

Juveniles und vadoses Wasser.

Von Professor Dr. Rudolf Hoernes.

Aus dem Geologischen Institut der Universität Graz.

(Schluß.)

Sueß wendet sich nun zur Betrachtung jener warmen und oft mitten im alten Granit- oder Sedimentär-Gebirge liegenden Quellen, welche die große Mehrzahl der europäischen Heilquellen ausmachen. Er erwähnt einen schon im Jahre 1847 von Elie de Beaumont geäußerten Satz:

„Die Mineralquellen treten gewöhnlich in Gruppen auf, in deren jeder eine oder mehrere Hauptthermen vorhanden sind, welche angesehen werden könnten als Vulkane, die der Fähigkeit beraubt sind, andere Produkte als gasförmige Emanationen zu fördern, welche bei weitem in der größten Zahl der Fälle

nur in kondensiertem Zustande als mineralisches oder thermales Wasser die Erdoberfläche erreichen.“⁽⁸⁾ „Aber“ — bemerkt S u e ß — „die mäßigeren Temperaturen, denn es wird kaum irgendwo der Siedepunkt erreicht, sowie die Entfernung von jungen Vulkanen haben noch mehr als bei den Vulkanen das Bestreben angeregt, die thermalen Vorkommnisse durch vadose Infiltration und hydrostatischen Auftrieb zu erklären.“ Er erinnert dann an ein sinnreiches Experiment, welches D a u b r é e zu diesem Zweck eronnen hat und hebt dann hervor, daß gerade in der Umgebung von K a r l s b a d die Natur einen tiefen und für die aufgeworfenen Fragen entscheidenden Einblick in die Werkstätte erlaube. Das Erzgebirge, zu welchem auch der Granit von Karlsbad gehört, ist von zahlreichen Gängen durchschnitten, d. i. von Spalten, welche angefüllt sind bald mit Quarz oder Hornstein, bald mit Erzen verschiedener Art, von denen das Gebirge den Namen trägt. Vor mehr als 40 Jahren hat bereits H e r m a n n M ü l l e r die Bedeutung der Erzgänge für die Erklärung der thermalen Erscheinungen erkannt und in einer Abhandlung „Über die Beziehungen zwischen Mineralquellen und Erzgängen im nördlichen Böhmen und Sachsen“⁽⁹⁾ erörtert. Auch S e e g e r hat in einem Vortrage auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Karlsbad 1862 den Zusammenhang zwischen Thermen und Erzgängen hervorgehoben. S u e ß aber leitet aus ihm den unwiderleglichen Nachweis der juvenilen Natur der Karlsbäder Wässer ab. Er erinnert zunächst daran, daß die heißesten Fumaralen der Vulkane trocken sind und ihre Absätze daher die Merkmale von Sublimationen haben müssen. Alle späteren, namentlich auch schon die sulfidischen Fumaralen sind von Wasserdampf begleitet und ihre Ablagerungen werden geschichtet oder zonenförmig übereinander gelagert sein können; in der Reihenfolge dieser letzteren Absätze kommt vor allem die leichtere Löslichkeit der Verbindungen zum Ausdruck.

Die Lagerstätten von Z i n n e r z wie Schlackenwald, Altenberg, Zinnwald sind ebenso wie die Zinnvorkommnisse von Cornwall durch Sublimation erzeugt, während die Spuren thermaler Bildung nur sehr ausnahmsweise auftreten. D a u b r é e hat nachgewiesen, daß sie durch gasförmige Emanationen von Fluor, Chlor und Bor erzeugt worden, also von solchen, welche heute die trockensten, heißesten Fumaralen kennzeichnen. Auf der Insel Vulcano haben die Fumaralen Anlaß zur Gewinnung von Borsäure und Chlorammonium gegeben. Aus ihren Absätzen konnte B e r g e a t fast alle bezeichnenden Elemente der Zinnlagerstätten anführen wie Lithium, Zinn, Wismut, Bor, Phosphor, Arsen und Fluor. S u e ß hebt hervor, daß die Zinnerz-lagerstätten nicht tief, wohl meistens nur einige hundert Meter in den Granit hinabreichen, dann vertauben sie, an mehreren Punkten aber treten in der Tiefe an ihre Stelle sulfidische Erze, und zwar zumeist Kupferkies und Zinkblende, oft auch

Arsenkies, so zwar daß der Bergmann von einem z i n n e r n e n Hut über sulfidischen Gängen spricht. Die Zinnerz-lagerstätten deuten also auf die heißesten, in der Temperatur jenseits der thermalen und in ihrem überwiegenden Teil sulfidischen Phasen der Gangbildungen. Im Gegensatz dazu macht S u e ß als Vertreter der allerjüngsten Phase der langen Reihe überaus mannigfaltiger Vorgänge, welche die heutigen Erzgänge bildeten, die T h e r m e n namhaft, welche da und dort a u f G ä n g e n erschroten wurden. In Joachimsthal wurde 1864 eine Therme von 28,7° auf dem Einigkeits-Schachte angefahren, in Sachsen hat man zu wiederholten Malen auf den Erzgängen aufsteigende Wasser von 20 bis 25° angetroffen. Auch freie Kohlensäure und eine durch Gas pulsierende Quelle sind in diesen Bergbauen bekannt. Die meisten dieser Quellen sind alkalisch und manchmal auffallend reich an Chlornatrium. So wurde bei Altensalza unweit von Plauen in der Grauwacke auf einem Bau auf Kupfer und Blei eine an Kochsalz so reiche Quelle erschroten, daß im 17. und 18. Jahrhundert aus ihr Salz gesotten wurde.

