

Die geologischen Verhältnisse der Heilquellen Österreichs.

Von Dr. Richard Schubert, Sektionsgeologen der k. k. geologischen Reichsanstalt.

Thermen.

Die atmosphärischen Niederschläge verhalten sich je nach der Durchlässigkeit des Bodens, auf den sie niederfallen, verschieden. In Ton- und Schiefergebieten fließt der größte Teil der Niederschlagswässer oberirdisch ab, in mehr durchlässigen Gesteinen wie Sanden, Sandsteinen, Schottern, klüftigen Kalken u. s. w. verschwindet ein oft beträchtlicher Teil derselben im Boden. Hier sickert das Wasser so lange nach abwärts, bis undurchlässige Schichten oder Gesteinspartien einen Halt gebieten und in größerem oder geringerem Maße eine Horizontalbewegung veranlassen. Die Temperatur dieses im Boden aufgespeicherten und zirkulierenden Wassers (Grundwassers) ist diejenige des Bodens, d. h., die mittlere Jahrestemperatur des betreffenden Ortes obertags. Diese Temperatur werden auch normalerweise jene Quellen haben, welche an An- oder Einschnitten des Geländes zutage tretende Grundwässer darstellen.

Häufig lassen nun Quellen oder künstlich erschotene Wässer eine höhere als die mittlere Jahrestemperatur des Ortes erkennen; der Unterschied beträgt oft nur wenige Grade, so daß er ohne Messungen kaum bemerkt wird, manchmal ist er jedoch so groß, daß die betreffenden Wässer auch dem Gemeingefühle als Warmwässer (oder heiße Quellen) erscheinen; und meist wird daher nur für die mehr oder weniger warmen Wässer (etwa ab 20° C) die Bezeichnung Thermalwässer (-quellen) oder Thermen gebraucht, während sie theoretisch allen Quellen zukommt, die eine höhere als die mittlere Jahrestemperatur des Ortes besitzen.

Wo die Quellen nur wenig wärmer sind, kann die Ursache dieser Erscheinung in bei chemischen Prozessen freiwerdender Wärme liegen, welche die Sicker- oder Grundwässer zugleich mit dem Mineralgehalt aufnehmen. In den meisten Fällen jedoch stehen die höheren Wärmegrade der Thermalwässer mit der Wärme des Erdinneren im Zusammenhange. Die Beobachtungen an Bergwerken und Bohrlöchern haben ja, wie allgemein bekannt ist, eine Wärmezunahme nach dem Erdinneren zu festgestellt, und zwar die Zunahme um 1° C (geothermische Tiefenstufe) in sehr weit schwankenden Grenzen, im Durchschnitt jedoch etwa in 34—35 m. Außerdem haben die Beobachtungen (z. B. beim Bau des Gotthardtunnels) ergeben, daß die Wässer, welche in der Erdkruste zirkulieren, nur selten genau dieselbe Temperatur besitzen, wie das Gestein, in dem sie fließen; aber im ganzen decken sich ungefähr geo- und hydrothermische Tiefenstufe. Freilich hängt die Temperatur des aus der Tiefe emporsteigenden Wassers an seinem Austritte noch von gar manchen Faktoren ab, wie vor allem von der Menge und Strömungsgeschwindigkeit, der Leitungsfähigkeit der durchflossenen Gesteine, Temperatur der Gase, mit denen es zusammentrifft, von Zuflüssen verschieden temperierter Wildwässer, Anomalien der thermischen Tiefenstufe u. s. w., so daß die Tiefen, aus welcher Thermalwässer kommen, derzeit auch nicht annähernd berechnet, sondern nur geschätzt werden können.

Nun ist es eine bekannte Tatsache, daß heißes Wasser auf alle Gesteine in höherem Grade lösend einwirkt als kaltes, so daß man bei heißen, aus großen Tiefen kommenden Quellen, einen hohen Mineralgehalt erwarten würde. Anstatt dessen sind zahlreiche, zum Teil hochgradige Thermen bekannt, die nur ganz geringe Mengen gelöster Stoffe enthalten (unter 6 g in 10.000 Teilen), die indifferente Warmwässer, Akratothermen oder Wildbäder genannt werden. Zu ihrer Erklärung nahm R. Lepsius (1908)

an, daß diese aus großer Tiefe emporsteigenden Wässer in der Tiefe zwar reich an gelösten Stoffen sind, aber nur solange, als sie unter hohem hydrostatischem Drucke überhitzt (wie in Geysirschlotten) nicht verdampfen können. Sobald sie aber in solche Höhen gelangen, daß sie den Druck zu überwinden vermögen, verdampfen sie und entleeren sich dabei der gelösten Substanzen. In noch größerer Höhe werden sie dann durch die Gesteinskälte kondensiert, und von da ab bis zum Austritt lösen sie immerhin noch geringe Mengen von festen Bestandteilen, deren Menge natürlich um so kleiner sein wird, je kürzer der seit der Kondensation zurückgelegte Weg ist und je schwerer löslich die durchflossenen Gesteinsmassen sind.

Diese Ansicht scheint besonders für manche Warmquellen, wie z. B. für die von Gastein, recht einleuchtend, Bedenken scheinen dagegen vor allem die an Fixbestandteilen sehr reichen heißen Quellen zu erregen, wie die von Karlsbad. Betreffs dieser hat E. S u e s s (1902) die Ansicht ausgesprochen, daß sie kondensierte Wasserdämpfe darstellen, welche bei der Entgasung in der Tiefe liegender Magmamassen frei würden und zum erstenmal an die Erdoberfläche gelangen; er nannte sie daher auch „juvenil“, im Gegensatz zu den in der Erdkruste zirkulierenden Niederschlagswässern und den aus diesen resultierenden „vadosen“ (Heil-)Quellen.

