

I. Aufsätze und Mitteilungen.

Beiträge zur Theorie der heißen Quellen.

Von Dr. **Karl Schneider** (Kaaden a. d. Eger).

(Mit Tafel III-IV und 3 Textfiguren.)

Thermen, Solfataren, Mofetten, Säuerlinge und alle verwandten Phänomene werden als nachvulkanische Erscheinungen bezeichnet. Sicher ist nur, daß es sich bei der Genese aller dieser Dinge um intratellure Vorgänge handelt. Da für eine Reihe von derartigen Vorkommnissen der genetische Prozeß als einfache Auslaugungs- oder chemische Veränderungserscheinung festgelegt ist, so ist von vornherein sicher, daß nur einer bestimmten Kategorie dieser Phänomene die vulkanische Verwandtschaft von Anfang an zugesprochen werden kann. Aber auch bei diesen wird es bis auf weiteres offen bleiben, ob es sich um nach vulkanische oder um selbständige Gebilde handelt. Nur um solche Vorgänge soll es sich in der vorliegenden Untersuchung handeln.

Hält man daran fest, daß es sich bei diesen Erscheinungen um vulkanologische Prozesse handelt, so liegt gleich zu Beginn ein großer Unterschied vor zwischen diesen und den vulkanischen Vorgängen im engeren Sinne des Wortes. Sie unterscheiden sich von den letzteren prinzipiell darin, daß ihnen ein Dauerndes, Gleichmäßiges des Auftretens innewohnt, daß sie einen permanent verharrenden Zustand erkennen lassen.

Ist für die eigentlichen vulkanischen Paroxysmen die Intermittenz das Charakteristische, so ist für diese das Dauernde, Gleichbleibende das Typische, das erst völlig verlöscht, wenn es sich ausgelebt hat. Nie ist ein Verlöschen zu beobachten, dem an gleicher Stelle ein Wiederaufleben folgen würde. Wohl liegt eine Reihe von Beobachtungen vor, daß z. B. durch Erdbeben Thermen plötzlich versiegt, um nach kurzem in verstärktem Maße neu aufzuleben (Teplitz 1755, Island). Aber durch solche Ursachen verlöschende Quellen können naturgemäß nicht als ein Sichausleben angesehen werden. Desgleichen kann nicht von einem Ausleben gesprochen werden, wenn durch exogene Vorgänge eine Therme zum Versiegen gebracht wird. Das Versiegen geht auf Ursachen zurück, welche einzig und allein in der Natur des Phänomens begründet sind, wie später gezeigt werden wird.

Es sind in der Erdtiefe vorsichgehende Prozesse. Daher bilden alle diese sog. nachvulkanischen Erscheinungen eine eigene selbständige Phase in der Entwicklung des Vulkanismus, die die pneumatitische bezeichnet wurde¹⁾. Die Selbständigkeit der pneumatitischen Phase als Erscheinungsform, die Tatsache, daß sie auch zur Erscheinung kommt, wo von eigentlichen vulkanischen Prozessen nichts wahrzunehmen ist, hat sogar dazu geführt, die Meinung auszusprechen, die »dritte Phase vom eigentlichen Vulkanismus« überhaupt abzusehen²⁾, eine Anschauung, zu der SPETHMANN auf Grund tektonisch-geologischer Untersuchungen gleichfalls kam³⁾. Daß die pneumatitische Phase selbst wieder eine bestimmte Entwicklung durchläuft, und die einzelnen Erscheinungsformen in einem genetischen Zusammenhang stehen, ist eine Frage, welche nicht weiter beantwortet werden soll. In den vorliegenden Untersuchungen sollen nur jene Tatsachen eine genauere Prüfung und Erweiterung bekommen, welche die Thermalquellen betreffen.

Als Thermen werden jene Quellen bezeichnet, deren Temperatur die mittlere Jahrestemperatur der Luft am Austrittspunkte übersteigt. Schon C. W. FUCHS hob hervor, daß der Begriff Therme »je nach dem Orte, wo die Quelle entspringt, ein sehr veränderlicher ist«. »Je näher dem Äquator und dem Meeresspiegel, desto wärmer muß eine Quelle sein, um als Therme gelten zu können, und je näher am Pole, oder je höher über dem Meeresspiegel, desto niedriger kann die Temperatur der Therme sein«⁴⁾. Da ihre Höchsttemperatur unter dem normalen Luftdruck 100° betragen kann, so schwankt demnach die Temperatur der Therme zwischen 1° und 100°⁵⁾. Die Definition der Therme ist demnach so weit, daß nach dieser Erklärung überhaupt nichts erklärt ist. Schon FUCHS hat seinerzeit eine Einschränkung des Begriffs vorgenommen und zwischen absolut und relativ warmen Quellen unterschieden. Da die höchste mittlere Jahrestemperatur auf der Erde bei 30° liegt, so sind nach ihm absolut warm nur jene Quellen zu bezeichnen, welche mindestens 30° betragen⁶⁾. Von den neueren Untersuchungen, sofern man überhaupt auf diese Dinge näher eingeht, hat nur SUPAN die gleiche Grenze angenommen⁷⁾.

1) KARL SCHNEIDER, Die vulkanischen Erscheinungen der Erde. Berlin 1911. S. 48, 134 u. a.

2) KARL SCHNEIDER, Zur Geschichte und Theorie des Vulkanismus. Prag 1908, S. 97.

3) H. SPETHMANN, Überblick über die Ergebnisse der v. KNEBELSchen Islandexpedition i. J. 1907. Gaea 1909. Heft 1.

4) C. W. FUCHS, Die vulkanischen Erscheinungen der Erde. Leipzig 1865. S. 534.

5) Bei Giwarta-Fiäll in Lappland, dessen mittlere Jahrestemperatur -3° beträgt, erreicht eine Therme die Wärmeskala bereits bei $+1,2^{\circ}$. Ebenda S. 534.

6) FUCHS l. c. 535.

7) A. SUPAN, Grundzüge d. phys. Erdk. 4. Aufl. Leipzig 1908. S. 486.

Ist man bei dieser Einschränkung dem Thermenbegriff auch etwas näher gerückt, so kann nicht geleugnet werden, daß die Einteilung und Begriffsbestimmung zu sehr von Äußerlichkeiten abhängig ist, so daß sie auch in dieser Einschränkung noch zu weit erscheint. Es wird die Sache der Untersuchung sein, zu zeigen, ob nicht das chemisch-physikalische Verhalten der Thermen selbst eine feste Umgrenzung möglich werden läßt.

Gänzlich haltlos ist der Versuch, die Therme mit bestimmten chemischen Bestandteilen in Verbindung zu bringen und nach diesen wieder die Thermen in SiO_2 -, CaCO_3 -, indifferente- usw. Quellen zu gruppieren. Es braucht auf die Tatsache hingewiesen zu werden, daß zahlreiche überschächtige Tageswässer (Flüsse) z. B. so kalkreich sind, daß die mitgeführten Bestandteile nach ihrer Ausscheidung Barrieren bilden, über welche das Wasser in der Folge in mächtiger Kaskade springen muß (Kerkafälle in Dalmatien). Der chemische Bestandteil ist für die Therme völlig gleichgültig, da auch kalte Quellen dieselben Bestandteile mit sich führen, und die aufgelösten Substanzen verschiedener Provenienz sein können. Denn nur eine stark bedingte Wahrheit ist der Plinianische Satz: *tales sunt aquae, quales terrae, per quas fluunt*.

Ehe aber alle die deskriptiven Merkmale, welche die Thermen dem genau Beobachtenden bieten, auch nur einigermaßen genau klargelegt waren, entstanden neue genetische Anschauungen über den Ursprung der heißen Quellen, die in der Praxis zu großen Unzukömmlichkeiten geführt haben¹⁾, und die in der Praxis auch auf große Schwierigkeiten stießen.

Schon lange war der Zusammenhang heißer Quellen mit eruptiven Gebilden und Erzgängen bekannt. Die (scheinbare) Stetigkeit in den Ergiebigkeitsverhältnissen und Temperaturen einzelner Quellen, die chemische Zusammensetzung der festen Bestandteile, charakteristische physikalische Erscheinungen haben SUESS d. Ä. zur Aufstellung seiner Theorie von juvenilen und vadosen Quellen geführt. Geiser oder Siedequellen werden Sprudelquellen gegenübergestellt²⁾. Nach ihm gibt es Quellen, deren Wasser und Salze juvenil sind, d. h. die zum ersten Male an die Erdoberfläche treten und aus unzugänglichen Tiefen stammen, die neugeboren aus dem Erdtiefen treten, die Hydrosphäre vermehren, die Geosphäre mit neuen Mineralstoffen bereichern. »SUESS hat nur kurz den Weg angebahnt, jüngeren Forschern die weitere Ausbauung der neuen und im Prinzip doch so alten Lehre überlassend³⁾«. Im Anschluß an SUESS d. Ä. hat LEPSIUS die Quellen

1) R. DELKESKAMP, Die Entstehung der Mineralquellen. Ztschr. f. d. gesamte Kohlensäureindustrie. 1908. Nr. 14.

2) E. SUESS, Über heiße Quellen. Verh. d. Gesell. d. Naturf. u. Ärzte. 1902. Leipzig 1903. S. 133—150.

3) R. DELKESKAMP, Juvenile und vadosa Quellen. Balneologische Zeitung Jahrg. 1905.

in »flache« und »tiefe« unterschieden, ohne daß man aber damit dem Problem näher gerückt wäre¹⁾. Im Gegensatze zu SUESS hält jedoch LEPSIUS für beide Gruppen, Tief- und Flachquellen, den Regen als die wasserspendende Ursache.

Eine wesentliche Änderung der Anschauung muß in dem Zeitpunkt eintreten, wo durch zahlreiche Beobachtungen und Versuche gezeigt wird, daß die Magmen, die bei vulkanischen Prozessen zutage gefördert werden, überhaupt frei vom Wassergehalt sind, daß dieser »von den meisten Geologen im Laufe der letzten Jahre mit Unrecht sehr überschätzt wurde«. STUTZER hat darauf hingewiesen, daß »Hypothesen, welche von der Voraussetzung eines hohen Wassergehaltes der Magmen ausgingen, ... unbedingt nachzuprüfen« sind²⁾.

Diese tiefgreifenden Untersuchungen, welche für die Theorie des Vulkanismus überhaupt und insbesondere für die Theorie der Thermen von großer Bedeutung sind, gehen auf A. GAUTIER³⁾ zurück und haben insbesondere durch A. BRUN⁴⁾ weitere Fundierung und Ausgestaltung bekommen. Dieser zeigte, daß bei 56 Gasausscheidungen von Laven aus allen Gegenden der Erde diese unabhängig sind vom Magma, der geographischen Lage des Vulkans und der Zeit des Ausbruches. Die Ausströmung enthält immer Chlor, frei oder gebunden in Chlorwasserstoff oder in Chloriden von Ammonium, Natrium, Kalium, Eisen usw., Kohlenstoff in Kohlenwasserstoff, Kohlendioxyd oder -monoxyd, Schwefel in Schwefelwasserstoff, in Schwefeldioxyd oder Schwefelsäure. Oftmals kommen auch Fluoride vor, niemals Wasserdampf, während solcher oft aus dem toten Magma entweicht, aber bei einer weit unter dem Explosionspunkt liegenden Temperatur. Von Bedeutung für das vorliegende Problem sind BRUNS Untersuchungen an den Fumarolen.

Die Fumarolen am Vesuv, Stromboli, Ätna waren trocken. Die Solfatara des Pic de Teyde auf Teneriffa stößt nur Wasser aus, das ihr durch Regengüsse zugeführt wurde. Ähnliches zeigten andere Gebiete der kanarischen Inseln desgl. auch Java. Die Gasausströmungen auf Hawaii sind frei von Wasser. Wässerige Fumarolen sind nur eine nebensächliche Erscheinung, die von der Menge der Niederschläge abhängt, die der Vulkan absorbiert. Am zahlreichsten treten sie in dem Gürtel mit einer Temperatur von 110—120° auf, um bei 270° völlig zu verschwinden. Dies spricht ganz besonders dafür, daß das Wasser von außen hinzugetreten ist und nie die Geoisotherme von

1) Notizblatt Darmstadt 1908 Heft 29. S. 4 u. 10.

2) O. STUTZER, Juvenile Quellen. Internationaler Geologenkongreß Düsseldorf 1910. Abt. IV. Vortrag 21.

3) A. GAUTIER, Intervention réelle de l'eau dans les phénomènes éruptifs. Arch. d. Sciences phys. et nat. Genf. 1907. S. 63.

4) A. BRUN, Recherches sur l'exhalaison volcanique. Genf. 1911. — Naturw. Rsch. 1912. S. 96—98.

300° überschritten hat. »Wenn beim Erlöschen eines Vulkanes die Geoisothermen absinken, werden immer tiefere Schichten vom Wasser durchtränkt, und dieses kann nunmehr auch Anteil nehmen an den Aushauchungen des Vulkanes, während das erkaltende Magma immer weniger von seinen charakteristischen Gasen ausstößt, ohne daß aber diese Gasausströmung gänzlich aufhört«.

Haben somit diese Untersuchungen den Anstoß gegeben, die Theorie der juvenilen Quellen neuerdings einer genauen Kritik zu unterziehen, so kann man mit ihnen nicht arbeiten, sobald man eine Klassifizierung der verschiedenen Thermen durchführen will¹⁾. Sie haben uns gezeigt, daß die auf genetischer Grundlage aufgebaute Einteilung auch hier wieder einmal gründlich auf Irrwege geführt hat.

Erst wenn die deskriptiven Grundlagen gegeben sind, kann man an die genetische Gliederung gehen, wenn eine solche sich als notwendig erweisen wird²⁾. Da die Thermalquellen ihre Bezeichnung davon haben, daß sie eine bestimmte Temperatur aufweisen, durch die sie in Gegensatz zu den übrigen Quellen treten, so kann eine Klassifizierung auch nur von diesem Gesichtspunkte aus unternommen werden.

I.