„Auf diese Art“ — sagt S u e ß — „zeigen uns die Erzgänge als Extreme auf einer Seite den zinnernen Hut und auf der anderen Seite die von freier Kohlensäure begleiteten alkalischen Thermen. Der Bergbau gestattet, die Spuren der äußersten Form der jenseits 500° liegenden Fumarole und auch das laue kochsalzreiche aufsteigende Wasser wahrzunehmen.“

„Karlsbad liegt auf dem Ausgehenden eines Ganges. Aus diesem Umstand ergibt sich die Bedeutung der Beobachtungen in den Bergwerken.“ Die heißen Quellen liegen innerhalb eines etwa 1800 m langen und 150 m breiten Streifens, dessen Richtung nach Rosival Nord 34° West oder hora 9·44' des 24 stündigen Zifferblattes des bergmännischen Compasses ist. Das Quellsystem schneidet zweierlei Varietäten von Granit in gerader Linie, auf einer gewissen Strecke ist es von den eigenen Kalkabsätzen, der Sprudelschale bedeckt, in der Tiefe aber sieht man einen älteren Quellabsatz, nämlich Hornstein, welcher zahlreiche Blöcke von Granit zu einer Breccie verbindet. S u e ß erwähnt, daß H a i d i n g e r schon 1854 zeigte, daß der Hornstein des Militär-Badehauses von Schwespat und Pyrit begleitet ist, obwohl die Analysen kein Baryum in den Thermen nachweisen konnten, daß ferner wie W a r n s d o r f vor vielen Jahren nachwies, die Quellen von M a r i e n b a d gleichfalls auf Hornstein und Quarzgängen der Richtung Nord 9—10 hervortreten und sich H e r m. M ü l l e r in der bereits oben angeführten Abhandlung darauf berufen konnte, daß auch der Säuerling von G i e s h ü b e l neben einem hora 10 steigenden Hornsteingang hervortritt. Solche gegen Nordwest oder Nord-Nordwest streichende Gänge, welche sich von Abend der Mitternacht nähern, nennt der sächsische

Bergmann „späte“ oder Spatgänge und darum hat H. Müller-Karlsbad, Marienbad und Gieshübel als Spatgänge bezeichnet.

Sueß zeigt nun, daß diese Beziehungen der Thermen zu den Erzgängen auch für die Beurteilung der chemischen Zusammensetzung der ersteren maßgebend ist. Er bemerkt, daß der Versuch, die Fällung der Erzgänge durch Auslaugung der Nachbargesteine zu erklären, einer genauen Prüfung, wie sie vor allem durch Stelzner angestellt wurde, nicht Stich hält und daß die Fällung auf diesem Wege und ohne Zutrag aus der Tiefe nicht erklärt werden kann. Ähnlich verhält es sich mit den Thermen von Karlsbad: „Am Vesuv konnten wir wegen der Nähe des Meeres anfänglich im Zweifel bleiben, ob das Kochsalz nicht aus einer marinen Infiltration stamme. Aber hier, mitten im Festlande, findet man das Kochsalz wieder, sowohl in Thermen, welche der Bergbau auf Erzgängen erschlossen hat, als auch in Karlsbad. Die aus der Tiefe stammenden Stoffe erscheinen in der Form der am leichtesten löslichen Verbindungen, während andere, leichter sich abscheidende, namentlich metallische Verbindungen in der Tiefe zurückbleiben. Dieses ist die Bedeutung der Mengen von Glaubersalz, Soda und Kochsalz, welchen die Heilkraft unserer Quellen in erster Linie zugeschrieben wird. Die große Menge halbgebundener und freier Kohlensäure ist ohne Zweifel juvenilen Ursprungs. Wir wissen, daß sie einer späten Phase vulkanischer Emanation entspricht; hier folgt sie dem Zuge der Basalte. Betrachtet man aber nicht die Verbindungen, sondern die Elemente, die in den Karlsbader Thermen vertreten sind, so zeigen sich auch die Anzeichen der anderen Phasen. Chlor, Fluor, Bor und Phosphor sind aus der heißesten Phase anwesend, während die Metalle dieser Phase (Zinn, Wismut, Molybdän u. a.) fehlen. Schwefel ist vorhanden, daneben Selen und Thallium, Rubidium und Cäsium, die Begleiter der sulfidischen Vorkommnisse in verschiedenen Vulkanen und namentlich auf Vulcano, ebenso Arsen und Antimon, die gewöhnlichen Begleiter der sulfidischen Erze und auch Zink als eine Spur der Erze selbst. Bemerken wir noch das Auftreten von Ameisensäure; diese Verbindung wurde z. B. von Fouqué in den Fumarolen der Insel Santorin angetroffen. Nun bleiben noch Natrium, Kalium, Lithium, Kalzium, Magnesium, Strontium, (Baryum nur im Hornstein), Eisen und Mangan, Aluminium und Silizium. Unter diesen ist kein Stoff, der nicht aus den Erzgängen, und kaum einer, der nicht auch aus den Vulkanen bekannt wäre. Da sie aber zugleich im Granit vorkommen, kann Meinungsverschiedenheit darüber entstehen, welche und wieviel von ihnen nicht aus der Tiefe, sondern durch Auslaugung des Nachbargesteins in die Thermen gelangt seien. Bei der sonstigen Mannigfaltigkeit des Zutrages aus der Tiefe ist dies aber eine Frage zweiter Ordnung.“ — Die ausführliche Wiedergabe dieser Erörterung des chemischen Bestandes der