Doch haben inzwischen eingehende Untersuchungen von A. Brun (1901—1911) dargetan, daß das vulkanische Magma nur ganz geringe Mengen von Wasser enthält, und daß die bei vulkanischen Ausbrüchen wie auch bei den nassen Fumarolen beobachteten Wassermassen nicht primär magmatischer Natur, sondern atmosphärischer Herkunft sind, so daß die Annahme einer „juvenilen“ Natur mancher Quellwässer (im Sinne von E. S u e s s) nicht mehr aufrecht erhalten werden kann. Auch dessen 1909 (Antlitz der Erde, III/2, S. 630) vorgenommene Änderung in der Auffassung der juvenilen Wässer, daß diese durch Verbindung von aus dem Erdinnern hervordringendem Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Atmosphäre entstünden, bietet keine einwandfreie Lösung dieser Frage.

Auf andere Weise suchte G a u t i e r (1906) die heißen Quellen zu erklären, indem er sie als D e s t i l l a t i o n s p r o d u k t e durch tektonische Vorgänge langsam in die Erdtiefen sinkender Gesteinsmassen auffaßte. Seine diesbezüglichen Versuche ergaben, daß z. B. 1 kg Granit (sein wasserärmstes Gestein) bei Rotglut 7·35 g Wasser abgibt (das nach seiner Ansicht zum größten Teile sekundären Zersetzungsmineralien entstammt); 1 kg Porphyry gab 12·40 g, Ophit 15·06 g Wasser ab, Sedimentärgesteine noch weit mehr. Immerhin würden selbst vom wasserärmsten Granit 1 km³ zur Rotglut erhitzt rund 20—25 Millionen Tonnen Wasser freigeben, außerdem noch einige Milliarden Kubikmeter Gas, so daß nach meiner Berechnung (unter Zugrundelegung einer Ergiebigkeit von etwa 2200 l/Min.) die Karlsbader Quellen durch Destillation von 1 km³ Granit etwa 22—25 Jahre gespeist werden könnten. Dieser Zeitraum würde jedoch bedeutend vervielfältigt werden, wenn wir nicht Granit, sondern in die Tiefe abgesunkene kristallinische Schiefer in Betracht ziehen würden.

Doch auch die Gautierschen Ansichten erwecken mancherlei Bedenken, besonders auch bezüglich einer Anwendung auf die indifferenten Thermen, die sich auch nicht einfach mit der Annahme eines Ab- und Aufstieges „vadosen“ Wässers zu und von einigen tausend Metern erklären lassen, ohne daß sie beträchtliche Mengen von festen Bestandteilen lösen sollten. Immerhin ließe sich vielleicht eine Kombination der Gautierschen Ansicht mit jener von L e p s i u s denken, wenn wir annehmen, daß die heißen Quellen zum Teile Destillationsprodukte in die Tiefe einsinkender Gesteinsschollen darstellen, die beim Übergange aus dem überhitzten Zustande in Dampf ihre festen Bestandteile in Form von Gesteinsgängen (Erz etc.) abscheiden. Freilich dürften im Bereiche der heißen Quellen kaum so beträchtliche Senkungsvorgänge in historischer Zeit nachweisbar sein, als die Annahme der Gautierschen Ansichten bedingen würde, so daß für die heißen Wässer eine direkt atmosphärische Herkunft am wahrscheinlichsten ist. Vom Gesteine nun, das die heißen Wässer nach der Kondensierung passieren, und dessen Zustand wird dann der Mineralgehalt der Therme beim Austritt abhängen. In durch Kohlensäure nicht zersetzten Silikatgesteinen (Gastein, Brennerbad, Hintertux, Teplitz-Schönau) werden sie wenig Fixbestandteile enthalten.

Durchfließen sie nach der Kondensierung an Sulfaten oder Sulfiden reiche Gesteinspartien, so veranlassen sie Exhalationen von „vadosen“ Schwefelwasserstoff und nehmen den Charakter von Schwefelthermen an (z. B. Baden, Deutsch-Altenburg, Ullersdorf, Häring, Monfalcone, San Stefano).

Finden dagegen die heißen Kondensationswässer von reichlicher Kohlensäure stark zersetzte Gesteinspartien vor, wie im Karlsbader Gebiete, dann ist die Möglichkeit gegeben,

auch auf dem relativ kurzen Wege große Massen fester Bestandteile aufzunehmen. Daß auch diese Wässer im genetischen Zusammenhange mit Erz-, Quarz- und Hornsteingängen stehen, ist ja seit langem bekannt.

Zum Emporsteigen aus größeren Tiefen benötigen alle Warmwässer, ob man sie nun als Destillationsprodukte oder Einsickerwässer auffassen mag, größerer Spalten oder Spalt-systeme und so ist es nicht auffällig, sondern notwendig, daß die Thermen, wenigstens jene mit höherer Temperatur, an stärkeren Bruchlinien oder -zonen hervortreten, von denen manche auch im Gebirgsbaue kenntlich sind.

Die nordwestböhmischen Thermen folgen dem Erzgebirgsabbruche, wie im Abschnitte „Säuerlinge“ näher ausgeführt ist.

Nahe dem mindestens teilweise durch Brüche begrenzten Südrand der kristallinen Gesteine des Riesengebirges liegt J o h a n n i s b a d.

Die Thermen des Wiener Beckens treten an dessen Bruchrändern zutage, an denen etwa um die Mitte der Tertiärformation nicht unbeträchtliche Gesteinsmassen absanken; das so entstandene Senkungsgebiet wurde nun im Jungtertiär von einem Meere erfüllt, das allmählich vom Weltmeere abgeschnitten, durch einmündende Flüsse ausgesüßt und schließlich durch deren Schottermassen ausgefüllt wurde. An den beiden (jedoch nicht als einheitliche Brüche, sondern als System paralleler Abbrüche zu denkenden) Bruchrändern treten nun die wichtigsten Thermen Niederösterreichs zutage, besonders dort, wo diese von quer dazu verlaufenden Brüchen gekreuzt werden. Am westlichen Rande, der „Wiener Thermenzone“, treten zutage: die Thermen von Meidling, Mauer, Kalksburg, Rodaun, Gumpoldskirchen, die Schwefeltherme von Baden, ferner die Thermen von Vöslau, Fischau und Brunn am Steinfeld, am östlichen Bruchrande, der „Leithathermenzone“: die Schwefeltherme von Deutsch-Altenburg, die Thermen von Mannersdorf und Brodersdorf, doch diese letztere, wie auch die Heilquellen am Ostrande des Leithagebirges, schon auf ungarischem Boden.