Der Begriff »Thermalquelle« faßt warme und heiße Quellen in sich. Die Grenze zwischen beiden liegt ganz im subjektiven Empfinden des Individuums, und eine Unterscheidung zwischen beiden wäre unmöglich, wenn es nicht gelingen sollte, eine Grenze zu finden, die entweder durch die Natur selbst gezogen ist, oder wenn nicht das chemisch-physikalische Verhalten eine Unterscheidung gebieterisch heischen würde.

Die Tatsache, daß bei einer Temperatur von 50° einfache Eiweißstoffe zu gerinnen beginnen³⁾, gibt eine erste scharfe Grenzbestimmung zwischen heißen und warmen Quellen. Diese Grenztemperatur erhält aber noch dadurch eine besondere wertvolle Eignung, als Unterscheidungsmerkmal herangezogen zu werden, da bei dieser Wärmeskala auch eine kritische Temperatur eingetreten ist, welche in chemisch-physikalischer Beziehung von ausschlaggebender Bedeutung ist. Bei dieser Temperatur tritt ein Unterschied auf in der Konsistenz, dem Gefüge und Aussehen der Absatzprodukte, und zwar sowohl bei Thermen, welche SiO₂ absetzen, als auch bei jenen mit CaCO₃-Niederschlag.

1) Gegen BRUN ist SCHWERTSCHLÄGER aufgetreten, ohne aber exakte Beweise zu bringen. Das Auftreten von Wasserdampf bei vulk. Eruptionen. Zentralbl. f. Min. Geol. Jahrg. 1911. S. 777ff.

2) K. SCHNEIDER, Die vulkanischen Erscheinungen der Erde. Berlin 1911. S. 15 ff.

3) C. ARNOLD, Repetitorium der Chemie. Hamburg-Leipzig 1906. S. 609.

Island, das klassische Land des Vulkanismus, beherbergt eine Unzahl Thermen und verwandter Erscheinungen. Seit langem schon sind sie bekannt und bereits in der Mitte des 18. Jahrh. der Gegenstand genauerer Untersuchung geworden¹⁾.

Von altersher teilt der scharfbeobachtende Isländer seine Quellen in verschiedene Gruppen. Er unterscheidet *hver*, das sind kochende Quellen, zu ihnen gehören die Springquellen, Geiser, und *laugar* (spr. *läugar*), das sind eigentlich Badequellen. Ihre Temperatur schwankt zwischen 25—50°. Quellen mit einer geringeren Wärmeskala als 25° sind *volgrur*. Ist auch der Unterschied nicht immer so scharf, so kann man im allgemeinen doch als Warmquelle (*laugar*) jene bis zu 50° bezeichnen, als Kochquelle (*hver*), die mit mehr als 50°²⁾. Beide Gruppen sind saure Quellen und setzen an der Erdoberfläche und auch im Quellenschacht SiO_2 ab. Aber zwischen beiden Niederschlägen besteht ein tiefgehender Unterschied. Während das Absatzprodukt der Kochquellen fest, hart, dicht, von heller, etwas ins Gelbe verlaufender Farbe ist, zeigt der Sinter der Warmquellen eine mürbe Konsistenz. Er ist locker, zerfällt an der Luft leicht und rasch in kleine lose Blättchen und zeigt vielfach eine dunkle Farbenschattierung. Wo immer dem Absatzprodukte der warmen und heißen Quellen auf Island das Augenmerk zugewendet wurde, fanden sich diese Tatsachen wiederkehrend bestätigt.

Von Neuseeland berichtete v. HOCHSTETTER aus dem Quellgebiete von Orakeikorako, an beiden Ufern des Waikato. Die merkwürdigste intermittierende Quelle ist die *Puia te mimi-a-Homaiterangi*, deren Temperatur bei 94° lag. Hier ist der Kieselsinter, den das Wasser absetzte, anfangs gelatinierend und weich, erhärtet später und bildet ein festes Gestein von verschiedener Farbe und Struktur, bald strahlig-faserig, stengelig und braun, bald wird es zu stahlhartem, chalcedonartigem oder grauem Feuerstein ähnlichem Hornstein; an anderen Stellen ist er weiß mit glänzendem, muscheligen Bruch³⁾.

Die Literaturvermerke zeigen, soweit sie eingeholt werden konnten, keinen diesbezüglichen Bericht, obwohl zu erwarten ist, daß die auf Island gemachten Beobachtungen auch anderweitig an SiO_2 -Quellen wahrzunehmen sein werden. Nur so viel läßt sich feststellen, daß die Absätze in kälteren Wässern als sandig geschildert werden und sich mit den Schlammassen des fließenden Gewässers zu festen Gebilden verbinden.

1) TH. THORODDSEN, De varme Kilder paa Island. Kgl. dan. vidensk. Selskap. Forhandl. Jahrg. 1910. S. 97 ff.

2) Ebenda S. 103.

3) v. HOCHSTETTER, Geologie von Neuseeland. Novaraexpedition I. Bd. S. 253. — Durch Namengebung »*Puia*« und »*Waiariki*« unterscheidet auf Neuseeland der Eingeborene zwischen heißen und warmen Quellen.

Um so bedeutender wird die Tatsache, daß auch CaCO_3 -Absätze das gleiche Verhalten zeigen wie die Quellen Islands. Für diese gilt insbesondere der Karlsbader Sprudel als charakteristisches Beispiel.

Das Karlsbader Quellengebiet, das sich seit langem eines besonderen Studiums erfreut, zeigt bezüglich seiner Absätze das gleiche Verhalten wie die Thermen Islands. Die bei hoher Temperatur abgesetzten Sinter dieser Thermalregion weisen eine feste, dichtkrystalline Struktur von heller weißlicher Farbe auf, während die Absätze aus den Quellen unter 50° mürbe und locker sind.

Schon J. KNETT hat darauf hingewiesen, ohne daß diese Tatsache weitere Beachtung gefunden hat¹⁾. In seiner zusammenfassenden, vielfach auf neuen eigenen Beobachtungen fußenden Darstellung: »Der Boden der Stadt Karlsbad und seine Thermen,« hebt er hervor, daß der Sprudelsinter aus Thermen über 50° fest ist, und berichtet, »je höher die Temperatur des Wassers, und je größer die Geschwindigkeit, desto härter und dichter ist der Sinter. Stehendes oder träge abfließendes Wasser setzt einen weichen, lichtgelben Sinter zu Boden (Sprudelsand). Je rascher Temperatur und Geschwindigkeit des heißen Sprudelwassers unterbrochen wird, desto dunkler ist der Sinter; läßt man daher Sprudelwasser direkt aus dem Bohrloch gegen eine kalte Steinwand spritzen, so setzt sich schwarzer Sinter ab.«

SiO_2 - als auch CaCO_3 -Sinter zeigt somit bei 50° ein kritisches Verhalten. Daher ist diese Temperaturgrenze und das obengenannte Eiweißverhalten eine bedeutungsvolle Grenze für die Einteilung der Thermen in heiße und warme. Danach können und sollen als heiße Quellen jene bezeichnet werden, deren Wärmeskala zwischen 50 — 100° liegt. Unter dieser Gradeinteilung liegen warme und kalte Thermen.

Schwieriger gestaltet sich die Frage, die Grenze zwischen warmen und kalten Thermen zu setzen. Die Lösung wird um so schwieriger, als dabei Theorie und Praxis in scharfen Gegensatz kommen können. Würde man als Grenzwert den von C. W. FUCHS bereits angegebenen von 30° annehmen, so käme man immer noch zu einem Näherungswert, der mit der Natur in Einklang zu bringen ist. Allein die Praxis kann unmöglich mit einer derartigen Höchstangabe von 30° für eine Kaltquelle zufrieden sein. Hier muß also ein physiologisches Unterscheidungsmerkmal, eine individuelle Einteilung Platz greifen. Sie weist auf 20° hin, d. i. auf jene Temperatur, für welche sich die Praxis entschieden hat²⁾. Diese Unterscheidung dürfte jedoch durch andere

1) Festschrift zur 74. Versamml. d. Naturforscher u. Ärzte. Karlsbad 1902. S. 32.

2) Das amtliche »deutsche Bäderbuch«, das mir leider nicht zur Verfügung steht, bezeichnet nach D. HÄBERLE, Die Mineralquellen der Rheinpfalz. Kaiserslautern 1912, S. 4, nur jene Quellen als Thermen, deren Temperatur 20° übersteigt.

Umstände eine Erhärtung höchstwahrscheinlich finden, nämlich dadurch, daß man den Gehalt an CO_2 in Betracht zieht. Es scheint der Satz zu gelten, daß mit sinkender Temperatur die Menge des NaCl und der schwefligsauren Salze abzunehmen, der der CO_2 zuzunehmen beginnt, ein Umstand, auf den bereits DELKESKAMP hingewiesen hat¹⁾, ohne daß aber diese Behauptung bislang einen einwandfreien Beweis gefunden hätte.

Nach den gegebenen Ausführungen gibt es somit folgende drei Gruppen von Thermalquellen:

1. Heiße Quellen, Thermen im engeren Sinne des Wortes. Ihre Temperatur schwankt zwischen 50—100°.

2. Warme Thermen. Ihre Temperatur bewegt sich zwischen 20—50°.

3. Kalte Thermen. Bei ihnen zeigt die Temperaturskala höchstens 20°.

Der Begriff »kalte Therme« ist ein Widerspruch in sich. Kommt man aber nach reiflicher Erwägung und Überprüfung der Tatsachen doch dazu, von »kalten Thermen« zu sprechen, so läßt man sich von genetischen Gesichtspunkten leiten. Man begeht dabei einen groben logischen Fehler in der Einteilung, aber man ist gezwungen, ihn zu machen, es sei denn, man schaltet diese letzte Gruppe überhaupt aus und faßt die Thermen nur von 20° ab. Damit aber bekommt das Problem wieder eine unvollständige Bearbeitung, da kalte, warme und heiße Quellen in einem innigen genetischen Zusammenhang stehen und nur durch ein äußeres deskriptives Unterscheidungszeichen voneinander geschieden sind. Nur durch die Untersuchung der »kalten Therme« kommt man zur richtigen Erkenntnis über das Wesen des Phänomens und damit zur richtigen Beantwortung und Definition des Begriffs Therme. Ist aber diese gefunden, so ergibt sich zum weiteren die Beantwortung der Frage über den Zusammenhang des Theorems mit dem des Vulkanismus. Erst dann, wenn es durch das Studium, der kalten, warmen und heißen Thermen erwiesen ist, daß sie genetisch gleich oder zum mindesten innig verwandt mit den Erscheinungen des Vulkanismus sind, kann es als endgültig angesehen werden, sie als dritte Phase, als pneumatitische Phase des Vulkanismus aufzufassen.

Um zu einem weiteren Fortschritt auf diesem Gebiete zu gelangen, soll nunmehr eine Reihe von eigenen Beobachtungen angeführt werden mit Heranziehung der entsprechenden Literatur, wobei insbesondere die heute Praxis und Theorie völlig beherrschende Anschauung und Vorstellung von dem juvenilen Ursprung der Thermen eine kritische Beleuchtung erfahren soll.

¹⁾ l. c. S. 10 (Separat).

II.

Das Myvatner Staffelland im nordöstlichen Island zeichnet sich aus durch eine reiche Entwicklung des vulkanischen Phänomens während und seit dem Diluvium bis in die jüngste historische Vergangenheit. Über dem durch Nordsüd verlaufende Längsbrüche zerstückelten Hochlande reichten mit dem Einsetzen des Diluviums die Gletschermassen bis an die Meeresküste. Nach ihrem Zurückweichen brachen in Nordsüderstreckung reiche klastische Materialien hervor. Sie deckten die vorhandenen Grundmoränen dieser ersten isländischen Eiszeit und schützten sie vor dem Vergehen durch die zweite nachfolgende Vergletscherung¹⁾. Westlich und östlich dieses Myvatner Bergzuges brachen mit dem neuerlichen Zurückweichen der Eismassen vulkanische Gebilde hervor. Weite rheumatische Ergüsse wurden von klastischen abgelöst. Innerhalb der ersteren aber insbesondere aus den interglazialen klastischen Gebilden des Myvatner Bergzuges kamen in reicher Entwicklung pneumatitische Erscheinungen zum Durchbruch. Solfataren, Heißluftausströmungen, deren Vorhandensein nur das Zischen und die kleinen kreisrunden Austrittsöffnungen verraten, Springquellen und Schlammvulkane sind heutigentages die belebenden Elemente in diesem Landschaftsbilde. An der Westflanke ist nirgends ein Tagwasser zu beobachten. Recente Rheumatica schließen den Bergzug gegen W. zum Myvaten ab.

Der Mangel eines oberflächlich abfließenden Wassers, ein einziges Vorkommen ausgenommen, in dem ganzen Myvatner Bergzug ist umso auffallender, als die Niederschlagsmenge eine bedeutende ist. Obwohl für diese Gegend keine Beobachtungsreihen vorliegen, so kann man mit Rücksicht auf die mehr als 50jährige Beobachtungsreihe²⁾ von Stykkisholm (65°5' n. Br. 22°46' w. L. v. Gr. 11,3 m ü. M. 662 mm) eine Niederschlagsmenge annehmen, welche 700 mm im Jahresmittel betragen dürfte. Jeglicher Niederschlag wird von der lockeren Auswurfsmasse sofort unter einem eigenartigen knisternden Geräusch aufgesaugt³⁾. Um so zerweichter ist der Boden.

Am Fuße des Námufjall (spr. Naumufjadl) treten wenigstätige Schlammvulkane auf. Höher am Hang hinauf häufen sich Solfataren. An dem oberen Hang und dem Gipfel des Berges finden sich zahlreiche Heißluftausströmungen. Aber selbst in diesem Teil des Berges treten an einzelnen Stellen schlammartige Gebläse zur Erscheinung.

1) K. SCHNEIDER, Einige Ergebnisse einer Studienreise nach Island im Sommer 1905. »Lotos« Prag. Jahrg. 1905. S. 256f. — Durch Unterstützung der »Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft, Kunst und Literatur in Böhmen« war dem Verfasser ein längerer Studienaufenthalt in Island 1905 ermöglicht.