Karlsbader Quellen war notwendig, da sie den wesentlichen Beweis für die Richtigkeit der Sueß'schen Thermaltheorie darstellt. Mit Recht sagt Sueß auf Grund dieser Erörterung: „Wir müssen die Zweifel, welche bei Voraussetzung einer vadosen Entstehung der Karlsbader Quellen Laube in betreff der großen Wassermenge und der großen Menge kohlen-sauren Kalkes, Rosiwal in betreff der Herkunft der freien Kohlensäure aussprachen, als berechtigt anerkennen, und ebenso Ludwig und Mauthner in dem Ergebnis zustimmen, daß der Hauptreichtum der festen Bestandteile nicht aus dem umgebenden Gestein, sondern aus dem unbekanntem Erdinnern stamme.“ Gerade die chemische Beschaffenheit des Thermalwassers ist der sicherste Beweis für den Sueß'schen Ausspruch: „Das Wasser des Karlsbader Sprudels ist juveniles Wasser.“

Wie bereits oben erwähnt, ist jedoch die Richtigkeit dieses Ausspruches durch einen der namhaftesten deutschen Geologen, der sich vielfach gerade mit der Untersuchung von Mineralquellen und Thermen beschäftigte, bestritten worden. R. Lepsius sagt:¹⁰⁾ „Ich leite das Wasser der tiefen Quellen vom Regen ab und teile nicht den geistreichen, aber praktisch unbrauchbaren Gedanken von E. Sueß, daß die tiefen Quellen ihr Wasser und ihre gelösten Bestandteile als „juveniles“ Wasser aus dem erkaltenden Magma des Erdinnern beziehen. E. Sueß ging bekanntlich mit dieser Idee von den warmen Quellen von Karlsbad in Böhmen aus; diese Karlsbader Quellen entfließen einem Spaltensystem im Granit, da wo der Tepflaß mit seinem tiefen und gewundenen Erosionsbett dieses geradlinig von SO nach NW verlaufende Spaltensystem durchschnitten hat; etwa 25 Quellen sind gefaßt oder bekannt (es könnten in dem Spaltensystem noch viel mehr gefaßt werden; ihre Wärme liegt zwischen 37 und 73° C., sie setzen viel kohlen-sauren Kalk ab. Es ist unmöglich zu denken, daß alle die Alkalien, Erden, Metalle, Säuren, die ansehnlichen Mengen von Chlor und von Kohlensäure dem Granit oder einem Silicatmagma des Erdinnern entstammen sollten. Wir kennen Ausflüsse von einer derartigen Zusammensetzung aus den jetzigen vulkanischen Gesteinen nicht. Ich möchte vielmehr annehmen, daß die Karlsbader Granitplatte überschoben ist über ein altpalaeozoisches (Silur-Cambrium) Schiefergebirge, wie es südwestlich von Karlsbad bei Falkenau und Eger zutage tritt, und wie es nördlich von Karlsbad als Grundlage des Kreidebeckens und des böhmischen Mittelgebirges nachgewiesen worden ist. Aus den silurischen Kalksteinen könnten die Karlsbader Quellen ihren hohen Gehalt an Kalk und an Kohlensäure entnehmen, ein Gehalt, der weder aus dem Granit noch aus dem Magma im Erdinnern herrühren kann.“ Diese Hypothese krankt an zwei wesentlichen Gebrechen. Erstlich ist die zu ihren Gunsten gemachte Annahme einer großen Überschiebung des Karlsbader Granites über eine palaeo-