In tektonisch ähnlicher Position am inneren Rand des mittelsteirischen Neogenbeckens steigt die Warmquelle von Tobelbad empor.

In Süddeiermark treten zwei hochgradige Thermen (bei Topolschitz und Neuhaus) an einer parallel der mit jungtertiären Andesiten erfüllten Smrekouc-Spalte verlaufenden Linie zutage, schwächere in nordwestlicher Verlängerung derselben bei Muschenik, in südöstlicher bei Hernstein, Gonobitz, Plankenstein; an den randlichen Brüchen einer weiteren Tertiärzone liegen, und zwar am Nordrande die Thermen Römerbad und Gallenegg (Krain), am Südrande die von Tüffer und St. Margarethen; an ähnlichen Bruchzonen, doch voneinander getrennt, die übrigen Thermen von Krain (Veldes, Tschatesch, Töplitz). Auch die küstentländisch-dalmatinischen Schwefelkochsalzthermen von Monfalcone, San Stefano und Spalato steigen an oder nahe bei auffälligen Abbrüchen empor; ebenso ist dies bei der Schwefeltherme von Häring in Tirol der Fall.

Nicht an größeren Einbruchzonen, doch auch an tiefreichenden Spaltensystemen treten die Thermen der Zentralalpen zutage (Einöd, Gastein, Hintertux, Brennerbad), und in den Sudeten die heiße Schwefeltherme von Groß-Ullersdorf.

Die einzige galizische Therme (Jaszczurowka bei Zakopane) entspringt an einer Bruchlinie am Nordrande der mesozoischen Tatragesteine, an deren Grenze gegen den Flysch.

Kochsalzquellen.

Nicht alle Mineralquellen bedürfen einer in größeren Tiefen der Erde erlangten Wärme oder eines Kohlensäuregehaltes, um reichlich mineralführend zu sein. Dies ist besonders der Fall bei den Kochsalz- oder Solquellen, die lediglich durch Auslaugung an Kochsalz (Kalisalzen etc.) reicher Schichten entstehen. In der geologischen Vergangenheit wurden im Bereiche der österreichischen Kronländer solche salzreiche Schichten hauptsächlich in zwei verschiedenen Formationen abgesetzt.

Dem Tertiär, und zwar dem jüngeren Abschnitte desselben (Miozän) gehört die „Salzformation“ Galiziens und der Bukowina an (mit den gewaltigen Steinsalzmassen von Wieliczka, Bochnia etc.). Im Bereiche dieser Schichten treten längs des Karpathenrandes bei Drohobycz—Boryslaw (Jasienka solna, Modrycz, Solce, Tustanowice, Kolpia, Stebnik, Stanyle), Bolechow, Dolina, Delatyn, Pistyn, Kosow, Smodna, ebenso in der Bukowina zahlreiche natürliche Salz- oder Solquellen zutage, deren Zahl durch viele künstliche (durch Bohrungen erschrotene) bedeutend vermehrt wurde.

Geologisch wesentlich älter sind die Steinsalzvorkommen des *Salzkammertes*, die durchwegs an der Basis der Triasformation eingelagert, aber zumeist in mannigfaltigster Weise gestört sind. Nebst Steinsalz und Salzton kommen dort auch meist Gips, Anhydrit, Polyhalit und andere Minerale vor, deren Gesamtheit „Hasel“- oder Salzgebirge genannt wird. Die Sole, die sowohl zum Salzsieden als auch zu Heilzwecken (Bädern, Applikationen) benützt wird, gewinnt man in Ischl, Hallstatt, Ebensee, Hallein, Goisern, Aussee, Hall in Tirol dadurch, daß man in das Salzgebirge Hohlräume („Werke“) aussprengt und in diese Wasser leitet, welches die Salze löst, wobei sich die unlöslichen Bestandteile des Gebirges, wie Gips und Ton, am Boden des „Werkes“ ablagern. Wenn dann die Lösung gesättigt ist, wird sie abgelassen. Doch fand und findet ein ähnlicher Lösungs- und Auslaugungsprozeß in diesem alt- (oder permo-) triadischen Salzgebirge auch ohne Zutun des Menschen statt, wie die Kochsalzquellen von Ischl, Hall, Windischgarsten, Enns, im Halltale bei Mariazell, Weißenbach (Gemeinde St. Gallen), sowie verschiedenen anderen Orten der Alpen auch in Dalmatien (Sinj) beweisen, die aber, wenn sie zutage treten, von den Behörden verschlagen werden (z. B. bei Eberstein, Mairist in Kärnten).

Lediglich von der Imprägnierung der klüftigen Küstenkalke durch das Salzwasser der Adria rührt jedoch der Salzgehalt vieler Küstenquellen der Adria her.

Jod- und bromhaltige Wässer.

Diese entstehen in gleicher Weise wie die Kochsalzquellen durch Auslaugung, und zwar jod- und brom-, meist auch kochsalzhaltiger Schichten. Da Jod und Brom besonders von gewissen Meerespflanzen gespeichert werden, dürfen wir in den an diesen Stoffen reichen Schichten, im Gegensatz zu den meist unter abnormen Verhältnissen ausgeschiedenen Steinsalzlagerstätten, reine Meeresabsätze sehen, wie auch die nähere faunistische Untersuchung derselben ergibt.

Solche Schichten liegen besonders im oberösterreichischen jungtertiären „Schlier“ (Bad Hall) vor, wie auch die Welser Bohrungen, namentlich in den oberen Lagen der sandigen Schliermergel, solche Wässer erschroteten.