2) J. HANN, Die Anomalien der Witterung auf Island in dem Zeitraum 1851 bis 1900. S.-B. Ak. W. Wien. Math.-naturw. Kl. 1904. S. 183 ff.

3) K. SCHNEIDER, Beiträge zur physik. Geographie Islands. P. M. 1907.

Gegen Norden quillt ein schwaches Wässerchen hervor. Es mag lange schon in dieser Richtung laufen, da es in das weiche Material eine tiefe Rinne gerissen hat. Sein Lauf ist heute kaum länger als 1 km. Es verschwindet nordwärts in einem völlig aufgeweichten Boden am Fuße des Berges. Ein rezenter Lavastrom hat ehemals etwa vorhandenen Weiterlauf abgedämmt.

Entlang dieses Gerinnes treten am Hang des Berges Heißluftausströmungen auf. An mehreren Stellen fließt im raschen Lauf das Wasser über solche Exhalationsstellen. An diesen Punkten wird sogleich das Tagwasser springbrunnenartig in die Höhe geworfen. Je tiefer den Hang abwärts, um so höher wird das Wasser geworfen. In der Tiefe, dort, wo das Tagwasser im aufgeweichten Boden verschwindet, ist weder Fumarole, noch Geiser: Große Becken mit dünnen, schmutzigen Schlammassen breiten sich aus. Eine »Hexenwerkstätte« nannte SARTORIUS v. WALTERSHAUSEN¹⁾ diese Gegend bei seinem Besuche 1846. PREYER und ZIRKEL standen davor und sahen den Schlamm in 3—4 Sekunden bis 5 m hoch emporgeworfen²⁾. Im Sommer 1905 waren die Zwischenräume zwischen den Explosionen $\frac{1}{2}$ —1 Minute. v. KNEBEL hat die Gegend neuerdings beschrieben³⁾.

Der Zusammenhang zwischen den einzelnen Phänomenen dieses pneumatitischen Zustandes ist offensichtlich. Wo das Bodenwasser gering ist, wie auf der Höhe des Berges, treten Heißluftausströmungen auf, wo diese auf fließendes Wasser stoßen, sind diese noch stark genug, das Tagwasser von dem Eindringen in das Auspustrohr abzuhalten, und werfen es springbrunnenartig weg. Wo das Bodenwasser mächtig ist, ersticken die Fumarolen: Schlammvulkane treten in die Erscheinung.

Ganz analoge Verhältnisse wie hier am Námufjall berichtet SPETHMANN von dem um wenige Kilometer weiter nördlich gelegenen Theistareykjafjöll⁴⁾.

In diesen Gegenden ist ein Sinterabsatz nicht wahrzunehmen. Das rasch fließende Wasser läßt es nicht zum Absatze kommen. Der zerweichte Boden ist gleichfalls einem Sinterniederschlage nicht günstig. Daß es dazu kommen würde, ist erwiesen, da an einzelnen Stellen am Fuße des Námufjall, wo eben die Schlammvulkane zur Ausbildung kamen, weißliche Überzüge von CaSO_4 auftreten. CaSO_4 durchsetzt zum Überfluß in oft mehr als 1 dm mächtigen Spaltfüllungen in Nord-Südstreichen den ganzen Berg.

1) SARTORIUS v. WALTERSHAUSEN, Physisch.-geograph. Skizze v. Island. Göttingen 1847.

2) PREYER und ZIRKEL, Reise nach Island. Leipzig 1862.

3) v. KNEBEL-RECK, Island. Stuttgart 1912, S. 179—180 und 226.

4) H. SPETHMANN, Beiträge zur Kenntnis des Vulkanismus am Mückensee auf Island. Globus 1909. II. Bd. S. 204.

Absatzfrei sind auch jene nicht gerade seltenen Warmquellen, welche weiter ab von dieser beschriebenen Örtlichkeit im Myvaten selbst hervortreten und nur durch die höhere Temperatur erkenntlich sind, welche das Seewasser in weiterem Umkreis an solchen Stellen erfährt. Gering sind die Sinterniederschläge auch an jener Warmquelle, welche mit 29° in einer Lavaspalte südlich von Reykjahlid hervorbricht, unter überhängendem Gestein ein weites Bassin füllend, ein willkommenes Bad den Leuten des genannten Gehöftes und dem reisenden Wanderer.

Weitaus bekannter als die genannten Vorkommnisse sind die heißen Quellen von Haukadalsr durch den großen Geiser.

Die ersten Nachrichten über dieses Quellgebiet reichen in das Jahr 1294. Der große Geiser wird zum ersten Male namentlich 1647 erwähnt¹⁾. Doch setzen die wissenschaftlichen Untersuchungen erst mit dem 18. Jahrhundert ein. EGGERT OLAFSSON (1750—1757) maß seine Tiefe und Dimensionen. 1772 besuchten ihn Sir JOSEF BANKS, S. SOLANDER und UNO VON TROIL. T. BERGMANN erkannte den Kieselsinter. 1789 gab Sir JOHN STANLEY eine ausführliche Beschreibung, während wenig später (1792) Sir JOSEF BLACK die erste Wasseranalyse vornahm. Seitdem häufen sich die Untersuchungen und Besuche dieser Thermen. OLE OHLSEN beschreibt 1804 den höchsten Ausbruch mit 212 Fuß (rund 70 m). Nach ihm folgen WILLIAM HOOKER (1809), GEORGE MACKENZIE (1810), EBENESER HENDERSON (1814 und 1815), die Deutschen F. A. L. THIENEMANN, G. B. GÜNTHER (1821) und KRUG VON NIDDA (1833). 1834 ist der Engländer JOHN BARROW an seiner Stelle. 1836 die Franzosen P. GAIMARD und der Physiker VIKTOR LOTTIN. Aus den folgenden Jahren seien nur noch genannt 1846 R. BUNSEN, A. DESCLOIZEAUX und SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN. Des ersteren Untersuchungen wurden bedeutsam und grundlegend für die Theorie der Springquellen vom Geisertypus. Von den jüngsten Untersuchungen seien nur noch die erwähnt, welche TH. THORODDSEN, Islands bekannter Erforscher und Pionier, in der Zeit von 1881—1899 nicht nur hier, sondern auch in anderen Teilen der Insel durchführte. Von den Besuchern Islands nach diesem haben wohl alle den Geiser aufgesucht, ihm mehr oder weniger Aufmerksamkeit gewidmet, ohne daß aber durch die neueren Studien das Problem der heißen Quellen merklich vorwärts gekommen ist. Nur v. KNEBEL hat beachtenswerte Details gebracht, welche allerdings von oben angesehen wurden²⁾.

In mehr als einer Beziehung ist das Auftreten und das Studium gerade dieses Thermengebietes von Bedeutung. Wie bekannt ist der

1) TH. THORODDSEN, De varme Kilder paa Island. I. c. S. 98f.

2) W. v. KNEBEL, Studien in den Thermengebieten Islands. Naturw. Rundschau. Jahrg. 1906. Nr. 12. — Gegen v. KNEBEL: SPETHMANN Globus Jahrg. 1909. S. 205. — R. DELKESKAMP, Zschrft. f. prakt. G. Jahrg. 1908.

Geiser nicht die einzige Therme an dieser Stelle, sondern es findet sich eine große Anzahl von heißen und warmen Quellen rings um ihn teilweise höher gelegen weitaus mehr freilich selbst tiefer. Sie breiten sich am Fuße des Laugafjall aus. Dieser ist ein Liparitstock oder -gang, der mitten aus der weiten Sumpfebene aufragt, in welcher die Thermen sich finden. Seine Gestalt ist die eines mächtigen Rundhöckers. Gletscherschliffe verraten, wie schon v. KNEBEL zeigte, daß er vor der Vereisung der Insel gebildet worden ist. Die ganze weite Ebene aber, aus der er hervorragt, und in welcher die Thermen auftreten, war in nicht allzu langer Vergangenheit Meeresboden, wie die alten Strandlinien am Westabhang des Laugafjall und in der weiteren Umgebung der Ebene verraten¹⁾. An einzelnen Stellen gelang es, aus dem locker geschichteten Material *Pecten islandicus*, *Mya*, *Cardium grönlandicum* zu gewinnen²⁾. Das völlige Erhaltensein der Strandterrasse, dergleichen die Fossilien lassen es zur Gewißheit werden, daß diese Ebene ein jungdiluviales bis rezentes Gebilde ist, daß sie ein Werk des Tungufljöt und der Hvitá ist. Mithin können auch die Thermen dieser Gegend in ihrem Alter nicht über diese Bildungszeit hinausreichen. Sie sind rezente Gebilde. Der große Geiser selbst ist kaum viel älter als die Geschichte des Inselvolkes³⁾.

Die Tätigkeit der Quellen hat in historischer Zeit stark geschwankt. Nicht nur die Zwischenzeiten der Ausbrüche beim Geiser schwanken, sondern auch die Höhen der ausgeworfenen Wassermassen. THORODDSEN hat die vermeldeten Angaben in einer Liste zusammengestellt. Sie stehen zwischen 8 Minuten und 2 Stunden 55 Minuten. Zurzeit vergehen bis 10 Tage, ehe ein Ausbruch erfolgt. Bei v. KNEBEL letztem Aufenthalt etwa 3 Wochen⁴⁾. Die Höhen der ausgeschleuderten Wassersäule liegen zwischen 30 und 70 m⁵⁾. Eine regelmäßige Abnahme in der Beobachtungszeit, welche von 1789 bis 1883 reicht, liegt nicht vor. Tatsache ist nur, daß Erdbeben auf die Tätigkeit belebend einwirkten. So fand wenigstens nach dem Beben in Südisland vom Jahre 1896 eine Neubelebung statt, indem der Geiser kurz hernach täglich »sprang«, seitdem aber wurde er wieder rückläufig⁶⁾.

Umso lebhafter ist der etwa 200 m südwestlich davon gelegene kleine Geiser, die Oderis holla. Sie springt (1905) ständig. Eine Drosselung durch Gras vermag die Auswurfshöhe auf 5 m und mehr zu erhöhen. Dabei liegt diese Springquelle um weniges tiefer als das Überfallsniveau des großen Geiserbassins. Dagegen ist der

1) TH. THORODDSEN, Geological map of Iceland. 1 : 600 000. Hamburg 1901.

2) K. SCHNEIDER, Vorläufiger Bericht über die Ergebnisse einer Studienreise nach Island im Sommer 1905. Mitt. d. geogr. Gesellsch. Wien. 1905.

3) v. KNEBEL-RECK, Island. S. 227.

4) Ebenda.

5) TH. THORODDSEN, De varme Kilder. S. 199.

6) Ebenda S. 200.

nur weniger höher als der Geiser gelegene King (Konungshver) völlig untätig. Kein Bericht weiß von ihm zu erzählen, daß er tätig war. Doch soll er zu Beginn des Jahres 1897 vorübergehend 1—2 Ellen, also etwas gegen 1 m, über sein Sinterbassin emporgesprudelt sein¹⁾. Das kristallhelle Wasser, das ruhig über das selbstgeschaffene Sinterbassin rinnt, hat eine Temperatur von 93° (1905).

Aus diesem Thermengebiet ist noch eine Quelle besonders hervorzuheben: der Strokkur. Er liegt unweit der Oderis holla am tiefsten von allen bislang genannten (Fig. 1), halbwegs zwischen dieser und dem großen Geiser. Dadurch ist der Strokkur unterschiedlich, daß sich an der Oberfläche kein Sinterkegel gebildet hat, daß vielmehr das Schachtröhre bei 20 m gerade zur Tiefe setzt. »Er ist das beste Beispiel eines tiefen Sinterrohres ohne Sinterkegelbildung«²⁾. Diese Therme hatte früher selbsttätige Eruptionen, welche aber nicht so sehr als Wasser-, wie vielmehr als Dampfausbrüche geschildert werden. »Die Wasserkegel sind nicht massiv wie beim Geiser, sondern hohl, weshalb der Strokkur viel weniger Wasser verbraucht und deshalb länger mit einem Auswurfe anhalten kann, allein sie steigen wohl das Dreifache höher als die des Geiser«³⁾. Aber schon in der Mitte des 19. Jahrhunderts stellte er seine Ausbrüche ein, und nur durch Drosselung war ein Ausbruch hervorzurufen⁴⁾. Selbst das Erdbeben vom

Jahre 1896, das den Geiser zu neuer Tätigkeit erweckt hatte, brachte nur ein Ansteigen des Wassers in der Röhre, das aber bald wieder sank und so wie heute, um etwa 1 m unter dem oberen Rande steht⁵⁾.

Wie bei keiner anderen Therme kann man hier den Zusammenhang mit dem übermäßig vorhandenen Bodenwasser feststellen. Der Stand der Wassersäulen in den großen genannten Thermen ist abhängig vom hydrostatischen Drucke. Zusammensackungen des

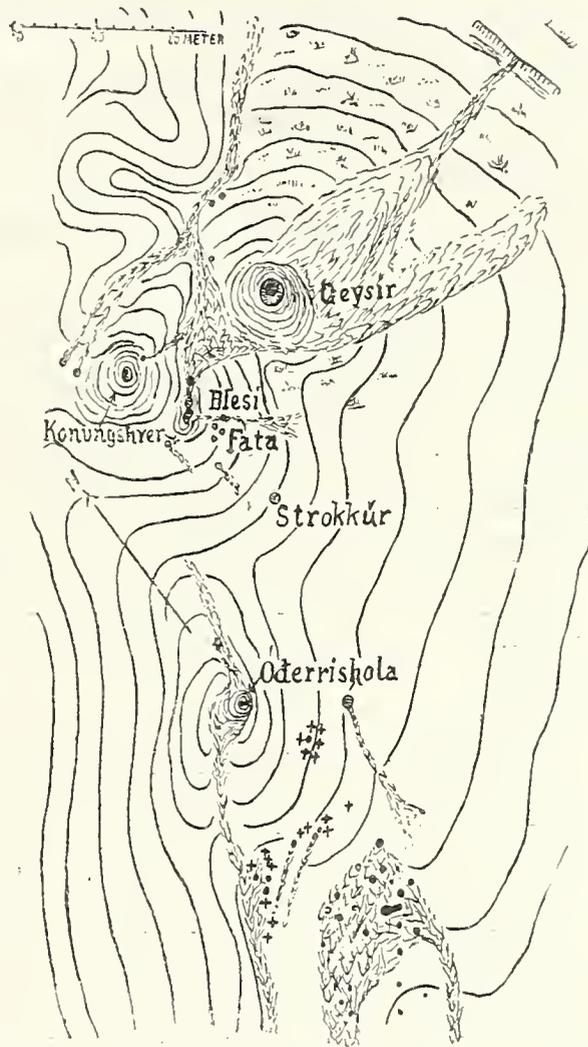


Fig. 1. Kartenskizze der Umgebung des Großen Geiser auf Island (nach Bruun). .. + Kochende und siedende Quellenaustritte.