zoische Unterlage in Widerspruch mit allen Tatsachen, die uns bisher über die Tektonik des Erzgebirges bekannt sind, zweitens ist die Behauptung, daß die chemische Beschaffenheit der Karlsbader Quellen gegen deren Abstammung aus magmatischen Tiefen spreche, wie wir oben gesehen haben, vollkommen falsch. L e p s i u s vermeidet es, auf die übrigen Bestandteile der Thermen näher einzugehen — er müßte ja sonst die so oft auch von anderer Seite lange vor S u e ß dargelegten Analogien zwischen der chemischen Beschaffenheit der Thermen, den Erzlagerstätten und den vulkanischen Emanationen einer eingehenden Würdigung unterziehen, die kaum imstande wäre, ein seine Hypothese stützendes Ergebnis zu liefern; — er beschränkt sich darauf in seinen „Notizen zur Geologie von Deutschland“ lediglich die Herkunft der Kohlensäure in den tiefen Quellen zu erörtern.¹¹⁾ Schon 1900 hatte L e p s i u s in einer Schrift über den neuen Nauheimer Solsprudel die Kohlensäurequellen der Wetterau und des Niederrheinischen Schiefergebirges auf die Zersetzung von kohlensaurem Kalk zurückgeführt. Er sagt daselbst:¹²⁾ „So gewaltige Massen von Kohlensäure, wie sie alle diese Quellen und vor allem die Nauheimer Sprudel zutage fördern, können nur dadurch frei werden, daß Kalksteine in der Erdtiefe durch die heiße Lava oder durch die hohe Temperatur, welche die Erde in gewisser Tiefe besitzt, zersetzt und die kohlensauren Kalkgesteine in kieselsaure Gesteine (z. B. in Kalksilikathornfels, in kieselsaure Grauwacken aus Kalksandsteinen) umgewandelt werden. Wir finden daher, daß Kohlensäurequellen in der Regel mit einer vulkanischen Periode im Zusammenhang stehen, so in der Eifel mit den dortigen pliozänen Vulkanen, in der Wetterau mit den ebenfalls pliozänen Basaltausbrüchen des Vogelsberges. Und wir finden zweitens, daß im Bereiche des Niederrheinischen Schiefergebirges hauptsächlich in den Gegenden Kohlensäure entwickelt wird, wo Schollen von Kalksteinen (besonders der mitteldevonische Stringocephalenkalk) in tiefen Brüchen liegen — so in der Eifel und in der Wetterau. Bei den großen Überschiebungen, welche im Niederrheinischen Schiefergebirge vorhanden, aber nur zum kleinen Teile erst bekannt sind, dürfte der Fall nicht selten vorliegen, daß die devonischen Kalksteine in der Tiefe vorhanden sind, während an der Oberfläche ältere oder jüngere Stufen überschoben wurden.“ Der Grundgedanke dieser Hypothese ist keineswegs neu. Schon B i s c h o f hat ihn vor vielen Jahren ausgesprochen, als er zur Erklärung der so sehr verbreiteten Kohlensäure Emanationen chemische Prozesse in der Tiefe: die Zerlegung des Kalkes durch Kieselsäure bei Gegenwart von überhitztem Wasser annahm.¹³⁾ L e p s i u s hat hierzu die Berufung auf die großen Gebirgsüberschiebungen gefügt, von denen bereits oben gesagt wurde, daß sie in der Regel auf die obersten Teile der Erdrinde beschränkt sein dürften. Es muß als sehr unwahrscheinlich be-

zeichnet werden, daß die überaus verbreiteten Kohlensäure-Emanationen allenthalben, wie L e p s i u s will, aus Kalksteinen herrühren sollen, die durch tektonische Vorgänge, Grabenbrüche und Überschiebungen in so große Tiefen der Erdkruste abgesunken wären, daß sie durch die innere Erdwärme zersetzt und in Kalksilikatgesteine umgewandelt sein könnten. L e p s i u s will sogar zugunsten seiner Hypothese das häufige Vorkommen von Kohlensäure in vulkanischen Emanationen in Abrede stellen. Er sagt in seiner Erörterung über die Herkunft der Kohlensäure in den tiefen Quellen: „Daß das erkaltende Magma so große Kohlensäuremengen, wie hier im Niederrheinischen Schiefergebirge oder in der Wetterau aus der Erdtiefe zutage treten, ausscheiden sollte, halte ich für ausgeschlossen, weil aus den jetzigen Vulkanen und Laven selten und dann nur geringe Mengen von austretender Kohlensäure nachgewiesen werden konnten.“ Demgegenüber sei daran erinnert, daß bei den Eruptionen des Vesuv zumeist starke Kohlensäure-Emanationen stattfanden. So sah man am 10. Dezember 1861 an den öffentlichen Brunnen zu Torre del Greco eine außergewöhnliche Zunahme des Wassers, mit Kohlensäure gemengt. Mit solcher Gewalt strömte aber die Kohlensäure aus dem Boden, daß sie die schweren Platten des Straßenpflasters aufzuheben imstande war.¹⁴⁾ Ebenso mag auf die zahlreichen Kohlensäure-Emanationen der phlegräischen Felder verwiesen werden. Nun sagt freilich L e p s i u s, daß in Gegenden, in denen junge vulkanische Gesteine und tätige Vulkane liegen, in dem Falle, daß Kalksteine in der Tiefe unter den Vulkanen entstehen, besonders viel Kohlensäure entwickelt werden könne, weil die Hitze der Erdtiefe alsdann in höhere Zonen der Sediment-Gebirgsmassen hinauf wirksam wäre. Er macht als Beispiel die vulkanische Eifel namhaft, in der die tief zwischen Verwerfungen und unter Überschiebungen eingesunkenen mittel- und altdevonischen Kalksteine in geringeren Tiefen bereits diejenigen Temperaturen vorfinden, durch welche sie zersetzt und in Silikatgesteine umgewandelt werden könnten. L e p s i u s könnte also auch für den Vesuv und die phlegräischen Felder annehmen, daß der mesozoische Apenninenkalk, welchen die dortigen vulkanischen Essen durchbrechen, die Kohlensäure geliefert hätte. Die veränderten und mannigfache Kontaktminerale aufweisenden Auswürflinge des durchbrochenen Apenninenkalkes, welche sich am Vesuv finden, sprechen aber durchaus nicht für diese Annahme, sondern im Gegenteil dafür, daß die Kohlensäure aus dem veränderten Gestein ebenso wenig entweichen konnte wie bei dem Experiment H a l l's, dem es gelang, in verschlossenen Röhren erhitzten Kalk in kristallinen Marmor umzuwandeln. Alle die zahlreichen Fälle, in welchen sedimentäre Kalkgesteine im Kontakt mit Eruptivgesteinen in kristallinen Marmor überführt wurden, sind weitere unwiderlegliche Argumente gegen die von L e p s i u s ausgesprochene