Aus alters- und faziell fast völlig gleichen jungtertiären Tegeln rührt ferner der Jodgehalt der in Darkau und Zabłacz (bei Schwarzwasser) in Schlesien erbohrten Kochsalzquellen her, wie im Ostrau-Karwiner Steinkohlenrevier, ähnlich wie im oberösterreichischen Schlier, viele Bohrungen auf Kohle in jenen Schichten salz- und jodhaltige Wässer trafen; auch in den unter diesen Tegeln lagernden Schichten der Steinkohlenformation traf man (z. B. in der Gabrielenzeche in Karwin, im Silesiaschacht in Dzieditz und an anderen Orten) solche Jodwässer, und zwar in recht bedeutenden Tiefen (in Oberschlesien über 2000 m). Daß auch dem galizischen Neogen solche Jodquellen nicht fehlen, beweist das Vorkommen von Wola Dębinska östlich Bochnia.

Aus etwas jüngeren, sarmatischen Schichten stammt der Jod- und Bromgehalt der im Untergrunde von Wien erbohrten Salzwässer, ferner auch der mancher mittelsteirischer Sauerlinge, z. B. von Hengsberg, der Emmaquelle von Gleichenberg u. a.

Aus geologisch älteren Schichten dagegen, und zwar aus alttertiären Sandsteinen eingelagertem „Salzton“, stammt der Jod-, Brom-, Bor- und Kochsalzgehalt der Luhatschowitz-Quellen, auch jener von Nezdénitz, die freilich auch durch Kohlensäureexhalationen des südostmährischen Andesitgebietes mineralisiert erscheinen. Einige kleinere Salzquellen (von mit Ausnahme der Kohlensäure ähnlicher Zusammensetzung), wie bei Zlín und Napajedl, lassen indessen erkennen, daß solche Salztone an verschiedenen Stellen den alttertiären Flyschsandsteinen eingelagert sind, und zwar nicht nur wie die bisher besprochenen in Mähren, sondern auch in Galizien bei Rabka, Rajca, Dukla, vielleicht auch Zakliczyn bei Bochnia.

Bitterwässer.

Eine dritte Gruppe von Mineralwässern, die ihren Mineralgehalt der auslaugenden Tätigkeit der Grundwässer verdanken, sind die Bitterwässer.

Bei den nordböhmischen von Püllna, Saidschitz und Sedlitz stammt der Glauber- und Bittersalzgehalt aus den oligozänen Bittersalzmergeln (einem grauen oder bräunlichen Gesteine mit Gipskristallen, Markasitnieren, Dolomit und Kalksteinknollen, Hornstein, zersetztem Basalt) und aus Bittersalz führendem Schwemmlande. Die Bitterwässer treten

hier nicht als Quellen zutage, sondern werden in zum Grundwasser reichenden Brunnen geschöpft.

Ungefähr gleichaltrig, aber nicht in Binnenwässern sondern im Meere abgesetzt, sind die Gips, Dolomit und Pyrit führenden Tone Südmährens, denen die Bitterwässer von Scharatitz, Sternhof, Sokolnitz und Galthof bei Seelowitz, wie auch andere wenig bekannte Wässer in dieser Gegend ihren Salzgehalt verdanken. Diese Gesteinszone läßt sich dem Südwestrande des Karpatenflysches entlang von Seelowitz bis Laa a. d. Thaya (Niederösterreich) verfolgen, wo in ähnlicher Weise in gips- und dolomitführenden „Schlier“-mergeln zirkulierende Wässer Glauber- und Bittersalz enthalten. Schließlich wurde ein Bitterwasser auch im Flyschbereiche selbst, bei Auspitz (mährische Sternquelle) erschlossen; der hier außerdem noch vorhandene Kohlensäuregehalt scheint mit den im Untergrund befindlichen mesozoischen Klippenkalken zusammenzuhängen.

Jungtertiär sind die dem Karpatenflysch in Galizien vorgelagerten, Bittersalz führenden Tone von Morszyn, altmiozän die Andesittuffe von Kassasse (westlich Cilli), aus denen gleichfalls Bitterwasser bekannt wurde.

Aus Schwefelkies führenden, zum Teil dolomitischen Tonen und Plänermergeln der oberen Kreide stammt das Bitterwasser von Kobilitz östlich Neubidschow in Ostböhmen, wie auch manch andere Wässer jener Gegend, die aus pyritischen Priesener Schichten austreten, z. B. Bohdaneč, Strahow (nordwestlich Přeloutsch), Bučina (südsüdöstlich Königgrätz), Jawurka (Ostřetin), Hodeschowitz, Michňowka (südwestlich Dobřenitz), Lukowna (bei Kunětitz). Einen höheren Gehalt an Sulfaten, Chloriden, zum Teil auch Jodiden besitzen besonders die beiden letzteren, die bereits (nach C. v. John) „echte Mineralwässer“ darstellen.

Magnesiahaltig, wenn auch keine Bitterwässer, sind ferner viele Quellen im Bereiche mesozoischer Dolomitgesteine. Auf Dolomite und Sulfate, zum Teil auch Sulfide sind schließlich auch die Tiroler Bitterwässer (Grins, Dreikirchen, Heiligkreuz und Mäders) zurückführbar, wie auch manche Sulfate und Magnesia enthaltende Wässer im Bereiche des mittelböhmischen Paläozoikums (bei Lochowitz, Hořowitz, Jinetz) u. a.

Schwefelquellen.

Nicht so einheitlich und eindeutig erscheint die Entstehung dieser Gruppe von Mineralwässern, obwohl man vielfach geneigt ist, den Schwefelwasserstoffgehalt derselben einfach auf solfatarische Exhalationen zurückzuführen. Doch lehrt uns die Chemie (s. Dr. O. Hackl, 1911), daß aus Sulfaten (besonders Gips) und Sulfiden (besonders Schwefelkies) Schwefelwasserstoff auf recht mannigfaltige Weise entstehen kann und daß unter Berücksichtigung des geologischen Vorkommens der österreichischen Schwefelwässer, wie sich aus nachstehendem ergibt, mindestens für die meisten eine Entstehung aus Schwefel, Gips und Schwefelkies angenommen werden kann.