1) Ebenda S. 209.

2) v. KNEBEL-RECK, S. 229.

3) F. A. THIENEMANN, Reise im Norden Europas. Leipzig 1827. S. 343.

4) PREYER und ZIRKEL, Reise nach Island. Leipzig 1862 u. v. a.

5) TH. THORODDSEN; De varme Kilder. S. 205. Durch Seifenzusatz kann man den großen Geiser und Strokkur zu Eruptionen bringen.

Bodens, durch Erdbeben hervorgerufen, bringen ein vorübergehendes Steigen in den Sinterröhren mit sich. Durch diesen Zusammenhang zwischen dem Bodenwasser und dem in den Thermenröhren ergibt sich die Tatsache, daß je höher der Quellenaustritt der in Frage stehenden Therme, um so mehr die Ausbruchstätigkeit zurückgedrängt ist. Je mehr das Bodenwasser an Vorherrschaft gewinnt (Strokkur), um so seltener die Eruptionen. Daher zeigen die Hauptthermen des Geisergebietes eine so bestimmte Entwicklung und Lebensäußerung.

Die Oderis holla, die tiefste der tätigen Thermen, ist ständig tätig. Das Ausflußrohr ist eng, kaum wenige Zentimeter im Durchmesser. Das überlastende Wasser kann leicht bewältigt werden. Die Wassermassen der am tiefsten gelegenen Therme, des Strokkur, sind zu gewaltig, als daß sie ohne weiteres herausgeschleudert werden könnten. Ist doch der Durchschnitt am Tage 2,5 m. Mit diesem Maß setzt das Rohr bis 8,5 m Tiefe und verengt sich hier auf etwa 30 cm, um sich von da bis 14 m verfolgen zu lassen. Der etwas höher gelegene Geiser zeigt nur mäßige Eruptionen, der am höchsten gelegene King ist »erloschen«. Nordöstlich aber vom Geiser sind untrügliche Reste von heute völlig erloschenen Quellen.

Die übrigen zahlreichen Thermen östlich der besprochenen liegen völlig in der sumpfigen Ebene. Sie haben die Lebensäußerungen der laugar.

Ist diese Tatsache des Zusammenhanges zwischen Bodenwasser und Therme erkannt, so ergibt sich mit Naturnotwendigkeit der Schluß über die Ursachen des Verlöschens der Ausbruchstätigkeit. Zweifacher Art sind diese. Ein vorübergehendes Stagnieren und Aufstauen des Bodenwassers ertötet die Thermen. Das raschere Zufließen des kalten Bodenwassers, das als Gletscherwasser von 0° nicht allzu weit entfernt ist, verursacht in den Steigröhren eine raschere Sinterung in den Tiefen, wodurch einmal der Zufluß beeinträchtigt wird, zum anderen aber wird das Steigrohr auch durch die Therme selbst nach oben erhöht. Dadurch wird ein Überdruck geschaffen, der nur nach längeren Zwischenpausen bewältigt wird, bis er zuletzt, von zwei Seiten angehend, übergroß wird und nicht mehr gezwungen werden kann (King, Gr. Geiser, Strokkur). Auf der anderen Seite aber vermag das langsam vor sich gehende Abzapfen des Bodenwassers durch Tieferlegung der Erosionsrinne bei den Tagwässern auch wieder einzelne kleine Thermen zu erhöhter Tätigkeit erwecken (Oderis holla und vielleicht einige der namenlosen Thermen im Umkreis). Dieses Abzapfen kann aber die höher gelegenen Thermen deshalb nicht mehr ins Leben zurückrufen, weil sich diese durch den eigenen Höherbau der Sinterrohre die Ausbruchsmöglichkeit selbst genommen haben.

Es sind also aus natürlichen topischen Verhältnissen sich ergebende Ursachen, welche die Tätigkeit der einzelnen Hauptthermen bestimmen und regeln. Es ist nicht nötig, dafür die Erdbeben heran-

zuziehen, obwohl es selbstverständlich ist, daß diese mitbestimmend wirken können. Aber nicht dadurch, daß »das Grundwasser vor allem an tektonischen Linien, also in Rissen und Spalten, zu größerer Tiefe hinab steigt, bis es in der Nähe des Vulkankontaktes erhitzt seinen Kreislauf fortsetzt und als Solfatare oder Therme zur Erdoberfläche zurückkehrt«¹⁾, werden sie bestimmend, sondern wohl vielmehr dadurch, daß Erdbeben Sackungen des lockeren Schwemmbodens nach sich ziehen, die ihrerseits wieder den Bodenwasserspiegel beeinflussen. Daher werden tieferliegende Thermen in ihrer Springertätigkeit beschnitten, während der Wasserspiegel selbst steigt, höher gelegene vom Überdruck des Bodenwassers vorübergehend befreit wieder neu aufleben, um aber bald in das vorhergegangene Stadium zurückzusinken, sobald das Bodenwasser zum normalen Ausgleich mit seiner Niveaubasis gekommen ist.

Würde man durch einen Lauf das Geiserbassin abzapfen, so daß die Wassersäule in dem Geisersteigrohre nicht die jetzige Höhe erreichen könnte, so würde ohne Frage die »Tätigkeit« erhöht oder verjüngt werden. Auf diese Weise gelang es z. B. MALFROY, durch Abzapfen einer 60 cm hohen Wasserschicht bei der Puia-Therme auf Neuseeland diese in eine Springquelle von 9—12 m zu verwandeln²⁾.

Tieferlegung durch Erosion und damit Hand in Hand gehende Veränderung des Niveaus des Bodenwassers hat auf der letztgenannten Insel aus einer Springquelle eine Fumarole werden lassen. Die Karapiliquelle im Otumaleketal war zur Zeit des Besuches durch DIEFFENBACH ein gewaltiger Sprudel, der sein Wasser 2—3 m hoch warf. Als v. HOCHSTETTER einige Jahre später diese Stelle besuchte, war eine Dampfquelle an der gleichen Örtlichkeit. Der Dampfstrahl hatte eine schräge Richtung und strömte mit solcher Gewalt aus, daß über den Austritt gelegte Zweige 6—10 m hoch emporgeworfen wurden³⁾. Ein Bach, der nahe vorbeifloß, hatte die Abzapfung des Bodenwassers verursacht.

Daß aber die Erhitzung des Bodenwassers bis auf mehr als 100° (durch Überdruck) durch unter dem Alluvialboden hervorbrechende Fumarolen hervorgerufen wird, welche zugleich auch in ihren Änderungen die chemischen Bestandteile mit sich bringen, ist an den Thermen im Geisergebiet selbst zunächst nicht nachzuweisen. Aber Fumarolen mit Temperaturen von 92° können in ihrer Umgebung festgestellt werden. Dazu kommen die oben geschilderten analogen Verhältnisse am Námufjall, wo der Zusammenhang zwischen Fumarolen, Springquellen und Schlammvulkanen Schritt für Schritt nachgewiesen werden kann. Daß in dem Geisergebiet trotz Sumpflandschaft

1) v. KNEBEL-RECK, l. c. S. 229.

2) Transactions of the New Zealand Institute 1891. S. 579.

3) HOCHSTETTER, Neuseeland. S. 254.

Schlammvulkane nicht zur Ausbildung kommen, das Wasser vielmehr von einer unbeschreiblichen Klarheit und Reinheit ist, hat seine Ursache darin, daß die Alluvionen, soweit sie an den Ufern der nahen Hvitá zu beobachten sind und zwischen dem durch Wind und Frost aufgerissenen Grasboden in weiterer Umgebung durchschauen, aus sandigem Material bestehen, nicht aus leicht zersetzbarem, tuffigem Boden wie am Námufjall.

Daß zwischen Fumarolen, Bodenwasser und Thermen ein genetischer Zusammenhang besteht, und zwar derart, daß Fumarole und Bodenwasser die Therme erzeugen, ist direkt zu beobachten in dem Thermengebiet um Krisuvik in Südwestisland.

Die pneumatitischen Phänomene nördlich von dem Gehöfte Krisuvik dehnen sich in nicht allzu breiter Ausdehnung am Fuße eines langgezogenen Bergrückens. Er ist zur Gänze aus Palagonitbreccien zusammengesetzt, ein Material, das auch an seinem Südostfuße die weite Ebene aufbaut. Die Kaldá nimmt ihren Lauf in Südwestrichtung durch sie und entwässert den wahrscheinlich durch Stau gebildeten mäßig großen Klefarvatn. Da das Gefälle des Flusses ein geringes ist, ist die ganze Ebene im Westen zu einem sumpfigen Gelände umgewandelt, das durch kleine Rinnsale unterbrochen wird, welche von dem oben erwähnten Bergrücken zur Kaldá streben. Knapp an einem derartigen Bächlein inmitten gänzlich aufgeweichten Bodens tritt innerhalb weniger Quadratmeter eine ganze Anzahl Pneumatitica auf¹⁾. Hart nebeneinander finden sich Solfataren, Springquellen, Fumarolen stark nach H₂S riechend, und Schlammvulkane. Letztere liegen näher zu dem Bache. Drosselt man durch Rasenstücke die Fumarolen, so tritt sofort eine Steigerung der Tätigkeit an den Springquellen und Schlammvulkanen auf, die sich noch erhöht, wenn man auch die Solfataren fesselt. In dem gleichen Augenblicke aber, wo man auch die Springquellen durch Rasenstücke mundtot macht, quillt der Schlammvulkan auf und wirft mächtige Schlammmassen aus. So oft man das Experiment versucht, erneuert sich das Schauspiel. Dämmt man durch aufgeworfene Erde das fließende Wasser nur um wenig von der Springquelle ab, so hört nicht nur das Springen auf, sondern auch der Schlammvulkan hält in seiner Tätigkeit ein, und an Stelle der Springquelle tritt ein vorherrschendes Dampfausstrahlen ein. Es gelingt sehr rasch, die Zusammengehörigkeit einzelner Komplexe festzustellen, wenn auch erst größere Vergewaltigungen nötig sind, um alle Pneumatitica auf einmal in Erregung zu bringen. Allerdings gelingt es nicht, durch die im Tale vorgenommenen Experimente die Gasexhalationen am Hange des Bergzuges zu erhöhter

1) v. KNEBEL-RECK, l. c. gibt auf Tafel XXV, Abb. 46 einen Überblick. Über die farbigen Nuancierungen des Bodens gewährt das Farbenbild Tafel XXIV gute Vorstellung. Vgl. den Text S. 225.

Tätigkeit auzuspornen, obwohl es nicht ausgeschlossen erscheint, auch sie in ihrem Wirken zu beeinflussen.

In keinem anderen Gebiete Islands konnten diese Versuche in so ausgedehnter Form wiederholt werden. Einmal ist die geringe Ausbreitung des Gesamtphänomens besonders günstig, zum anderen auch die Abgeschlossenheit der Gegend selbst.

Aus den einige Male und abwechselnd durchgeführten Versuchen an dieser Stelle ergab sich der unumstößliche Beweis, daß hier Thermen, Solfataren, Fumarolen und Schlammvulkane in inniger Wechselbeziehung zueinander stehen, daß das Primäre immer die Dampfaustritte sind, welche mit Bodenwasser gemengt Springquellen und Schlammgesprudel erzeugen.

Diesen Zusammenhang zwischen Bodenwasser und Fumarole und die daraus hervorgehenden Springquellen hat auf der gleichen Halbinsel v. KNEBEL knapp am Meere feststellen können¹⁾. An der äußersten Südwestspitze knapp am Meere befindet sich ein weites Solfatarenfeld, das aus altem klastischem Material hervorbricht. In seiner Umgebung treten rezente Rheumatika auf. Die schwefeligen Dämpfe, die hier aufsteigen, schlagen gelben S nieder, desgleichen CaSO_4 . Daneben treten zahllose Fumarolen auf, welche »zum größten Teil aus Wasser« (Dampf) bestehen. Durch Kondensierung dieser Dämpfe werden einige kleine Pfühle gebildet, welche keinen auch »noch so kleinen Wasserlauf« bilden. Wichtig ist nun v. KNEBELS Fund von alten, aus reiner SiO_2 bestehenden Sinterdecken über den bunten Solfatarenprodukten; bei echten Solfataren treten nirgends derartige Sinterabsätze auf.

Mit Recht zog daher v. KNEBEL den Schluß: »Die Solfataren von Reykjanes waren also vorübergehend in Thermen übergegangen, um dann wiederum den Charakter der reinen Solfataren anzunehmen.« Dies war aber nur möglich durch Hinzutreten von Grundwasser, das erst Springquellen werden ließ.

Bedeutsam ist, daß das Umwandeln von Solfataren in Springquellen an dieser Stelle wieder eintrat. SAPPER berichtet, daß ein Jahr nach v. KNEBELS Besuch an derselben Stelle das letztgenannte Ereignis wieder eingetreten war, »indem in der Nähe des Meeres ein Geiser zur Zeit der Flut in regelmäßigen Zwischenräumen Salzwasser auswarf, während er zur Ebbezeit ruhte«²⁾.

Noch ein besonderes Phänomen in dieser Gegend sei hervorgehoben. Etwa 1 km von der Küste entfernt, wenig über 10 m hoch über dem Meeresniveau, beobachtete v. KNEBEL einen Geiser. »Er muß wohl

¹⁾ W. v. KNEBEL, Studien in den Thermengebieten Islands. Naturw. R. 1906. — Studien auf Island im Sommer 1905. Globus 1905. S. 313. — v. KNEBEL-RECK, Island. S. 218 ff.