Hypothese, mit der wir uns wohl kaum noch weiter zu beschäftigen brauchen. Diese Hypothese ist ebenso unhaltbar wie eine andere, von einem namhaften Geologen für die Herkunft der Kohlensäure und den chemischen Bestand der Rohitscher Quellen aufgestellte, die hier vergleichshalber erwähnt sein mag. H. Hoef er führt die enorme Kohlensäuremenge dieser Quellen und ihren hohen Gehalt an festen Bestandteilen auf die Zersetzung der in den tertiären Mergeln der Umgebung häufig vorkommenden Schwefelkiese und hierdurch hervorgerufene chemische Prozesse zurück.¹⁵⁾ J. Rump f hat demgegenüber es mit gutem Recht es für geraten erklärt, „den Ursprung der Kohlensäure mit so vielen Forschern in jenes Laboratorium zu versetzen, welches man das unbekannte Erdinnere nennt.“¹⁶⁾ Da die Hoef er'sche Kohlensäure-Hypothese bereits an anderer Stelle¹⁷⁾ eingehend gewürdigt wurde, kann hier wohl auf eine weitere Besprechung derselben verzichtet werden; — die Unzulässigkeit dieser Hypothese ergibt sich vor allem schon aus der Erwägung, welch' ungeheure Mengen von Schwefelkies zersetzt werden müßten, um alle freie und halbgebundene Kohlensäure der Rohitscher Quellen zu liefern.

Eine den Ansichten von E. Sueß näher stehende Hypothese über die Bildung der Thermen hat Armand Gautier aufgestellt. Auch Gautier zieht Gasemanationen vulkanischen Ursprungs zur Erklärung heran; er nimmt aber nicht, wie Sueß an, daß diese Gase aus dem Magma selbst frei werden, sondern meint, daß sie aus den festen Eruptivgesteinen der Lithosphäre stammen und aus diesen durch die starke Erhitzung bei vulkanischen Vorgängen infolge des Emporsteigens des Magmas ausgetrieben werden. Versuche, wie sie A. Gautier selbst, dann aber auch A. Brun n ausführte, haben allerdings gezeigt, daß mannigfache ältere und jüngere Massengesteine wie Granit, Quarzporphyr, Trachyt und moderne Laven bei hochgradiger Erhitzung große Gasmengen liefern, zumal freier Wasserstoff und Kohlensäure, dann Kohlenoxyd, Methan, Schwefelwasserstoff, Stickstoff usw. Der frei werdende Wasserstoff soll den geschmolzenen Gesteinen der Tiefe den Sauerstoff entreißen, Wasser bilden und die Entstehung der Thermen verursachen.¹⁸⁾ Diese Hypothese nimmt also einen vollkommen unmotivierten Umweg für die Erklärung der Gasemanationen. Sie setzt voraus, daß die Gasmassen ursprünglich im Magma vorhanden gewesen sind, und seinerzeit bei Erstarrung der Massengesteine in diesen gefesselt wurden, um durch neuerliche Erhitzung befreit zu werden. Zugunsten dieser Hypothese müßte angenommen werden, daß die Entgasung des Magmas selbst schon soweit vorgeschritten wäre, daß es heute nicht mehr imstande wäre, solche Gasmassen abzugeben wie sie bei vulkanischen Eruptionen oder in den Emanationen der Fumarolen und Thermen zutage treten. Dem widerspricht aber die Tatsache, daß auch die modernen Laven bei den Versuchen