Direkt aus jungtertiären Schwefel, Gips und Salz führenden Schichten entspringen die Schwefelquellen Galiziens, z. B. bei Swoszowice, Krzezowice, Truskawiec und am Ostabbruch des ostgalizischen Neogens bei Niemirow, Szkło, Lubien wielki und Pustomyty.

Im Bereiche alt- oder permotriadischer, zum Teil von Schwefel durchsetzter Gipsmassen entspringen die warmen und kalten Schwefel- und Schwefelkochsalzquellen des Salzkammergutes (im Haselgebirge, z. B. bei Goisern, Ischl), Tirols (Krekelmoos, Moos bei Sexten, Grins), vermutlich auch die von Lußnitz, Wörschach, Bergfall, Fieberbrunn, Terlan, Vilpian. Auch der Schwefelgehalt der Thermen von Baden bei Wien stammt nach der Beschaffenheit der Fixbestandteile aus in der Tiefe lagernden altriadischen Gipsstöcken, während die anderen Schwefelwässer des Wiener Beckens offenbar anderer Entstehung sind.

Die Chlormagnesium, Chlornatrium und schwefelsaures Natrium führende Schwefeltherme von Deutsch-Altenburg verdankt ihren Schwefelgehalt Gips- (vielleicht auch Pyrit-) und Salzeinlagerungen in den sarmatischen Schichten, ebensowohl auch die Schwefelquelle von Meidling und die Therme von Mannersdorf. Auf Pyritlinsen und -nieren im Leithakalk dagegen ist der Schwefelwasserstoffgehalt mehrerer Brunnenwässer von Vöslau zurückzuführen, wie auch vermutlich jener in analogen geologischen Verhältnissen im niederösterreichisch-mährischen Marchbecken entspringender Schwefelwässer, z. B. bei St. Ulrich—Neusiedel, Alt-Höflein, Poisdorf, Voitelsbrunn, Tscheitsch. Die letzteren treten am westlichen, aus Flyschgesteinen bestehenden Bruchrande des Marchbeckens hervor

und an Längsstörungen im Flysche sind eine Anzahl anderer kleiner Schwefelquellen bekannt geworden, z. B. bei Leopoldstal (Buchlau), Koritschan, Leskowitz, Schüttboritz, Březnitz, Kosteletz bei Stiep, Wisowitz, Groß-Orzechau, Kelnik, Malenowitz, Želechowitz, Prowodau und Luhatschowitz, die wohl durchwegs nur aus lokalen Zersetzungen von Schwefelkies entstanden.

Gleichfalls in Flyschschichten entspringen mehrere der Schwefelquellen V o r a r l b e r g s, wie in Hopfreen, Innerlaterns, Kehlegg, während die von Mehrerau, Hohenems, Röthis, Nofels am Vorarlberger Rheinabbruche zutage treten.

Aus pyritischen Massen dürfte ferner der Schwefelgehalt der Quellen von Ladis, Ob-ladis, Längensfeld, Iselsberg, Groß-Ullersdorf und Jakobeny stammen, die aus kristal-linischen Gesteinen entspringen, in welchen die Anwesenheit von Gipsmassen kaum wahrscheinlich ist.

Auf Kupfer- und Schwefelkiese sind die im Bereiche bituminöser Schiefer der Perm-formation bekannten Schwefelwässer von Forstbad in Nordost- und Libnitz in Süd-böhmen zurückführbar, wie vermutlich auf solche in den Wengener Schichten enthaltene Kiese die Schwefelquellen von Abtei (Pedratsches) und Wengen, vielleicht auch die Schwefel- und Vitriolwässer von Ratzes, auf solche permischen Alters Cavelonte, Schörgau und Mitterbad.

Auch die arsenhaltigen Vitriolwässer S ü d t i r o l s (Roncegno und Levico) entstanden aus zersetzten sulfidischen Erzmassen, wie auch mit Ausnahme der Eisensäuerlinge wohl die meisten Eisenwässer.

Anderer Herkunft dürften jedoch die k ü s t e n l ä n d i s c h e n u n d d a l m a t i n i s c h e n Schwefelkochsalzthermen von Monfalcone, San Stefano, Spalato, vielleicht auch die Schwefelquelle von Ombla—Mokosica sein. Während der Kochsalzgehalt der drei ersten wohl aus der Adria stammen dürfte, ließe sich ihr Schwefelgehalt aus in der Tiefe lagernden schwefelhaltigen bituminösen oder asphaltführenden Schichten der Unterkreide oder Jura-formation erklären, besonders unter Einwirkung der Warmwässer.

Säuerlinge.

Überblicken wir die große Anzahl kohlenensäurehaltiger Mineralwässer Österreichs, so lassen sich die meisten derselben in Gruppen zusammenfassen, in deren Bereiche noch in jungtertiärer (ja nach Meinung mancher Geologen in noch jüngerer) Zeit vulkanische Gesteinsmassen zur Erdoberfläche empordrangen, so daß die seit langem ausgesprochene Ansicht, daß der Kohlenäuregehalt dieser Wässer auf vulkanische Gasexhalationen zurück-zuführen sei, sehr verständlich wird. Wohl treten die Säuerlinge nicht oder nur selten im Bereiche dieser tertiären Lavamassen selbst zutage, sondern meist in der weiteren Um-randung derselben; doch wäre auch dies bei Annahme der obigen Erklärung verständlich, wenn man bedenkt, daß bei den zutage getretenen oder durch Denudationsvorgänge bloß-gelegten Magmamassen die Entgasung eben schon in früherer Zeit erfolgte, während sich im Bereiche der jetzigen Sauerwässer die Entgasung auf den oft in beträchtliche Tiefen hinab-reichenden Spalten allmählich vollzieht.