²⁾ K. SAPPER: v. KNEBEL, Studien in den Thermengebieten Islands. Peterm. Mitt. L. B. 345. Jg. 1907.

sehr jung sein, denn seine eigenen Absätze sind noch minimal; seine Haupttätigkeit war bislang fast ausschließlich auf die Zerstörung des Nachbargesteines beschränkt geblieben, in dessen Mitte er arbeitete. Seine Tätigkeit war deutlich beeinflußt von Ebbe und Flut. Ebbe bedeutete für den Geiser die Ruheperiode, zur Flutzeit muß der Andrang des Wassers sich bis zu seinem Quellreservoir bemerkbar machen und es zur Eruption veranlassen «¹⁾. Es ist hierbei wohl nicht an einen direkten Zusammenhang zwischen Meer- und Quellwasser zu denken. Wohl aber besteht er insofern, als durch das Steigen des Meeres zur Flutzeit auch das Bodenwasser gestaut wird und gleichsam anschwillt, um bei Ebbe wieder abfließen zu können. Da Ebbe und Flut in Island zwischen 2—4 m schwankt, so ist dadurch tatsächlich eine ständig wechselnde Niveauverschiebung der Basis des Bodenwassers verursacht, welche selbst auf die Entfernung von 1 km hin sich bemerkbar machen muß, zumal der Zeitunterschied zwischen Hoch- und Tiefstand lang genug ist.

Die hier geschilderten Vorgänge, daß Meereswasser auf das Entstehen von heißen Quellen bestimmend einwirkt, scheint auch an anderen Stellen der Erde vorzukommen. So berichtet C. FUCHS²⁾ von der Insel Umnak (Aleuten) von drei dicht beieinander liegenden Quellen, von denen die eine nahezu kochend ist, die andere mäßig warm, die dritte kalt. »Es geht die Sage unter den Eingeborenen, daß diese drei Quellen einst ihre Rollen getauscht, und daß die jetzt kalte Quelle einst die heiße gewesen sei.«

Alle diese genannten Beispiele sind aus Gebieten, welche in postglazialer, bzw. historischer Zeit Ausbrüche vulkanischer Natur zeitigten. Ganz analoge Verhältnisse zeigen sich aber auch in der Basaltregion Islands. Wo immer heiße oder warme Quellen auftreten, ist ihr Zusammenhang mit dem Bodenwasser unschwer nachzuweisen. Mit Recht hat daher von KNEBEL in der genannten Studie den Satz aufstellen dürfen, daß die Thermen »im Grund- (besser Boden-)wasser ertrunkene Solfataren, die Solfataren aber als trockene Thermen« aufzufassen sind. Da freilich der Schwefelgehalt der isländischen Thermen ein geringer ist³⁾, muß dieser Satz dahin eine Änderung erfahren, daß sie nicht ertrunkene Solfataren, sondern ertrunkene Fumarolen sind. Mit diesen Fumarolen steigen in Gasform die chemischen Elemente mit zur Oberfläche, welche das Thermenwasser der Insel auszeichnen. Nur diese Gasgemenge sind juvenile Erscheinungen, das Wasser aber ist vados. Der Gehalt an juvenilem Wasser ist gleich Null. Die Thermen Islands sind demnach Mischungspro-

1) v. KNEBEL-RECK, l. c. S. 219.

2) C. FUCHS, Die vulkanischen Erscheinungen d. Erde. Leipzig 1865. S. 280.

3) Von den Analysen des Geiserwassers erreichen in 1000 Teilen Wasser die Schwefelverbindungen 0,1675, die Kieselsäureverbindungen 0,7676. TAYLOR, Z. f. allg. E. Berlin N. F. 1. 1856. S. 457 f.

dukte aus juvenilen Gasen überwiegend und weitaus vorherrschenden vadosen Bestandteilen.

Eine zweite für die Genese der Thermen wichtige Frage lassen die pneumatitischen Phänomene Islands zur Lösung bringen. Es ist der Zusammenhang mit vorhandenen Bruchspalten. Seitdem das »Spaltenmotiv« die tektonischen Prinzipienfragen in Erregung hält, sind auch die Thermen als Objekt für das Vorhandensein und Gebundensein an Spalten herangezogen worden.

Eines ist sicher, wie die vulkanischen Erscheinungen in ihrer Gesamtheit an die großen Zerrüttungszonen des Erdfesten geknüpft sind, so auch die pneumatitischen Evolutionen; anders liegt die Frage: Weisen Thermen durch ihr Auftreten auf vorhandene Spalten hin?

Das Geisergebiet findet sich in einer großen Zerrüttungszone¹⁾, aber die das Gelände auflösenden Bruchlinien liegen fern dem eigentlichen Quellengebiet. Die Austrittspunkte finden sich nicht in linearer Ausdehnung, sondern verbreiten sich flächenhaft sowohl nach der Längsrichtung als auch nach der Breite. Der Zusammenhang, der zwischen den einzelnen Quellen liegt, wie z. B. bei Krisuvik, am Námufjall, u. a. a. O. läßt die Vermutung zur Gewißheit werden, daß der Austritt der Fumarolen nicht unbedingt an vorhandene Bruchspalten gebunden ist. Gerade die Tatsache, daß auf Island Quellen nicht in der erwarteten Längsrichtung sich finden, sondern vielmehr von dieser nach den Seiten abspringen und sich nur auf kleine Flächen lokalisieren, spricht mehr für die Selbständigkeit des Phänomens bei seinem Austritt, für ihre Unabhängigkeit von tektonischen Leitlinien.

Daß aber Thermen vorhandene Klüfte benutzen, ist in ausgezeichneter Weise bei dem Gehöfte Klepjarnsreykil auf dem Wege nach Reykholl wahrzunehmen (Fig. 2). Der völlig nackte Basalt zeigt an dieser Stelle zwei schaarende Klüfte. Ihre Öffnung zutage erreicht $1/2$ —1 dm. Sie liegen SW—NO. Entlang den Klüften brodelnd kochendes Wasser auf. An der Scharungsstelle ist ein mächtiger Springquell. Kaum 2 m davon ein zweiter. Trotzdem der Boden außerhalb der Sinterlage völlig frei einer Humusschicht ist, läßt sich eine Fortsetzung der Spalte nach einer der Situationsrichtungen nicht wahrnehmen. Auch an dieser

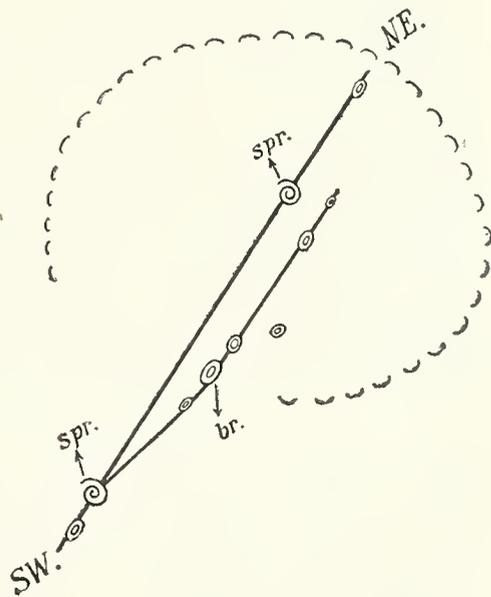


Fig. 2. Thermenaustritte auf Klüften in Basalt bei Klepjarnsreykil auf Island. spr. Springquellen, br. Brodelnde Quellenausstritte.

Trotzdem der Boden außerhalb der Sinterlage völlig frei einer Humusschicht ist, läßt sich eine Fortsetzung der Spalte nach einer der Situationsrichtungen nicht wahrnehmen. Auch an dieser

¹⁾ W. v. KNEBEL, Vorläufige Mitteilung über die Lagerungsverhältnisse glazialer Bildungen auf Island. Zentralbl. f. Min. G. Jahrg. 1905. Profil. S. 544.

Stelle ist der Zusammenhang der Quellen miteinander bald nachzuweisen, desgleichen der mit dem vorhandenen Bodenwasser.

Die Beobachtungen an den Thermen Islands lassen es als sehr gewagt erscheinen, aus dem bloßen Auftreten von heißen Quellen und verwandten Erscheinungen auf das Vorhandensein langer Bruchspalten zu schließen. Der Fall von Klepjarnsreykil zeigt mit aufdringlicher Deutlichkeit, daß etwa vorhandene Spalten über das Ausbruchgebiet nicht hinausreichen.

Thermen sind an Zerrüttungsgebiete geknüpft, bilden aber in diesen für sich abgeschlossene Gebiete. Nicht die Spalten, sondern das vorhandene Bodenwasser ist für ihren Bestand ausschlaggebend.

III.

Der Zusammenhang zwischen Fumarolen und Bodenwasser wird besonders dort klar, wo reichliche, aber periodische Niederschläge mit stark aufsaugendem Boden zusammentreffen, wie es das Gebiet Süditaliens zeigt.

Daß die süditalienischen Vulkane in einem weiten und großen Zerrüttungsgebiete liegen, hat vor kurzem erst wieder W. KRANZ ausführlich gezeigt¹⁾.

Über die Natur der in dieser Gegend aufgeworfenen Massen liegen ausgezeichnete und scharfe Beobachtungen in den verschiedensten Sprachen mit außerordentlicher Reichhaltigkeit vor. Die Thermen freilich haben bislang wenig Beachtung gefunden. Kurze flüchtige Notizen, Temperaturangaben liegen vor, mehr nicht. Am genauesten ist die Solfatara bekannt. Sie hat durch H. HAAS die letzte eingehende Besprechung erfahren²⁾. Aber nur deswegen fand die Solfatara Beachtung, da sie etwas mehr hervortritt, und an dieser Stelle im 12. Jahrh. ein Ausbruch stattgehabt haben soll, ein Ereignis, das heute noch nicht sicher nachgewiesen ist. Höchstwahrscheinlich war das ganze Phänomen dieser Zeit nichts anderes als eine lebhaftere Solfatarentätigkeit. Ein Ausbruch, sei es klasmatischer oder rheuklastischer Natur wäre für die Zeitgenossen bedeutsam genug gewesen, um verzeichnet zu werden, war doch die ganze Gegend damals im Mittelpunkt höchsten politischen Interesses.

Die geringe Kenntnis der Thermen Süditaliens beruht zum größten Teil darauf, daß dieses Phänomen gegenüber den anderen vulkanischen Prozessen in dieser Gegend völlig zurücktritt. Ihre Verbreitung ist eine äußerst geringe. Sie gruppiert sich an zwei Stellen: Einmal an den phlegräischen Feldern entlang des Meeres von Bagnoli bis

¹⁾ W. KRANZ, Vulkanismus und Tektonik im Becken von Neapel. P. M. Jahrg. 1912. S. 131 f.

²⁾ H. HAAS, Über die Solfatara von Pozzuoli. N. Jb. f. M. Geol. Jahrg. 1907. Bd. II. S. 65 ff.

Bajae, zum anderen auf der aus dem Meer aufragenden Insel Ischia.

Nur einmal wird aus einer anderen Gegend Süditaliens von Dampf- bzw. Gasexhalationen berichtet. Es ist am Lago de Ansanto unweit von Frigento, halbwegs zwischen Neapel und dem Mt. Vulture¹⁾. Kohlensäure und Schwefelwasserstoff sollen aus stagnierendem Wasser auf die Erdoberfläche streben²⁾.

Gelegentlich treten warme Quellen auch in der Gegend des Vesuv auf³⁾. So wurde unter anderem ein Geiser bei Pompeji gelegentlich aufgeschlossen⁴⁾. Allein nirgends erreichen sie eine Bedeutung. Um so häufiger sind die allenthalben zu beobachtenden Gasaustritte, welche bei Ausbrüchen des Vesuvs vielfach stärker hervortreten. Bei den Tunnelbauten in der Nachbarschaft Neapels stieß man wiederholt auf Dampfquellen und warmes Wasser⁵⁾. Die überhohe Temperatur dieser Tunnel heutigentages ist nicht auf den lebhaften Bahnverkehr allein zurückzuführen, sondern auf die Tatsache, daß diese Dampfexhalationen auch gegenwärtig noch andauern. An zahlreichen Stellen kann man in den Tunneln unter dem Mt. Posilippo warmes Wasser an den Wänden und von der Decke tropfen sehen. Da es von den Seiten und von oben kommt, ist offenkundig, daß es durch Dämpfe erwärmtes Bodenwasser ist. Dieses hat aber in der ganzen weiten Umgebung von Neapel in dem Lockerboden, der das Gebiet erfüllt, Spielraum genug.

Das ganze Gelände um den Vesuv und um Neapel herum wird vorwiegend durch klasmatische Materialien aufgeführt. Rheumatische Ergüsse nehmen nur eine geringe Verbreitung ein. Die periodischen Niederschläge, die in Süditalien 800 mm, in Neapel 830 mm erreichen⁶⁾, verschwinden rasch im Boden. Der Mangel eines fließenden Tagwassers ist typisch.

Das nahe Meer setzt dem um so reichlicheren Bodenwasser seine Niveaugrenze. Dem Meeresspiegel wird dieses mit seinem unterirdischen Gefälle hinstreben. Daher treten denn auch alle »Thermen« nur entlang des Meeres in nicht allzu großer Entfernung von diesem auf. Nirgends kommt es zu Springquellen, die erregenden Fumarolen können allenthalben entweichen. Wo sie sich enge mit dem Boden-

1) CH. DAUBENY, Vulkane. Deutsch v. LEONHARD. Stuttgart 1851. S. 118 f.

2) Bei meinem Besuche in Süditalien (1906) habe ich dieser Stelle keine Zeit widmen können. Auch in der einschlägigen Literatur, soweit sie mir zur Verfügung steht, konnte ich keine weiteren Notizen finden. Nach allem scheint es sich um einen Schlammvulkan zu handeln. Immerhin würde ein gelegentlicher Besuch dieser Örtlichkeit wünschenswert erscheinen.

3) CH. DAUBENY, l. c. 137 u. a.