Brun s und Gautiers große Gasmengen lieferten. Ein weiterer Einwand und meines Erachtens ein noch gewichtigerer könnte dann gerade hinsichtlich der Thermen erhoben werden. Es wäre allenfalls begreiflich, daß bei einer versuchten oder tatsächlichen Eruption infolge des Emporsteigens des Magmas und der Aufschmelzung früher erstarrter Gesteine aus den letzteren größere Gasmengen befreit würden und eine Steigerung der Emanationen und der Fumarolen einträte, wie sie bei der Eruption des Vesuvus 1861 und bei der vulkanischen Erschütterung Ischias 1883 stattfand, vollkommen unerklärlich aber ist die durch lange Zeit andauernde, gleichmäßige Abgabe von Gasen und von heißem Wasser der Thermen. Die Sueß'sche Theorie, welche die Herkunft des juvenilen Wassers und der durch dasselbe emporgetragenen Stoffe unmittelbar aus dem Magma selbst ableitet, hat zweifellos vielmehr für sich als der Umweg der Gautier'schen Hypothese, welche das Magma erst erstarren und dann wieder erhitzen läßt, um jene Emanationen hervorzubringen.

E. Sueß unterscheidet zwischen vadosen und juvenilen Quellen. Vadose Quellen nennt er jene, die aus der Infiltration von Tagwässern hervorgehen; die Bezeichnung juvenil gilt für jene, welche als Nachwirkungen vulkanischer Tätigkeit aus den Tiefen des Erdkörpers aufsteigen und deren Wasser zum ersten Male an das Tageslicht treten. Als Beispiel dieser letzteren Gruppe hat er die Karlsbader Quellen erörtert. Vergeblich ist, wie Sueß hervorhebt, jeder Versuch, für diese Quellen ein Infiltrationsgebiet an der Oberfläche abzugrenzen. Vergeblich ist auch jeder Versuch, die Tiefe ihres Ursprunges aus irgendeiner sogenannten Thermalstufe zu ermitteln. Vergeblich wird man die Gesamtheit der Bestandteile aus der Beschaffenheit des Granits zu erklären suchen. Die Hohlräume, welche nach älterer Voraussetzung sich durch die jährliche Wegführung von 5,88 Millionen kg fester Bestandteile bilden sollten, bilden sich nicht. Es lasse sich, meint Sueß, kaum entscheiden, ob die Thermen von Karlsbad in der Tiefe auch heute noch Schwermetalle abscheiden, d. i. an dem Aufbau eines Erzganges tätig sind und in verarmtem Zustand den Tag erreichen, oder ob die heutigen Zustände eine solche Tätigkeit nicht mehr zulassen. Die Vorkommen von Arsen, Antimon und Zink im Thermalwasser deuten auf den ersten Fall hin.

Zur Vergleichung mit Karlsbad erörtert Sueß ein gut erforschtes Beispiel einer vadosen Therme: Pfäfers-Ragaz. Die Temperatur ist 38,7°. Das Infiltrationsgebiet bilden nach aller Wahrscheinlichkeit die Seen der grauen Hörner, zwischen 2396 und 2032 m gelegen. Die Quellausflüsse befinden sich in etwa 800 m, daher um 1596 bis 1232 m tiefer. Die Menge gelöster fester Bestandteile beträgt nur 0,299 g und das Volumen der Quellen nimmt jährlich nach der Schneeschmelze zu. Der Austritt der Quellen liegt in geschichtetem alttertiären Gestein. Da im Innern der Hochgebirge, wie z. B. die Erfahrungen in

den Tunnels lehren, die Geoisothermen in einer Weise aufsteigen, welche beiläufig der äußeren Gestalt der Berge entspricht, kann man den angeführten Ziffern entnehmen, daß bei einer thermalen Stufe von 30—31 m die vorhandene Höhendifferenz ausreicht, um die Infiltration in Zonen von 38,7^o gelangen zu lassen. Dabei ist vorausgesetzt, daß Schmelzwasser von 0^o infiltriert. Es könnte also solches infiltriertes Wasser, wie es scheint, ausfließen, ohne vorher neuerdings anzusteigen.

So einfach ist aber, wie S u e ß betont, die Sache allerdings nicht. So direkt zur Quelle fließende Infiltration würde sich kaum erwärmen. Es ist vielmehr anzunehmen, daß, wie bei anderen Hochgebirgsquellen, z. B. dem Kaiserbrunn, der Wien speist, eine kommunizierende Zerklüftung einen zusammenhängenden Grundwasserspiegel im Innern der Berge bildet. Dieses Grundwasser besitzt die Temperatur der entsprechenden Tiefenstufe. Die Quellen müssen an der tiefsten Stelle seiner Oberkante liegen. Die zur Zeit der Schneeschmelze eintretende Steigerung des hydrostatischen Druckes im Innern des Berges vermehrt den Ausfluß des Grundwassers an der Quelle, ohne daß zugleich ein Sinken der Temperatur bemerkt wird. Würde kein solcher Grundwasserspiegel vorhanden sein, so müßten die Quellen in trockener Jahreszeit versiegen und zur Zeit des Ansteigens kälter werden.