Freilich fehlt es auch nicht an Gegnern dieser Auffassung, von denen besonders R. L e p s i u s (1908) die Kohlenäureausströmungen nicht als vulkanische Entgasungsvor-gänge deutet, sondern lediglich durch Entgasung in die Tiefe gesunkener Kalksteinmassen durch Einwirkung der besonders im Untergrunde vulkanischer Gegenden herrschenden hohen Temperaturen.

Je nachdem nun kohlenensäurehaltige Wässer Gelegenheit haben, im Laufe ihrer Zirku-lation an Alkalien, Chloriden, Eisen, Sulfaten oder Karbonaten reiche Gesteinpartien zu pas-sieren, werden sie verschiedene Stoffe gelöst enthalten; und da Gesteine der verschiedensten Zusammensetzung oft mehrfach ineinandergefügt sind, erklärt sich der oft mannigfache Mineralgehalt einzelner Quellen wie auch die bisweilen ganz verschiedene Zusammensetzung mancher ganz nahe beieinander entspringender Quellen.

I. Nordwestböhmisches Eruptivgebiet.

Die größten Massen jungtertiärer Vulkangesteine in Österreich finden sich im nordwest-lichen Böhmen und zwar im böhmischen Mittel- und Duppauer Gebirge. Entlang dem Süd-rande des Erzgebirges sanken zwischen Elbe und Fichtelgebirge im Alttertiär große Massen von kristallinen Gesteinen in die Tiefe, und die sich so bildenden Vertiefungen wurden

in der Oligozän- und Miozänformation zu weiten Süßwasserbecken, deren Absätze uns in den braunkohlenführenden Tonen, Sanden und Sandsteinen der Tertiärbecken von Aussig—Teplitz—Brüx—Komotau, Karlsbad—Falkenau und Eger vorliegen. Im Karlsbader und Kaiserwaldgebirge sind noch Reste aus dem sonst größtenteils abgesunkenen Südflügel der breiten Erzgebirgsfalte erhalten.

Außerdem drangen während des mittleren und jüngeren Abschnittes der Tertiärzeit, vereinzelt auch noch später, im Bereiche dieser Einbruchzone vulkanische Massen empor — die Basalte, Phonolithe, verschiedenen Gang- und Tiefengesteine jener Gebiete. An und nahe den Rändern dieses eingebrochenen Gebietes nun treten die meisten wichtigen Thermen und Sauerlinge Nordwestböhmens hervor, vor allem an einer dem Erzgebirgssüdrande entsprechenden, durch Aussig—Teplitz—Karlsbad—Franzensbad bezeichneten Spaltenzone, der „böhmischen Thermalpalte“; sie lassen deutlich erkennen, daß hier auch jetzt noch tiefreichende Spalten vorhanden sind und daß anscheinend als letzte Nachwirkungen vulkanischer Tätigkeit Exhalationen vulkanischer Gase, vor allem von Kohlensäure, stattfinden. Denn gerade hier sucht man vergeblich größere Kalksteinmassen, welche in die Tiefe gesunken sein könnten, und die wenig bedeutenden Einlagerungen kristalliner Kalke in den kristallinischen Schiefen des Erzgebirges würden in keiner Weise die gerade hier so großen Kohlensäuremengen erklären können.

Am Nordrande der „böhmischen Thermalzone“ treten nach *L a u b e* die Eisenwässer von Bodenbach und Oberleutensdorf zutage, am Südrande folgen dann im Verlaufe derselben die Therme von Teplitz, die Sauerlinge von Bilin, Brüx, Tschachwitz, Klösterle, Krondorf, Gießhübl Sauerbrunn, von hier über Karlsbad bis Schaben bei Falkenau nach *L a u b e* elf Sauerlinge. Über Schaben und Königsberg hinaus streicht dann eine Fortsetzung der Hauptspaltenrichtung quer durch das Egerer Tertiärbecken, daselbst gekennzeichnet durch die Sauerlinge von Kotigau, Nebanitz, Förba, Langenbruck, wo bereits das Franzensbader Moor mit seinen Sauerlingen beginnt.

Hier im Egerer Tertiärbecken und an seiner Umrandung treten besonders viel meist reihenförmig angeordnete Sauerlinge und Kohlensäureexhalationen zutage, wohl zweifellos, weil hier die „böhmische Thermalzone“ von einer weiteren bedeutenden Klüftungszone gequert wird, welche dem westlichen Abbruche des Erzgebirges und des Kaiserwaldes entspricht, und, wie die kolossalen Quarzgänge erkennen lassen, in früheren Erdperioden eine gewaltige Thermalzone bedeutete. So sind in der Umgebung der Soos (nordöstlich von Franzensbad) zahlreiche Sauerbrunnen bekannt bei Rohr, Höflas, Ensenbruck—Fehla und nördlich davon bei Grün, Dürr, Neudorf; am Westrande des Egerer Beckens bei Oberlohma, Lebenstein, nahe seinem Nordrande bei Steingrub (Fuchshäuser) und Fleissen (Kohlmühle), Brambach, Niederreuth und Asch; parallel dem Ostrand bei Mühlgrün, Bruck, Mühlessen, Watzgenreuth, Hartessenreuth, Nebanitz—Kotigau, Grün und vermutlich in der südlichen Fortsetzung dieser Linie über das Tertiärbecken hinaus bei Hammer und Neu-Albenreuth; am Ostrand des Beckens selbst sind Sauerlinge bekannt bei Neukirchen, Berg, Frankenhau, Katzengrün, Pochlowitz, Leimbruck, Konradgrün und in der südlichen Verlängerung desselben am Abbruch des Kaiserwaldes in kristallinischen Gesteinen bei Zeidlweid, Markusgrün, Ammonsgrün, Königswart, Marienbad, Untergramling, Konstantinsbad bei Plan.

Parallel zur „böhmischen Thermalzone“ verlaufen noch manch kleinere Spalten; außer der erwähnten von Asch und der von „Soos“ besonders die durch die Sauerlinge von Sangersberg, Neudorf-Grün bei Petschau gekennzeichnete. Parallel dem Kaiserwaldabbruche verläuft vor allem die Hauptquellspalte von Karsbad.