4) E. ODDONE, Sui geysirs e sui pseudogeysirs. B. S. sismol. Ital. 1908/09. Modena 1909. S. 89 f.

5) W. DEECKE, Geol. Führer durch Campanien. Berlin. 1901.

6) J. HANN, Handbuch der Klimatologie S. 29 und 32.

wasser vermengen, wie in der Stufe di Nerone, werden Temperaturen von 67° und mehr erreicht. Wo aber das Bodenwasser geringer ist, treten die Fumarolen selbständig hervor wie in der bekannten Solfatara. Daß die Fumarolen an dieser Stelle Bodenwasser passieren, läßt sich an einzelnen Stellen festlegen. H. HAAS vermerkt diese Erscheinung gleichfalls und führt aus, daß an einer solchen Stelle »die gurgelnden Geräusche des siedenden Wassers, das die etwa 2,7 m tiefe Höhlung (in der Solfatararegion) erfüllte, aber nicht bis zur Oberfläche, sondern nur bis zur Höhe von $\frac{1}{2}$ m unter dieser emporstieg«, deutlich vernehmbar waren¹⁾.

Die Verhältnisse auf Ischia sind im allgemeinen denen der phlegräischen Felder gleich. Auch hier treten die Thermen an der Küste hervor, weiter aufwärts aber nur Fumarolen. Weitere Schlüsse lassen sich aus den wenigen Studien an den Thermen Süditaliens nicht ziehen. Sie sind zu gering. Aber immerhin bieten sie Analoga zu denen Islands. Sind zwar größere Probleme im neapolitanischen Gelände noch immer offen, und beherrschen diese wohl noch auf lange die Interessen, so wird man doch daran gehen müssen, auch diesen untergeordneten Vorgängen das Augenmerk zu widmen. Immer aber bleibt es beachtenswert, daß trotz reichlicher Niederschläge, welche in dem Lockerboden rasch zur Tiefe eilen, keine bedeutenden Thermalquellen auftreten, sondern vielmehr nur Fumarolen, und daß sie eine bestimmte räumliche Anordnung besitzen und eine analoge Stellung haben wie in Island.

Ist auch die Behauptung von FUCHS vollinhaltig richtig, daß absolute Thermen, d. i. nach ihm Thermen mit mehr als 30° , an allen Stellen der Erde vorkommen, »unter dem Meeresspiegel liegen und auf den höchsten Gipfeln der Erde entspringen«, »vom Pole bis zum Äquator reichen«²⁾, so ist doch in jedem einzelnen Falle genau ihr Verhalten zum Umlande festzulegen und das Verhältnis zum Bodenwasser festzuhalten.

IV.

Auf Grund der Kenntnis des tektonischen Gefüges und des geologischen Aufbaues des nordwestlichen Böhmens muß heutigtages die »böhmische Thermalspalte«, welche C. G. LAUBE zusammenfassend trefflich zu schildern wußte³⁾, der »böhmischen Thermalzone« weichen. Sie beinhaltet das Erdenstück, das unter wechselnder geologischer Geschichte von der Elbe bis zum Fichtelgebirge und vom Erzgebirge bis zu den Kreideablagerungen südlich der Eger, bzw. zu dem stehengebliebenen Südflügel des Erzgebirges reicht. Innerhalb dieses Stückes treten die Thermen, kalte, warme und heiße, nicht längs einer

1) H. HAAS l. c. S. 83.

2) FUCHS l. c. S. 535.

3) C. G. LAUBE, Exkursionen im Thermalgebiete d. nordw. Böhmens. Leipzig 1884.

gemeinsamen »Spalte« auf, stehen vielmehr jede für sich einzeln da, so daß man nur von einem zonenartigen Auftreten sprechen kann. Dabei ist der westliche Abschnitt reichlicher mit diesem Phänomen ausgestaltet als der Osten.

Im Osten und Westen ist nicht die eigentliche Grabensenkung die Heimat des topischen Vorkommens. In beiden Teilen sind es die Südflügel, die damit bestellt sind. Dort der porphyrische Südflügel des Teplitzer Porphyrostockes, hier der Granit des Kaiserwaldes. Dort erreichen die Thermen eine Temperatur, welche zwischen 28—46° schwankt, hier erreichen sie mit 74° die Höchsttemperatur. Somit besitzt der östliche Teil nur warme, der westliche heiße Thermen. Gering ist die Zahl der kalten Thermalquellen im Osten im Vergleich zum Westen, wo dieses Phänomen an einzelnen Stellen so häufig auftritt, daß nahezu jedes Dorf seinen Säuerling besitzt.

Beide Quellenkomplexe, der östliche, als auch der westliche treten nicht in jungvulkanischen Gebilden zutage, sondern entfernt von diesen auf, ein Umstand, auf den schon LAUBE mit Nachdruck hingewiesen hat¹⁾. Das Alter ist bislang in keinem Falle noch mit Sicherheit nachgewiesen, wenn auch schon ebenfalls LAUBE hervorgehoben hat, daß sie kaum älter als Miocän sind²⁾. Sicher sind sie nicht gleichaltrig. Das östliche Phänomen ist relativ älter als das westliche und somit besteht der Satz zu Recht, daß die Thermen um so jünger sind, je weiter sie gegen Westen zur Erscheinung treten. Es spiegeln sich in der pneumatitischen Phase des Vulkanismus im Böhmen die der klasmatisch-rheumatitischen Phase wieder³⁾. Es sind sonach die Teplitzer Thermen relativ älter als die Karlsbader, und diese wieder älter als die von Marienbad-Franzensbad.

Die Teplitzer Quellen treten, wie erwähnt, aus Porphyr aus. Dieser entspricht völlig dem erzgebirgischen, von dem er durch einen Grabenbruch abgetrennt wurde. An der Süd- und Ostseite wird der Porphyr von Pläner begrenzt, an der Nord- und Westflanke von der Braunkohlenformation. Der Pläner hat ehemals wohl den ganzen Porphyr überlagert, und oberturone Mergel sind durch Erscheinungen, welche mit den Thermen in Zusammenhang stehen, fluoritisiert worden. Auch Hornstein und Baryt wird in den Sandsteinen beobachtet. Da aber das Austreten der Thermen überhaupt von der Umhüllung des Porphyrs durch die untermiocänen Braunkohlensedimente abhängig ist, so kann danach das Alter dieser Quellen nicht älter als untermiocän sein. Unter allen Umständen quollen im mittleren Tertiär an dieser Stelle bereits Thermen⁴⁾.

1) C. G. LAUBE l. c. S. 10.

2) Ebenda S. 15.

3) K. SCHNEIDER, Vulkanologische Studien aus Island, Böhmen, Italien. Lotos 1906. Nr. 7/8.

4) Nach freundlicher Mitteilung von Prof. J. HIBSCH.

Die Quellen treten an dieser Stelle in zwei Hauptgruppen auf. In ostwestlicher Gruppierung im Stadtbereich Teplitz und in nordsüdrichtung in Schönau. Außer diesen beiden Quellensystemen zeigen zahlreiche Hausbrunnen übernormale Wasser. Daß aber beide Gruppen in einem inneren Zusammenhang stehen, ergab sich mit untrüglicher Sicherheit im Jahre 1879. In diesem Jahre wurde am 10. Februar in einer Teufe von 60 m u. T. der Teplitzer Porphyrstock im Döllinger Schacht bei Dux (7 km Entfernung) angeschlagen. Ein Wasserbruch war die Folge, der sich rasch über die benachbarten Stollen »Fortschritt« und »Nelson« ausdehnte. Etwa 60 Stunden später am 13. Februar, begannen die Teplitzer Quellen plötzlich zu versiegen, und auch die Schönauer Thermen, sowie überhaupt alle im Porphyrstock auftretenden Quellen verschwanden später nach und nach. Die Janegger Riesenquelle, deren Temperatur 28° betrug, versiegte — für immer. Durch Verdämmung der Einbruchsstelle konnte das Wasser der Thermen wieder gestaut werden, wenn es auch nicht mehr zum Tage in natürlichem Auftrieb kommt, und ein getriebener Schacht dem Quellengange entgegenkam¹⁾. Nachfolgende gleiche Ereignisse in den Gruben im Jahre 1887 und 1892 hatten nicht mehr diese nachhaltigen Folgen, da bereits gewisse Vorkehrungen getroffen waren. Da erwiesenermaßen trotz des für längere Zeit abgelenkten Wasserzuges an den Thermen von Teplitz und Schönau keine chemische Änderung eingetreten ist, »daß sich der Charakter der Quelle sohin erhalten hat«, zeigt deutlich darauf, daß die Genese der Thermen keine überschächtige ist, daß aber ihr Auftreten mit dem Bodenwasser selbst zusammenhängt. Sobald dieses durch 7 km in der Luftlinie entfernte Vorgänge seinen Halt eingebüßt hatte, nahm es seinen Abzug nach dieser Richtung. Die eigentlichen Quellengänge blieben leer. Daß wirklich Thermenwasser abgezapft worden war, ging aus der hohen Temperatur des Schachtwassers hervor ($+ 23^{\circ}$, um 13° höher als normal). Bei der Teufung nach den Quellen in Teplitz aber waren die Arbeiten von großen Wärmemengen stark behindert. Die Abzapfstelle lag 60 m unter dem Tagkranz, d. i. nahezu die gleiche Tiefe unter dem Quellenaustritte der Thermen in Teplitz.

Die Katastrophe vom Jahre 1879 hat für das Quellenproblem in Teplitz-Schönau ergeben: Alle Einzelthermen, die Teplitzer und Schönauer, stehen untereinander im Zusammenhang und haben demnach auch eine gemeinsame Ursache. Nur äußere Umstände können die verschiedene Temperatur bedingen. Das Anschlagen und Abzapfen des in dem Porphyrstock angestauten Bodenwassers, selbst

1) F. KATZER, Geologie v. Böhmen. Prag 1902. S. 390 f. — F. SUESS, Bau und Bild der böhmischen Masse. Wien-Leipzig 1903. — C. G. LAUBE, in Festschrift zur 72. Vers. deutscher Naturf. u. Ä. Karlsbad 1902. II. Bd. S. 255 ff.

in einer Entfernung von einigen Kilometern genügt, um den Stand des Bodenwassers gänzlich zu verändern und damit die Thermen völlig in Frage zu stellen (Janegger Riesenquelle). Die Schachtarbeiten bei den Neufassungsarbeiten zeigten hohe Temperaturen, welche mit den Temperaturen der Thermen nicht übereinstimmten, sondern weit übertrafen. Die an gleicher Stelle, wie ehemals neuerdings zutage tretende Therme ist durch nichts unterschieden von der früheren, die Höhe des Wasserstandes ausgenommen.

Verwickelter und zugleich interessanter gestalten sich die Verhältnisse im Karlsbader Thermengebiet. Sie liegen nicht im eigentlichen Bruch- und Störungsterrain, sondern um wenige Kilometer abseits davon, innerhalb der Erosionsschlucht der Tepl. Will man versuchen, das Alter dieser Quellen festzustellen, so ist es nötig, einen kurzen Überblick über die in Betracht kommenden Verhältnisse zu geben. Durch die Tätigkeit des Wassers ist der Untergrund völlig aufgedeckt, durch zahlreiche Bohr- und Brunnenarbeiten, Grundaushubungen usw. eine reiche Fülle von Details zur Kenntnis gekommen, welche ihrerseits zahlreiche Beschreibungen und Theorien über das Quellenphänomen auslösten¹⁾.

Als eines der wichtigsten Ergebnisse aller dieser Erfahrungen ist die Tatsache, daß im Grunde des Tepeltales und an seiner linken Flanke auf einer 1890 m langen und etwa 180 m breiten Zone Hornsteingänge aufgedeckt wurden, in welchen an einzelnen Stellen Granittrümmer angehäuft sind, die mit dem Hornstein zu einer festen Breccie verkittet sind. Nach v. HOFF, der die Bedeutung dieser Gänge wohl zum ersten Male richtig erfaßte, werden diese letzteren Gebilde kurz die HOFFsche Breccie genannt. Tatsache ist weiter, daß sämtliche Quellen mehr weniger mit diesen Hornsteingängen zusammenfallen oder doch knapp daneben zur Oberfläche gelangen.

Diese Hornsteingänge, auch Hornsteingranit genannt, streichen durchschnittlich mit N20°W bei vielfach saigerer Stellung oder doch mit wenigstens 80° gegen WSW fallend. VON HOFF hat sie als ein eine Dislokation erfüllendes Trümmergestein aufgefaßt. Allein ihre geringe Ausdehnung, ihr völliges Auskeilen in NNW und SSO, das mächtige Anschwellen gerade dort, wo heute noch die zahlreichen Thermen emporquellen, der Umstand, daß sie eigentlich an der Grenze der beiden Hauptgranitvarietäten, dem Dreikreuzberg und dem Hirschsprunggranit, verlaufen, lassen diese Auffassung nicht zu Recht bestehen. Die Verhältnisse erinnern mutatis mutandis an die oben geschilderten topischen Zustände der Quelle von Klepjarneykill. Gerechter wird man der Erklärung dieser Hornsteingänge,

¹⁾ J. KNETT hat die ältere in Betracht kommende Literatur geschickt in seiner obengenannten Beschreibung des Bodens der Stadt Karlsbad wiedergegeben, so daß hier nicht weiter darauf eingegangen zu werden braucht.

wenn man an eine natürliche Kluft denkt, die keinen Zusammenhang hat mit den Erzgebirgsbrüchen. Ein solcher konnte ja auch noch nicht nachgewiesen werden. Daß solche natürliche Klüftungen und Höhlen in dem Granit bestehen, geht aus einer Reihe von Beobachtungen hervor, von denen nur jene hervorgehoben werden soll, welche A. ROSIWAL bereits vor längerer Zeit niederlegte¹⁾. Bei den Beräumungsarbeiten in der Umgebung der »russischen Krone« im November 1893 wurde in der Richtung der Quellenspalte eine höhlenartige Erweiterung festgestellt von etwa 3,5 m in die Länge, 1 m in die Breite und 4 m Tiefe. Sie war bis 1,5 m mit Granitdetritus und reinem Eisenocker ausgefüllt. Die Herkunft dieses Granitdetritus war naheliegend. Er wurde hineingeschwemmt. Ob die Granitbrocken der HOFFSchen Breccie in die klaffende Schlucht vom Tage gebracht wurden, mag einstweilen dahingestellt bleiben. Naheliegend ist die Vermutung, wenn beachtet wird, daß die Hornsteingänge das Herrschende in der Erscheinung sind und nicht die Breccie, reine Hornsteingänge von bedeutender Mächtigkeit ($\frac{3}{4}$ m) knapp neben den Breccien streichen.