S u e ß macht im Gegensatz hierzu aufmerksam auf die eigenartigen Verhältnisse zu F i s c h a u bei Wiener Neustadt. Hier schwankt die Wassermenge mit der Jahreszeit und zugleich schwankt auch die Temperatur. Hier mengen sich zweierlei Wasser, eine kalte, vadose, schwankende Wassermenge und eine wärmere, konstante Menge, welche, wie ihre Lage auf einer langen Thermenlinie lehrt, wahrscheinlich juvenil ist.

So klar wie in diesen Fällen, sagt S u e ß, ist aber die Sachlage durchaus nicht immer, man kann aber ziemlich leicht fünf Gruppen von Quellen unterscheiden:

1. Die gewöhnlichen süßen Trinkquellen, mögen sie nun Hoch- oder Tiefquellen sein, welche beiläufig mit der mittleren Bodentemperatur entspringen und eine größere oder geringere Menge von Karbonaten (kohlen-sauren Kalk und kohlen-saure Magnesia) als ihren Hauptbestandteil führen. Sie sind alle vados. Solche Quellen dienen der Wasserversorgung der Städte.

2. Gleichfalls vadose und gleichfalls mit der mittleren Bodentemperatur entspringende Wasser, die durch eine besondere Mineralisation ausgezeichnet sind, wie die Jodwasser von H a l l und D a r k a u, und die Bitterwasser von S a i d s c h ü t z und P ü l l n a.

3. Wildbäder, nämlich vadose Thermen, welche ihre höhere Temperatur dem unterirdischen Ansteigen der Geoisothermen und dem oft beträchtlichen Höhenunterschied zwischen Speisung und Ausfluß verdanken, wie B o r m i o und P f ä f e r s.

Sie enthalten meistens nur wenig gelöste feste Bestandteile; deshalb bezeichnet man die Wildbäder zumeist als indifferente Thermen. Bei G a s t e i n erachtet S u e ß die Frage nach dem Zutritt juveniler Wasser für unentschieden, er meint ferner, daß hydrostatisches, d. i. artesisches Aufsteigen vadoser Wasser ohne künstliche Bohrung in der Natur nicht in dem bisher vorausgesetzten Ausmaße vorhanden sein dürfte. (Dieser Ansicht wird man im allgemeinen wohl beipflichten müssen, doch wird es gewiß Thermen geben, für welche an der älteren Erklärung festzuhalten sein wird.)

4. Juvenile Quellen, nicht schwankend mit den Jahreszeiten in Temperatur, dabei aber alle Wärmegrade umfassend, von der mittleren Bodentemperatur bis über 70^o, bald indifferent wie T e p l i t z (47,4^o aus Porphy) oder P l o m b i è r e s in den Vogesen (71^o aus Granit), bald schwach mineralisiert mit geringen Mengen von Glaubersalz, Kochsalz und Soda, wie im französischen Zentralplateau B o u r b o n l'Archembault (53^o aus Gneis), E v a u x (50,7^o aus Gneis) und N é r i s (52,8^o aus Granit), bald hochmineralisiert mit ähnlichen Bestandteilen wie M a r i e n b a d (11,2^o aus Granit) und K a r l s b a d (73,8^o aus Granit). Alle die genannten Beispiele stehen entweder in direkter Verbindung mit Quarzgängen oder haben selbst in ihrer Umgebung Hornstein abgesetzt. In manchen Fällen sieht man auch Gänge von Flußspat; fast überall, wenigstens in Spuren, Absätze von Baryt, öfter auch Pyrit, in Plomblères Zeolithe verschiedener Art; in Bourbon l'Archembault wird Bleiglanz erwähnt. Dieser Gruppe gehören im europäischen Festlande die heißesten Thermen an.

5. Siedequellen. Diese, auf dem europäischen Festlande nicht vertretene Gruppe bildet den Übergang zu der strombolischen Phase der Vulkane.

Der freien Kohlensäure kommt nach S u e ß bis zu einem gewissen Grade eine selbstständige Stellung zu, dies zeige die Menge derselben in Karlsbad und die Häufigkeit kalter Säuerlinge und trockener Kohlensäure-Exhalationen.

S u e ß hebt hervor, daß die fünf von ihm unterschiedenen Gruppen von Quellen nicht alle Quellen umfassen und nicht gleichwertig sind. 1, 2 und 3 sind vados, 4 und 5 juvenil. Die Hauptscheidung fällt zwischen 3 und 4, es muß also zugegeben werden, daß diese Grenze in den einzelnen Fällen sehr schwer zu finden ist. Gar nicht selten ist Mischung von vadosem und juvenilem Wasser vorhanden und kann selbst durch die Art der Fassung beeinflußt werden. In sehr vielen Fällen mangeln genaue Beobachtungen über Schwankungen der Menge oder der Temperatur nach den Jahreszeiten. Die chemische Analyse gibt lange nicht immer eine entscheidende Antwort auf die Frage, ob eine Quelle zu den vadosen oder zu den juvenilen Wassern zu zählen ist und der geologische Bau des Gebietes auch nicht immer. Es kann sogar geschehen, daß die Ergiebigkeit einer juvenilen Quelle durch periodisch vermehrten Druck einer den Quellsalten auflastenden

