kalk-Gipswässer.
- c) Kalk-Magnesiumwässer.
- d) Erdig-alkalische Wässer.
- e) Alkaliwässer.
- f) Schwache Eisenwässer.

III. Mineralquellen.

1. *Erdige Mineralquellen.* Sie enthalten in Lösung erdige Salze, namentlich schwefelsauren Kalk in Verbindung mit kohlen-saurem Kalk und Magnesium, und zwar in einer Menge von über 0,5 gr pro Liter Wasser. Zuweilen haben sie auch die Eigenschaften von Sauerlingen. Man kann hier unterscheiden:

a) Gipswässer sind gewöhnlich auch kalkhaltig und setzen deßhalb Tuff ab. In verschiedenen Teilen der Alpen und im nördlichen Jura entspringen zahllose Gipsquellen, und zwar überall da, wo Gipslager vorhanden sind. Der Gips ist sehr leicht löslich, so daß er bei gewöhnlichen Temperatur- und Druckverhältnissen im Verhältnis von 2 bis 3 gr auf den Liter Wasser vertreten sein kann. Nur wenige dieser Quellen werden aber als Mineralwasser verwendet, während man sie fast überall als Trinkwasser benutzt. Oft wird Gipswasser sogar noch dem übrigen Quellwasser vorgezogen. Zum Reinigen der Wäsche eignen sie sich dagegen ihrer Härte wegen nicht, weil sie die Seife als Niederschlag ausscheiden. Solche Gipsquellen treten besonders zahlreich zu beiden Seiten der Rhone und des Genfersees auf, so zwischen Monthey und Saint Gingolph einerseits und zwischen Bex und Clarens andererseits, d. h. also längs dem ganzen Anstehenden der Gips- und Anhydritschicht, welche die Grundlage der Präalpen bildet. Während die einen am Gehänge über dem den Gips tragenden Flysch entspringen, treten andere mit weit stärkerem Volumen am Gehängefuß im Horizont der Alluvialebene oder auch mitten in dieser letztern aus dem Boden.

b) Gips- und Magnesiumwässer enthalten Gips in Verbindung mit Magnesiumkarbonat (kohlen-saurer Magnesia), Magnesiumsulfat (Bittersalz) und Magnesiumchlorid. Ihr Ursprung liegt in den Triasgesteinen, sowohl des Jura als der Alpen.

c) Kalk- und Magnesiumwässer. Das typischste Wasser dieser Art ist die jodhaltige Therme (25° C.) von Saxon im Unterwallis. Sie entspringt einer porösen und pulverigen dolomitischen Rauhacke, die offenbar die nachträglich in dieses gelangenden Jodsalze enthält. Interessant und bis jetzt unerklärt sind die Schwankungen des Jodgehaltes dieser Quellen.

2. *Natronquellen oder alkalische Quellen.* Diese Quellen zeichnen sich oft durch die fast vollständige Abwesenheit von erdigen Salzen aus. Sind sie dagegen mit Kohlensäure beladen, so enthalten sie stets auch eine ansehnliche Menge von kohlen-saurem Kalk. Entspringen meist krystallinen Gesteinen.

a) Nicht saure alkalische Wässer. Wenig zahlreich und der Zusammensetzung nach den indifferenten Wässern gleicher Art ähnlich.

b) Saure alkalische Wässer (alkalische Sauerlinge).

3. *Eisenquellen.* Die große Anzahl der bekannten Eisenquellen rührt ohne Zweifel davon her, daß ihre Eigenschaft, gelbrotes Eisenhydroxyd niederzuschlagen, leicht die Aufmerksamkeit auf sie lenkt. Diese Quellen werden oft auch als Rotenwasser oder Rotenbrunnen bezeichnet, weil die geringste Menge von in einem Quellwasser enthaltenen Eisensalzen am Austrittsort der Quelle und ganz besonders in den Wasserbehältern einen charakteristisch ockerfarbigen Niederschlag absetzt. Diese Reaktion tritt schon bei einem Gehalt von weniger als einem Zentigramm Eisenkarbonat ein.

a) Erdige Eisenquellen mit Sulfaten. In der Mehrzahl der Eisenquellen tritt das Metall in Form von Bikarbonat ($\text{FeH}_2\text{C}_2\text{O}_6$) auf, das von einer ziemlichen Menge (bis auf 1 bis 2 gr pro Liter Wasser) von schwefelsaurem Kalk oder Gips und von Kalkkarbonat in wechselnder Menge begleitet wird.

b) Erdige Eisenquellen mit Karbonaten. Bei dieser Gruppe wird das Eisenbikarbonat regelmäßig von kohlen-saurem Kalk und kohlen-saurer Magnesia begleitet. Diese Wässer sind gewöhnlich nicht stärker sauer als ein gewöhnliches erdiges Trinkwasser und enthalten die gelösten Mineralsubstanzen meist in geringeren Mengen als die für das Trinkwasser festgesetzte obere Grenze beträgt. Eine gewisse Anzahl dieser Quellen muß sich in sumpfigen Böden bilden, wo die Vegetation im nahezu stagnierenden Wasser durch langsame Reaktion zwischen Wasser bekanntlich Eisenkarbonat entstehen läßt, das dann vom Sickerwasser aufgelöst und fortgeführt wird. Um die Eisenwässer der Sümpfe und diejenigen, die sich in der Tiefe mit Eisen beladen, voneinander unterscheiden zu können, müßte jeder einzelne Fall besonders untersucht werden.