Die Hornsteine sind in ihrem Aussehen keineswegs einheitlich. Es lassen sich hell- und dunkelgraue unterscheiden, neben ihnen kommen untergeordnet hellgelbe bis rote vor. Die dunkelgrauen Massen werden von den hellgrauen durchsetzt, die hellgelben und roten treten aber nur am Ausstreichenden und auch da nur sehr selten auf. Wie aus Abbildung Taf. III, Fig. 1 zu ersehen ist, zeigen aber auch die Hornsteingänge keine homogene Ausbildung. In der dunklen Masse sind kleine fragmentarische Individuen des hellen Hornsteines. Schon mit freiem Auge sucht man vergeblich nach den scharfen Ecken und Kanten. Diese sind abgerundet, abgeschliffen. Es sind Korrosionsformen, die man beobachtet.

Mit den Hornsteingängen tritt eine Reihe anderer Begleiter auf. Am Stadtturmfels konnte schon J. KNETT feststellen, daß sie »schwache anliegende oder im Nebengestein verlaufende Aragonitmitstreicher« haben²⁾. Ein weitaus beachtenswerter Begleiter ist Pyrit. Er tritt als Besteg auf, in einer Mächtigkeit bis 2 mm, durchschwärmt den Granit in schwachen, bis $\frac{1}{2}$ cm und mehr mächtigen Schnüren, streicht quer zu den Hornsteinen, um in der Regel an und in ihnen zu verlauben (Taf. III, Fig. 2). In einzelnen Fällen durchdringt er die Hornsteinmasse und bildet dann oftmals kleine Nester in dieser. Das Vorkommen von Baryt an den Hornsteinen ist gleichfalls schon lange festgestellt worden.

Das Zusammentreffen der verschiedenen Hornsteine, das Vorkommen von Aragonit, Pyrit und Schwerspat läßt auf genetische Beziehungen schließen. Danach sind alle insgesamt nacheinander ab-

1) A. ROSIWAL, Jb. d. geol. R. A. 1894. S. 703.

2) l. c. S. 21 Anm. 1.

gesetzte Quellenprodukte, und zwar derartig, daß der Hornstein das älteste, Pyrit, Baryt, Aragonit das jüngere Quellenprodukt sind¹⁾.

Angesichts der Tatsachen, wie sie die Natur erkennen läßt, kann man unmöglich der von J. KNETT gegebenen Erklärung zustimmen²⁾, in den Hornsteinen »zweifellos die Kieselsäure als ältesten, vielleicht schon unter der Wasserbedeckung des Karlsbader Gebirges begonnenen Kaolinisierungsprozeß zu betrachten«.

Außer den genannten Tatsachen, den Durchknetungen, Kreuzungen, Korrosionsformen usw. den verschieden gearteten Hornsteinen spricht vor allem dagegen der Umstand, daß der Granit, in welchem die Hornsteine streichen, völlig intakt ist, und gerade die Granitfragmente, welche in der HOFFSchen Breccie vorhanden sind, von einer Natürlichkeit und Frische sind, welche am letzten zu erwarten wäre, wollte man Kaolinisierungsprozesse bei der Genese festhalten. Der Hornstein des Thermengebietes unterscheidet sich makroskopisch typisch vom Kaolinisierungsquarz durch seine Farbe und seinen Bruch. Vergebens sucht man den typischen Fettglanz des Quarzes bei dem Hornstein wie wieder der eigene Bruch dem anderen mangelt. Die dunkel- und hellgraue Farbe des Hornsteines wird niemals bei den Quarzadern in den nahen Kaolingruben gesichtet.

Schon v. HOCHSTETTER³⁾ hat die Hornsteingänge bei Karlsbad in Parallele mit den Hornsteingebilden von Teplitz gesetzt, wobei er freilich für beide eine sedimentäre Genese annahm. Für das Teplitzer Vorkommen ist die thermale Natur der Hornsteine längst erkannt. Nun ist aber für den Kaolin des Karlsbader Gebietes gezeigt, daß er nicht durch Verwitterungsvorgänge vom Tage aus entstanden sein kann, wie noch KNETT ausführte, sondern auf pneumatolitische Vorgänge zurückzuführen ist. WEINSCHENK⁴⁾, RÖSSLER⁵⁾, DE LAUNAY⁶⁾ haben dies gezeigt. Infolgedessen ist es ohne Zweifel, daß auch für die Karlsbader Hornsteingänge gleiche Ursachen anzunehmen sind. Das ganze Vorkommen dieser Gebilde deutet darauf hin, daß ehemals an dieser Stelle kieselsäurereiche Quellen sprudelten und dem Erdtiefen entquollen, denen in der Folge das CaCO₃-haltige Wasser folgte. Diese Thermen hatten wohl eine höhere Temperatur als die heutigen Tages. Betrachtet man das Durchquellen der verschiedengefärbten Hornsteine, so kommt man zu der Anschauung, daß diese SiO₂-Absätze in dem weiten Quellenschachte

1) Es sei darauf aufmerksam gemacht, daß am Schloßbrunnfels zum Streichen der Hornsteingänge ein etwa 1 dm mächtiger saiger stehender Eisenockergang gelegentlich aufgeschlossen wurde.

2) l. c. S. 20.

3) F. v. HOCHSTETTER, Karlsbad u. seine geognostischen Verhältnisse. Karlsbad 1856. S. 33.

4) Grundzüge d. Gesteinskunde I. Freiburg 1906. S. 150.

5) N. Jb. f. Min. Beilageband 15. Jahrg. 1902. S. 38.

6) Bull. soc. géol. 16. Jahrg. 1888. S. 1064.

gelatinierend und weich waren, ehe sie später zu dem Hornstein erhärteten, ein Vorgang, wie er oben nach v. HOCHSTETTERS Schilderung für die Quelle Puia ti mimi-a-Homaterangi ausgeführt worden ist. In diese weiche Masse fielen an einzelnen Stellen vom Tage die Granitbrocken und wurden verpacken. Nur so ist das brüchige Material der Breccie erklärlich. Beachtenswert bleibt dabei, daß diese Breccie gerade in dem auch morphologisch steil gestalteten oberen Teil des heutigen Teptales vorwiegend auftritt, sich gerade um den Schloßberg findet, so daß schon v. HOFF meinte, der Schloßberg sei als herabgestürzte Trümmermasse anzusehen.

Klaffende Spalten, welche normal zu benachbarten Brüchen liegen ohne aber mit ihnen in weiterem Zusammenhang zu stehen, sind möglich¹⁾. Daß aber im Tertiär SiO₂-beladene Thermen in Böhmen vorhanden waren, ist durch SOKOL gezeigt worden²⁾. Durch seine Untersuchungen des böhmischen Pfahles von Furth i. W. bis Ronsperg weist er nach, daß die Genese dieses sonderbaren Gebildes in Zusammenhang zu bringen ist mit »aus der Tiefe emporquellendem, mit Kieselsäure beladenem Wasser einer Thermallinie.«

Was SOKOL für den böhmischen Pfahl anführt, ist auch für eine Reihe von Quarzgängen innerhalb der Tepler Platte anzunehmen. So tritt z. B. bei Prosau ein Quarzgang auf, der zu industriellen Zwecken aufgeschlossen worden war, aber wieder aufgelassen werden mußte, da er zu sehr mit Pyrit vermengt war. Der Gneis, in welchem dieser Quarzgang auftritt, ist völlig intakt.

Schwierig gestaltet sich die Frage nach dem Alter dieser Urtherme von Karlsbad. Ist die ungelöste Frage nach der Herkunft der Quarzitblöcke in Verbindung zu bringen mit der SiO₂-führenden Thermen, so ergibt sich ein Alter, das dem mittleren Oligocän³⁾ entsprechen würde. Das würde aber zur Folge haben, das Alter der Urtherme vor die Falkenauer Erzgebirgsbrüche und vor die Tätigkeit des nahen Duppauer Vulkanes anzusetzen. Nun zeigen aber die Hornsteingänge keinerlei Störungen, wie sie unbedingt erwartet werden müßten, wenn die Gänge zur Zeit der großen nachbarlichen Krustenbewegungen im Oligocän bereits vorhanden gewesen wären. Vielmehr haben diese Krustenstörungen erst wohl den Anlaß zu den klaffenden Spalten gegeben, innerhalb deren die SiO₂-Gebilde abgesetzt wurden. Aus tektonischen Gründen wird man daher zu der Anschauung geführt, als frühestes Alter die Karlsbader Urtherme das obere Oligocän bis Miocän anzusetzen, d. h. sie würde damit altersgleich den ersten Regungen des nahen Duppauer Vulkanes, die nach dem Aquitanium, also Beginn des

1) E. REYER, Geologische Prinzipienfragen. Leipzig 1907. S. 114 ff. — HÖFER, Sitzb. d. W. Ak. Wiss. I. 1910. S. 347.

2) Bull. intern. de l'acad. d. sc. d. Bohême. Jahrg. 1911. Sep. 13.

3) KNETT, Übersichtstabelle der geol. Verhältnisse v. Kb. l. c. S. 10/11. — F. KATZER, Geologie v. Böhmen. 2. Aufl. Prag 1902. S. 1361.

Miocäns einsetzen¹⁾. Während bei diesem die weniger sauren basaltischen Magmen in die Erscheinung traten, waren bei Karlsbad saure Quellen analog den rezenten isländischen Verhältnissen, wo heutigen Tages die sauren Quellen dominieren, während die tätigen Feuerberge basaltische Magmen fördern. Nun hat aber schon GÜMBEL darauf hingewiesen, daß der Veitsberg in südöstlicher Verlängerung der Karlsbader Thermenlinie liegt, und daraus auf einen inneren Zusammenhang beider zueinander geschlossen. Der Veitsberg besteht aus Leucitbasalt²⁾. Leucitbasalt bildet in dem Duppauer Vulkan, zu dem der Veitsberg zu zählen ist, wenn er auch eine selbständige Bildung darstellt, das jüngste Eruptionsprodukt. Die Tätigkeit des Vulkans war mit dem Pliocän beendet. Infolgedessen muß, sofern man einen genetischen Zusammenhang zwischen dem Vulkan und der Therme annimmt, das Alter der letzteren mit Pliocän angenommen werden. Somit schwankt die Altersangabe vom oberen Oligocän bis Pliocän, doch dürfte die letztere das Richtige treffen. Sicher kann man das Vorhandensein der Karlsbader Urtherme erst im Pliocän annehmen.

Als SiO_2 -Quelle bestand die Urtherme von Karlsbad bis zum Ende des Tertiär. Erst mit dieser Zeit trat der Wechsel ein, denn als CaCO_3 -Quelle läßt sich das Alter der Karlsbader Therme erst mit dem Beginn des Diluviums festsetzen. Welches die Ursache dieses plötzlichen chemischen Wechsels war, ist eine offene, wohl nie zu beantwortende Frage. Ein solcher chemischer Wechsel ist auch an anderen Thermen bereits nachgewiesen worden. So treten CaCO_3 - und SiO_2 -Lagen abwechselnd auf bei Billom und Vic le Comte in der Auvergne. An der Celestinerquelle zu Vichy sind Aragonitabsätze zu beobachten, die heutigen Tages nicht mehr abgesetzt werden, während die Thermen von Mont d'Or, ebenso wie die von Clermont-Ferrand ehemals SiO_2 absetzten, zurzeit aber nur Eisenocker niederschlagen³⁾.

Daß ein Wechsel in den Förderprodukten der Vulkane nichts Außergewöhnliches bedeutet, ist durch die Beobachtungen an rezenten Feuerbergen vielfach erhärtet. Zahlreiche Beispiele lassen sich dafür erbringen, daß Vulkane von saurer zu basischer Förderung übergehen⁴⁾, eine Tatsache, welche schon v. RICHTHOFEN feststellte, und die DOELTER dahin ausführte, daß für die tertiären Vulkane es geradezu die Regel ist, daß auf saure basische Produkte folgen⁵⁾. Insbesondere sei auf den Vesuv hingewiesen, bei welchem sich zeigt, daß die Rheumatika einen immer geringeren SiO_2 -Gehalt aufweisen⁶⁾. Bei der Karlsbader Therme muß

1) K. SCHNEIDER, Die vulkanischen Erscheinungen der Erde. S. 154.

2) J. KNETT l. c. S. 28.

3) R. DELKESKAMP, Die Entstehung v. Mineralquellen. Zschr. f. d. gesamte Kohlensäureindustrie. Jahrg. 1908. Nr. 14 u. 15.

4) G. MERCALLI, I vulcani attivi della terra. Milano 1907. S. 250—254.

5) C. DOELTER, Petrogenesis. Braunschweig 1906. S. 98.

6) Ebenda S. 98.

aber eine plötzliche Änderung der chemischen Bestandteile eingetreten sein, wie es so häufig an den erloschenen und tätigen Feuerbergen zu beobachten ist.

Dieser Wechsel hat stattgefunden mit Ende des Tertiär zum Diluvium. Aus jener Zeit stammen die ersten geologischen Beweise für das Vorhandensein der heutigen CaCO_3 -führenden Karlsbader Therme. Schon J. KNETT hat diese Altersbestimmung gegeben und gezeigt, daß der »Sprudelschale Karlsbads . . . notwendigerweise ein inter-, wenn nicht vordiluviales Alter« zuzuschreiben ist¹⁾.