II. Die Sauerlinge der Sudeten.

Ein zweites, jetzt erloschenes Eruptivgebiet, in welchem im Jungtertiär und vielleicht auch noch später Basalte empordrangen, ist in den mährisch-schlesischen Sudeten bekannt. Die größten Massen drangen hier in der Gegend zwischen Freudenthal und Bärn-Bautsch hervor, doch sind isolierte Basaltdurchbrüche auch aus der Gegend von Ostrau, Troppau, Jägerndorf und weit aus Oberschlesien bekannt. Es erscheinen daher nicht nur die Sauerlinge und Kohlensäureausströmungen im Bereiche dieses Gebietes mit der einstigen vulkanischen Tätigkeit im Zusammenhange wie bei Bärn-Andersdorf, Domstadtl, Johannisbrunn, Alterbersdorf, Raase, Spachendorf, Mohrau u. s. w., sondern auch die weiter entfernten bei Tscheschdorf (Sternberg), Moschténitz und Předměst bei Prerau, Teplitz bei Weißkirchen, Deutsch-Jaßnik, wie auch die Eisensäuerlinge des Altvatergebirges in Karlsbrunn, Ludwigsthal, Dürrseifen u. a.

Von den zwischen diesem Eruptivgebiete und jenem Nordwestböhmens zutage tretenden Sauerlingen lassen sich einige, wie die von Liebwerda im Isergebirge, Perutz und Mscheno, sicher noch mit basaltischen Durchbrüchen in Zusammenhang bringen, bei anderen, wie jenen der Nachoder Gegend (Bélowes, Hronow, Trschitz) ist dies wohl wahrscheinlich. Einige vereinzelte, wie der am Ostbruchrande der Boskowitzter Furche empor tretende Sauerling von Ranigsdorf bei Mährisch-Trübau, an dessen Quellspalte im Norden auch die Schwefelquelle von Lichtenbrunn bekannt ist und hier sowie weiter im Norden bei Reichenau alte Kalktuffe vielleicht auf mehrere hier einst bestandene Sauerlinge hindeuten, scheinen jedoch lediglich der Zersetzung sulfidischer Erze und Karbonate ihre Entstehung zu verdanken.

III. Die karpatischen Sauerlinge.

In ähnlicher Weise, wie in den Sudeten und in Nordwestböhmen, befinden sich die drei bukwiniſchen Eisensäuerlinge in Dorna Watra, Dorna Kandreny und Pojana Nergeri in der Nähe größerer jungtertiärer Eruptivmassen, hier der Andesite an der bukowinisch-siebenbürgisch-rumänischen Grenze; die beiden letzteren treten im Bereiche eozäner Kalke und Sandsteine zutage, der eisenreichste dagegen inmitten von alten kristallinen Gesteinen, die wohl auch die Eozängesteine unterlagern.

Die galizischen Sauerlinge treten durchwegs im Bereiche eozäner Sandsteine und Mergel hervor; in der nächsten Umgebung mancher, wie bei Szczawnica und Krościenko, sind auch junge Andesitdurchbrüche bekannt, aus der näheren Umgebung anderer, wie der von Szczawnica an sich ostwärts erstreckenden, z. B. Zegiestow, Krynica, Wysowa, Tylicz, Muszyna (Szczawnik, Jastrzębik), Kulaszne—Szczawne, kennt man obertags bisher solche noch nicht. Die Eisensäuerlinge von Borkut treten wohl auch im alttertiären Sandsteine zutage, doch schon nahe dessen Grenze gegen kristalline Gesteine, die auch anscheinend die Sandsteine unterlagern. Immerhin können dieselben wohl durchwegs als mit den Andesit-eruptionen der Karpaten zusammenhängend und ihr Kohlensäuregehalt wohl am ehesten als aus magmatisch kontaktveränderten mesozoischen Kalken stammend aufgefaßt werden.

Noch deutlicher ist der Zusammenhang mit jungtertiären Andesiten (und zwar der Gegend von Boikowitz—Banau—Hrosenkau) bei den südöstlichen Sauerquellen ersichtlich. Im Bereiche und in der Umgebung der erwähnten Andesite treten nämlich Sauerlinge zutage bei Strany—Blumenbach, Korytna, Suchaloza, Hluk, Zahorowitz, Nezenitz und Luhatschowitz, von denen die beiden letzteren und besonders die Luhatschowitzter Quellen relativ beträchtliche Mengen der in manchen Partien der Eozänflyschmergel und -tone vorhandenen Salze (Kochsalz, Brom und Jod) enthalten.

IV. Die oststeirischen Sauerlinge.

Auch die mittel(ost)steirischen Mineralquellen stehen in innigem Zusammenhange mit jungtertiären Eruptivgesteinen, die hier am östlichen Abbruche der Ostalpen gegen die kleine ungarische Tiefebene und die südlich derselben sich ausdehnende, aus Neogenschichten bestehende Plateaulandschaft zutage traten. Es sind dies einerseits die im Obermiozän (sarmatische Stufe) emporgequollenen Trachyte (in der Mitte) und Andesite sowie Liparite (am Rande) von Gleichenberg, andererseits im Pliozän hervorgebrochene Basalte, die sich in einer Zone zwischen Mur und Raab und über diese hinaus erstrecken. Diesen basaltischen Gesteinen verdanken wohl zweifellos die Gleichenberger Quellen den großen Gehalt an Alkalien, während die muriatischen Bestandteile wie auch der an manchen Quellen (z. B. an der Emmaquelle) beobachtete Jodgehalt aus den Neogensedimenten stammen.