c) Erdig-alkalische Eisenquellen (teilweise Sauerlinge). Quellen vom Charakter der sauren oder nicht sauren erdig-alkalischen Wässer mit einem bestimmten Gehalt an Eisenbikarbonat, der für gewöhnlich denjenigen der beiden vorangehenden Gruppen angehörenden Quellen nicht stark übertrifft. Während aber die Kalksubstanzen dort unter 0,50 gr per Liter bleiben, finden wir hier Wässer, welche oft per Liter ein Gramm und mehr kohlen-sauren Kalk, sowie eine vielfach bedeutende Menge von Kohlensäure enthalten. Dazu gesellen sich noch kohlen- und schwefelsaure Alkalisalze, sowie Bittersalz und kohlen-saure Magnesia. Diese Quellen treten in den gleichen Regionen auf wie die alkalischen Sauerlinge und finden sich vorzüglich im Kanton Graubünden und Tessin.

d) Vitriolwässer. Bei Scerina befindet sich am Ufer des Brenno (Kanton Tessin) eine Eisenquelle, die nach der Analyse 0,325 gr erdige Sulfate per Liter Wasser enthalten soll. Eine ziemlich starke Menge von Aluminium in Gestalt von schwefelsaurer Tonerde (0,840 gr) charakterisiert dieses Wasser als schwefelsaures Tonerde- und Erdmetallwasser, wie sich solches in verwitternden pyritreichen Tongesteinen bildet.

4. *Schwefelwässer*. Aus dem nämlichen Grund, der uns bei den Eisenquellen leitete, reihen wir hier alle Wässer ein, die genügend Schwefelverbindungen enthalten, um als Schwefelwässer gelten zu können. Es ist ferner möglich, für die Schwefelquellen die nämlichen Unterabteilungen aufzustellen wie für die Eisenquellen.

a) Giphaltige Schwefelwässer verdanken ihre Eigenschaften fast immer dem in Lösung enthaltenen Schwefelwasserstoff. Dieses Gas bildet sich aus der Reduktion eines geringen Teiles des schwefelsauren Kalkes (Gips) durch den Kontakt mit bituminösen Schiefen. Vorerst entsteht Schwefelcalcium und aus diesem, unter Einwirkung von Kohlensäure, Schwefelwasserstoffgas. Die leichte Oxydierbarkeit dieses letztern bewirkt, daß die betreffenden Wässer unter Zutritt von Luft ihre spezifischen Eigenschaften rasch verlieren. Sie begleiten stets die Gips- und Eisenwässer und sind vielfach selbst gleichzeitig Gips-, Eisen- und Schwefelwässer. Diese Wässer enthalten 1—2 gr Gips und einen Gehalt von Schwefelwasserstoff, der in einem Liter Wasser von einem Bruchteil eines cm^3 bis zu über 50 cm^3 schwanken kann. Beim Abfließen auf der Erdoberfläche oder in den Reservoirs setzen die Schwefelwässer den Schwefel in Gestalt von Filamenten und weißlichen Überzügen ab, wobei Algen aus der Familie der Oszillarieen (*Beggiatoa*) eine gewisse Rolle spielen.

b) Kalkhaltige Schwefelwässer sind nicht reicher an Gips und andern Sulfaten als das gewöhnliche Trinkwasser. Ihr Gehalt an Schwefelwasserstoff geht auf die Zersetzung der in ihnen enthaltenen kleinen Gipsmengen durch den Kontakt mit bituminösen Felsarten oder auch auf die Wirkungen von Torfboden zurück. Dies letztere trifft sicher bei mehreren Quellen dieser Gruppe zu, die an den Rändern von Torfmooren entspringen. (Paludische Schwefelquellen.)

c) Alkalische Schwefelquellen. Sie enthalten neben einer gewissen Menge Schwefelwasserstoff noch Schwefelverbindungen in Form von Alkalisulfiden. Da sich diese letztern ungleich langsamer zersetzen als Schwefelcalcium, behalten die alkalischen Schwefelquellen ihre spezifischen Eigenschaften länger bei. Gips tritt nur in sehr kleinen Mengen auf, und es ist wahrscheinlich, daß sich die alkalischen Sulfide dieser Quellen durch Reduktion der alkalischen Sulfate bilden.

d) Schwefel- und Eisenwässer wären hier in großer Anzahl zu nennen, da zahlreiche eisen- und giphaltige Quellen zu gleicher Zeit leichte Schwefelwässer sind. Die Schwefel-

und Eisenquelle von Schuls ist zugleich ein starker alkalischer Säuerling und stellt somit einen ganz besondern Typus dar.

5. *Salinische Quellen.* Sie zeichnen sich aus durch das Vorhandensein von Chloriden und Sulfaten der Alkalimetalle und des Magnesiums, d. h. also von sehr leicht löslichen Salzen, die vom Wasser in großen Mengen aufgenommen werden können. Diese Quellen lassen sich je nach der Natur des vorherrschenden Salzes in folgende Gruppen ordnen:

a) Kochsalzquellen (auch muriatische Quellen genannt). Hierher gehören vor allem diejenigen Quellen, aus denen Kochsalz (Chlornatrium) gewonnen wird und die in den verschiedenen Salinen auf künstlichem Wege aus dem Erdboden gezogen werden. (Sie enthalten bis 30% Salze.)

b) Chlornatrium- und Chlormagnesiumquellen. Hierher gehören mehrere im aargauischen Sulztal entspringende Quellen, die 5,73 gr Kochsalz, 0,3 gr Magnesiumchlorid und 1,59 gr Gips auf den Liter Wasser enthalten.

c) Glaubersalzquellen. Vertreten durch das künstlich durch Auslaugen erzeugte Wasser von Mülligen im Aargau.

d) Bittersalzquellen. Hierher gehört das abführende Birmensdorfer Bitterwasser mit 22 gr Magnesiumsulfat und 7 gr Natriumsulfat auf den Liter Wasser.

e) Erdig-salinische Quellen. In diese Gruppe lassen sich die Thermen von Baden im Aargau einreihen.