vadosen Grundwasserschicht sich periodisch steigert. Franz E. Sueß hat die Möglichkeit dieses Vorganges an den Teplitzer Thermen erörtert¹⁹⁾ und gezeigt, daß die bei verschiedenen Thermen gemachte Beobachtung eine Zunahme der Ergiebigkeit und der Temperatur bei zunehmender Niederschlagsmenge keineswegs als ein Beweis dafür betrachtet werden dürfe, daß die Thermalwässer nichts anderes seien als an Ort und Stelle erwärmte Grundwässer. Was Teplitz anlangt, spricht gegen diese Annahme vor allem die sehr verschiedene chemische Zusammensetzung von Grundwasser und Thermalwasser, von welchen ersteres bei dem Durchgang durch den Pläner einen erheblichen Härtegrad erlangt, während letzteres nur sehr geringe Mengen fester Bestandteile gelöst enthält. Die Erscheinung der Erhöhung der Ergiebigkeit der Thermen und ihrer Temperaturen erklärt Franz E. Sueß in folgender Weise: „Jeder Thermalquellenausfluß, als in einer Terrainvertiefung, meist an einer Talsohle gelegen, ist stets rings umgeben von dem zutage sitzenden Grundwasser, dessen Spiegel, wie nicht anders zu erwarten, über dem Thermalspiegel steht und unter einem gewissen Druck demselben zuströmen trachtet. Dieser Druck dient aber auch dazu, das seitliche Ausströmen des Thermalwassers einzuschränken. Wird der Druck durch Ansteigen des Grundwassers erhöht, so kann weniger Thermalwasser nach den seitlichen Spalten austreten und die Ergiebigkeit der Quelle wird ohne Zweifel zunehmen. Daß dabei auch die Temperatur zunimmt, rührt daher, daß die Therme in den obersten Schichten weniger Zuflüsse aus der Region der wilden Wässer erhält.“²⁰⁾ Die Erörterung dieser Beziehungen zwischen Grundwasser und Thermalwasser an den Quellen von Teplitz durch Franz E. Sueß zeigt wohl am besten, wie schwierig im einzelnen Falle die Beurteilung der vadosen und juvenilen Wässer sein

kann. Hier steht — wie E. Sueß am Schlusse seines auf der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte gehaltenen Vortrags ausspricht — noch ein weites Feld der Forschung offen. Es ist aber zweifellos, daß Sueß durch die Unterscheidung von juvenilem und vadosem Wasser, so schwierig dieselbe auch in manchen Fällen zumal bei den Wechselbeziehungen beider sein mag, den richtigen Weg für die Erforschung und Auffassung der Thermalerscheinungen gezeigt hat und daß man sich in der Verfolgung dieses Weges nicht durch widersprechende Ansichten und unbegründete Hypothesen beirren lassen sollte.

Literatur.

⁸⁾ Elie de Beaumont: Notes sur les émanations volcaniques et métallifères, *Bullet. soc. géol.* 1847, 2e. sér., IV, p. 1273. — ⁹⁾ In Cotta und Müller: Gangstudien, III. 1860, S. 261—308. — ¹⁰⁾ Notizen zur Geologie von Deutschland, a. a. O. S. 10. — ¹¹⁾ A. o. a. O. S. 13—18. — ¹²⁾ R. Lepsius: Festschrift zur Weihe des neuen Soolsprudels zu Bad Nauheim, Juni 1900, S. 34. — ¹³⁾ Bischof: Chemische Geologie, 1. Auflage 1848—1855, 2. Bd. S. 790. — ¹⁴⁾ E. Sueß: Antlitz der Erde, S. 491. — ¹⁵⁾ H. Hoefler: „Der Schutzrayon. Hypothese über die Entstehung unserer Säuerlinge“ in J. Glax: Rohitsch-Sauerbrunn während der Saison 1875. Graz 1876, S. 24. — ¹⁶⁾ J. Rumpf: Denkschrift über die Ergebnisse einer geologisch-chemischen Untersuchung der Bohrbrunnen des Dr. E. H. Fröhlich und über einschlägige Beobachtungen an den Quellen im Gebiete von Rohitsch-Sauerbrunn. Graz 1883. — ¹⁷⁾ R. Hoernes: Die Anlage des Füllschachtes in Rohitsch-Sauerbrunn. Mitteilungen der Naturw. Ver. f. Steiermark, 27. Bd. 1890, S. 313—317. — ¹⁸⁾ Arm and Gautier: La genèse des eaux thermales et ses rapports avec le volcanisme. *Ann. des mines.* 1906, pag. 316. — ¹⁹⁾ Franz E. Sueß: Studien über unterirdische Wasserbewegung. IV. Beziehungen zwischen Thermalwasser, Inundationswasser und Grundwasser, *Jahrbuch d. K. K. geologischen Reichsanstalt*, 48. Bd. Wien 1898, S. 471—483. — ²⁰⁾ Franz E. Sueß a. a. O., S. 482.