Nur der Klausener Eisensäuerling tritt am Nordrande der Trachytandesitmasse hervor, die übrigen (alkalisch-muriatischen) Gleichenberger Sauerlinge entspringen am Südrande derselben in einer Zone, die nach Clar vom Mühlsteinbruch über den Maria Theresia-Brunn zum Johannisbrunnen verläuft. Beiderseits der von hier bis Radkersburg sich erstreckenden Basaltkuppen sind Mineralquellen (vornehmlich Sauerlinge) bekannt, und zwar um den Basaltzug des Hochstraden: bei Dirnbach, Karbach, Neusetz, Neustift, Laasen, Klapping, Hochstraden; um den Klöcher Kindsberg: bei Pichla, Klöch, Gruisla. Die fast nord-südlich streichenden Spaltenzonen setzen sich auch jenseits der Mur fort, indem einer Zone die Sauerlinge von Wöritschau und Radein angehören, einer anderen die zum Teil weniger bedeutenden Sauerlinge des Stainztales und Quellen von Negau, z. B. Sulzdorf, Pfefferdorf, Eibersdorf, Windisch-Radersdorf, Meichendorf, beim Wudischak und mehrere andere in den windischen Büheln.

Auch das Neogengebiet zwischen der durch die Gleichenberger Eruptivmassen gekennzeichneten Bruchzone und dem innersten Bruchrande des oststeirischen Neogens, an dem die Therme von Tobelbad, die Sulzegger Sauerlinge und jene von Hengsberg hervortreten, ist von verschiedenen staffelförmigen Brüchen durchsetzt, wie die Sauerlinge von Kalsdorf, St. Ulrich u. a. beweisen.

V. Die südsteirischen Sauerlinge.

Weit weniger umfangreich sind die Andesite, welche die Mergel und Sandsteine des südsteirischen Mitteltertiärs durchbrechen, z. B. bei Gabernigg und Kostreinitz. Daß nicht nur die Sauerlinge dieser beiden Orte als Nachwirkungen der jungtertiären Eruptionen aufzufassen sind, sondern auch jene von Rohitsch-Sauerbrunn, beweisen die anlässlich neuer Aufschlüsse im Untergrunde von Rohitsch selbst festgestellten Andesite.

VI. Die Sauerwässer von Nordsteiermark, Kärnten und Tirol.

Außer den im vorstehenden angeführten Sauerlingsgruppen finden sich im Bereiche der Alpen noch vereinzelt einige weitere, in deren Nähe man keine jungtertiären Eruptivmassen kennt; auch sie treten meist an auffälligen Bruchzonen zutage. In Nordsteiermark sind es die Sauerlinge von Fentsch, Talheim (Pöls)—Rotenturm, Zlatten—Mautstadt; in Kärnten die von Kliening—Weißebach und Preblau—Linselmühle, die Sauerlinge des Liesertales zwischen Lieserhofen und Gmünd, die Römerquelle und der Fettengupfer Sauerling, die Sauerlinge von Vellach—Anko—Sulzbach, von Ebriach—Carinthiaquelle; in Tirol vor allem Ladis—Obladis—Prutz, Medraz, Rabbi—Pejo.

Für diese liegen keine Anhaltspunkte vor, ihren Kohlensäuregehalt als Exhalationen in der Tiefe lagernder vulkanischer Massen aufzufassen, wenn dies auch keineswegs ausgeschlossen ist. Derzeit scheint es wahrscheinlicher, ihren Kohlensäuregehalt aus Karbonatgesteinen durch magmatische Hitzewirkung oder Einwirkung zersetzter sulfidischer Erzmassen herzuleiten. Die letztere Deutung hat besonders für Sauerlingsgruppen viel für sich, welche wie die Lieser- und Lavanttaler, auch Nordtiroler mit Schwefelwässern im Zusammenhang stehen. Außer bei diesen ist dies, wie im vorstehenden schon erwähnt wurde, auch beim Ranigsdorfer Sauerling (Nordmähren) der Fall, vermutlich auch bei den Eisensauerlingen von Mödling und Pyrawarth (Niederösterreich), die ja inmitten mehrerer Schwefelquellen des Wiener und Marchbeckens emportreten.

Nähere geologische Angaben über die balneologisch in Betracht kommenden Mineralquellen wie auch über die verschiedenen Kurorte und Heilanstalten sind im lexikographischen Teile dieses Bäderbuches enthalten. Zum leichteren Verständnis der dort gebrauchten stratigraphisch-geologischen Ausdrücke füge ich für Nichtgeologen folgende tabellarische Übersicht der geologischen Formationen bei:

Känozoische Periode oder Neuzeit der Erd- geschichte	Quartär- formation	Jungquartär, Alluvium, Schwemmland etc.	
		Altquartär, Diluvium, Glazialbildungen wie Moränen, Terrassenschotter u. s. w.	
	Tertiär- formation	Pliozän	} Jungtertiär oder Neogen
		Miozän	
Oligozän Eozän		} Alttertiär oder Paläogen	
Mesozoische Periode oder Mittelalter der Erdgeschichte	Kreide- formation	Senonstufe	} Oberkreide
		Turonstufe	
		Zenomanstufe	} Unterkreide
		Neokomstufe Gaultstufe	
	Jura- formation	Malm oder oberer Jura	} obere Trias
		Dogger oder mittlerer Jura	
		Lias oder unterer Jura	
	Trias- formation	rhätische Stufe	} obere Trias
		norische Stufe	
		karnische Stufe	} mittlere Trias
ladinische Stufe			
anisische Stufe (Muschelkalk)			
		skythische Stufe oder Werfener Schichten, untere Trias	

Paläozoische Periode oder Altertum der Erdgeschichte	{ Permformation (Bellerophonkalk, Grödener Sandstein) Karbonformation (produktive Steinkohlenformation, Kulm) Devonformation Silurformation Kambriumformation
Archäische Periode oder vorgeschichtliche Zeit der Erdgeschichte	{ Kristallinische Schiefer (Gneise, Glimmerschiefer, Urtonschiefer oder Phyllite). Kristallinischer Kalk, Granite u. s. w., doch ge- hört nur ein Teil dieser Gesteine diesen ältesten Zeiten an, da durch intensive Druck- und Hitzewirkung auch Gesteine ver- schiedener paläo- und mesozoischer Formationen zu kristal- linischen Gesteinen umgewandelt wurden