Die Sprudelschale ist das Absatzprodukt der heutigen Therme. Ihr Absatz erfolgt aber nicht vom Tage, sondern von Innen heraus. Auch darauf hat KNETT bereits verwiesen, indem er ausführte, daß »echter Sprudelstein sich heute vor unseren Augen nicht absetzt, wohl aber bildet er sich in geringen Mengen unter ganz besonderen Umständen in der Tiefe«²⁾. SUESS d. J. war es, den der Nachweis geführt hat, daß die Bildung der Karlsbader Sprudelschale unter Wachstumsdruck der Aragonitkristalle von innen heraus erfolgt³⁾. Damit aber ist die KNETT-sche Anschauung »die heutige Sprudelschale (im Teplbett) ist nur das unterste Stockwerk eines natürlichen Sprudelgebäudes, dessen Höhe ehemals weit über den Horizont des Schloßberges hinaufreichte,« in Frage gestellt⁴⁾. Es unterliegt keinem Zweifel, daß zwischen der Erosion der Tepl und der Sprudelschale ein ständiger Kampf erfolgt, in welchem die letztere der unterliegende Teil ist. Ist aber die Vorstellung richtig, daß vor der neuanhebenden Erosion die Sprudelschale schon gewissermaßen fertig stand, und diese nunmehr zersägt wurde, so müßte doch eine ständige Konstanz der Sprudelschale von ihrem höchsten Stand bis zur heutigen Talsohle wenigstens in Resten nachzuweisen sein. Dies ist jedoch nicht der Fall. Vielmehr zeigen sich nur drei in größeren oder geringeren Etappen erfolgte Rückstände, welche drei Uferterrassen der Tepl entsprechen. Diese Terrassen entsprechen Stillstandslagen der Erosion, Aufbauetappen des Sprudels und gliedern sich harmonisch ein in die Entwicklungszustände der Flußerosion im Diluvium-Alluvium Böhmens.

Zum Beweis dessen ist es nötig, die geologisch-morphologischen Verhältnisse des unteren Tepllaufes etwas ausführlicher zu schildern. Vom Veitsberg (639 m) überschaut man nach NW. den unteren Tepllauf in seiner Länge. Deutlich tritt von hier aus die Tatsache in die Erscheinung, daß einem schmalen Tale plötzlich nach Nordwest zu eine Verbreiterung erfolgt, welche im NO. abgeschlossen ist durch den Granitrücken des Dreikreuzberges, Ewiges Leben, im SW. durch die Wilhelmshöhe mit dem Rohankreuz und der Franz Josefs Höhe. In diese Talweitung ist

1) l. c. S. 50.

2) Ebenda S. 35.

3) M. d. geol. Ges. Wien. Bd. II. 1909. S. 391 ff.

4) KNETT l. c. S. 49.

der Lauf der Tepl eingelassen. Durch kurze seitliche Zuflüsse ist diese alte Talung aufgelöst und zergliedert. Vom Veitsberg aus ist der dem Beschauer nächste Rest heutigentages durch das neue Imperialhotel verbaut. Bei der Grundgrabung wurden Höhenschotter aufgeschlossen, Beleg dafür, daß man es hier tatsächlich mit altem Talboden zu tun hat. Der Stadtturm von Karlsbad mit 399 m. ü. d. M. ist der weitere Rest dieses alten Talbodens gegen NW. Ihm gegenüber liegen die Schindlerfelder, gleichfalls mit Höhenschotter bedeckt, die ihrerseits das Gelände von Kl. Versailles als Gegenstück haben, das weitaus größte und ausgedehnteste restliche Talstück dieses alten Flußtales.

In diesem alten pliocänen Talunterlauf schob sich die Tepl von SW. gegen NO. Der Gleithang von Kl. Versailles, der Steilhang am gegenüberstehenden Gehänge ist Beleg dafür. Der Fluß wurde durch die Hauptrichtung der Ureger gegen NO. in diese Richtungsänderung gedrängt. In diesem Stadium der Tepl war die CaCO_3 -Therme von Karlsbad, kurz der Sprudel genannt, bereits vorhanden. Der Stadtturm, steht auf den Resten dieser alten ersten Sprudelschale. Die letzten Aufschlüsse im Jahre 1910/11 haben sie zum letzten Male aufgedeckt (Taf. IV, Fig. 1). Spärliche Schottermassen liegen in ihren von Tag her eingearbeiteten Vertiefungen, meist sind es grobe zusammengebackene Grobsande. Der CaCO_3 -Sinter unterscheidet sich von dem rezenten in keiner Weise, nur die Verwitterung hat ihn etwas mürbe gemacht.

Als mit dem Anheben der Erosion im Diluvium das Flußsystem Böhmens aus seiner Höhenlage allenthalben sich tiefer zu legen begann¹⁾, unterlag auch die Tepl diesem allgemeinen Gesetz und arbeitete sich zur Tiefe. Dadurch trat der Sprudel und die Tepl in einen gegensätzlichen Kampf, bei welchem der Sprudel insofern unterlag, als seine Absätze nicht zur Ablagerung kamen, sondern vom Flußwasser weiter getragen wurden. Erst als mit dem mittleren Diluvium in dem Erosionswerk des Flußsystems Böhmens ein neuerlicher Stillstand eintrat, wurde auch die Tepl festgelegt, der Sprudel konnte seine Absätze am Ort zum Aufbau einer neuen Sprudelschale benutzen. Dadurch kam die heute in einzelnen Resten erhaltene mittlere Sprudelschale (II) zur Ausbildung und Entwicklung.

Sie ist in größeren Resten erhalten. Die Reste am rechten Teplufer, auf denen teilweise die Kirche fundiert ist, und die auch bei dem Baue anderer Häuser in der Umgebung aufgeschlossen wurde, hat KNETT beschrieben²⁾. Schon E. RYBA hat die richtige Deutung dafür vor langer Zeit gegeben³⁾. Am linken Ufer der Tepl wurden die entsprechenden Gegenstücke ebenfalls wieder 1910/11 aufgeschlossen, um für lange

¹⁾ K. SCHNEIDER, Zur Orographie und Morphologie Böhmens. Prag 1908. S. 193—194.

²⁾ l. c. S. 45 f.

³⁾ J. E. RYBA, Karlsbad und seine Heilquellen. Prag 1828.

Zeit nunmehr als völlig verbaut, verborgen zu sein. Dieses mittlere Niveau (II) liegt ungefähr 14 m unter den ältesten Resten etwas 5 m über dem heutigen Sprudel (Taf. IV, Fig. 2). Auch hier hat die Teplerosion gewirkt und Kolke in das wenig widerstandsfähige Material eingearbeitet (Taf. III, Fig. 3). Aber den Ablagerungen nach zu schließen, welche noch erhalten sind, war dieses Stillstandsstadium ein beträchtliches. Die Wasserführung und damit auch der Gerölltransport der Tepl war in dieser interglazialen Zeit gering. Der Aufbau der Sprudelschale von innen heraus und auch durch oberflächlichen Absatz (die Kirchenterrasse ist aus Sprudelstein und Erbsenstein zusammengesetzt) konnte ruhig vor sich gehen, denn die Teplwässer gingen damals aller Wahrscheinlichkeit zum weitaus größten Teil durch das Aicher Gelenk bei dem heutigen Aich in dem südwestlichen parallelen Talweg zur Eger¹⁾. Sind auch aus der näheren Umgebung keine direkten Beweise dafür vorhanden, so ist auf Grund der Flußentwicklung in Böhmen überhaupt diese Zeit zusammenfallend mit der des Auftretens des Mammuth in Böhmen²⁾.

Mit dem Ende des Diluviums beginnt die letzte Periode des Neuerwachens der erosiven Tätigkeit der Flüsse Böhmens und damit auch der Tepl. Sie ist nur von kurzer Dauer. Allenthalben im Lande ist der Abstand der Mittel- und Tiefterrasse der Flüsse des Landes ein geringer. Im Unterlaufe größer, geringer im Mittel- und Oberlauf. An der Tepl in der Sprudelgegend kaum 5 m. Hier beginnt nach dieser Erosionszeit eine Aufbauepoche für den Sprudel. Weit über seine heutige Austrittsstelle bis fast knapp vor den Puppischen Hotelanlagen sind Sprudelschalenreste und ziehen sich unter den Häusern gegen den Sprudel. Beim Niederreißen des Hauses »Goldener Schild«, in unmittelbarer Nachbarschaft des Theaters, kaum 1 m unter Tag wurde die Sprudelschale angefahren. Um so auffallender ist die geringe Verbreitung der Sprudelschale flußabwärts. Es erhebt sich die Frage: Sind die Sprudelschalenreste flußaufwärts Gebilde des Sprudels, oder gehören sie anderen selbständigen Quellenaustritten an, die heute versiegt sind?

Der Mangel eines diesbezüglichen Aufschlusses läßt die Frage offen. Sicher kann wohl aus dem bisherigen gefolgert werden, daß der Sprudel von allem Anfang an an der heutigen Stelle zutage trat, haben Verlegungen des Mundloches auch wiederholt stattgehabt. Der Entwicklungsprozeß zwischen Tepl und Sprudel vollzog sich nur in geringen örtlichen Ausbruchsverlegungen an dieser Stelle und nahm einen Verlauf, wie ihn das Profil (Fig. 3) in mehr schematischer Weise zur Darstellung bringt. Unmöglich ist aber zu denken, daß die Sprudelschalenreste im Oberlauf über dem Sprudelaustritt vom Sprudel selbst herrühren. Vielmehr drängt sich die Vermutung auf, anzunehmen, daß ehemals im

¹⁾ KNETT l. c. S. 4.

²⁾ K. SCHNEIDER, Zur Orographie und Morphologie Böhmens. Prag 1908. S. 224.

Oberlaufe einzelne selbständige Quellenaustritte vorhanden waren, deren Sinterabsätze eben die heute wiederholt aufgeschlossenen Reste sind. Zu dieser Vermutung wird man gedrängt, wenn man dem heutigen topischen Verhalten einzelner Thermenaustritte im Oberlaufe, d. i. oberhalb des Sprudels Aufmerksamkeit widmet.

In seiner südlichen Fortsetzung findet sich eine Therme, welche knapp noch als »warme« angesprochen werden kann (21°). Es ist die Stephaniequelle. Nachbarlich zu ihr tritt der Dorotheensauerbrunnen zutage. »Schon im 18. Jahrh. hatte man dortselbst besonders bei bevorstehenden Gewittern Gasdetonationen vernommen und zur Bezähmung des »Spukes im roten Hause« Messen lesen und Arme mit Brot betheiligen lassen. Die Ausströmungen von Kohlensäure waren seit jeher so beträchtlich, daß an mehreren Stellen kein Gras wuchs.« Bei Beräumungsarbeiten im Jahre 1884 wurden die Quelladern dieser Therme bloßgelegt und

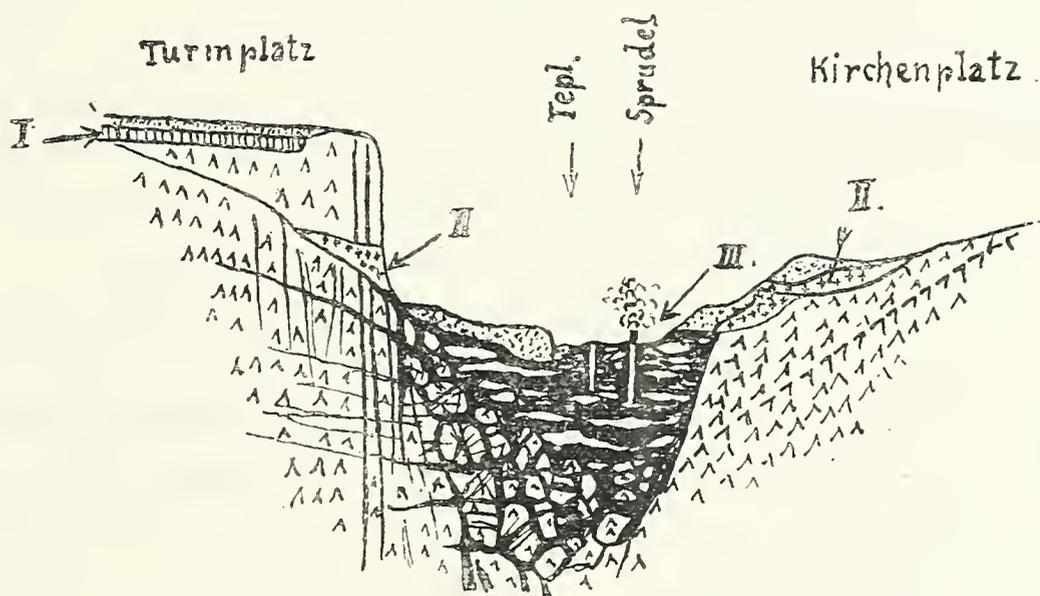


Fig. 3. Schematisches Profil der Entwicklung des Karlsbader Sprudels zum Teil nach J. KNETT: I, II, III Reste der Sprudelschalen in verschiedenen Altersstadien.

gefaßt. Man hatte ein stagnierendes Thermalwasser erreicht, das im Vergleich zu den übrigen Karlsbader Quellen nur die Hälfte der festen Bestandteile enthält und sich auch durch den Eisen- und Kohlensäuregehalt unterscheidet. »Daß man aber bei fortgesetzter Arbeit ein Mineralwasser von größerer Konzentration und Wärme erlangt hätte, steht außer Zweifel¹⁾.« Allein auch sonst treten in dem Stück zwischen Stephaniequelle und Sprudel, allerdings hoch über dem Teplniveau, am Laurenziberg Säuerlinge auf. Es sind Gasemanationen, die auf Tagwasser stoßen. »Unter jedem ist Thermalwasser zu vermuten, und man würde dasselbe durch Grabungen auch sicherlich an jedem Orte erlangen, aber emporheben müssen, weil das Terrain die Maximalspannungs- oder kurzweg Steighöhe überragt«²⁾. Im Teplniveau, auf der alten Sprudelschale stehen zahlreiche Häuser. Es wurde berichtet, daß in einzelnen

¹⁾ KNETT l. c. S. 103 f.

²⁾ Ebenda S. 44.

(Goldener Schild) fallweise in den Kellerräumen starkes Getöse wahrgenommen wurde. Alles dieses zusammen genommen, die Säuerlinge, die vereinzelte Therme, das Bodengeräusch deutet darauf hin, daß ehemals südlich des Sprudels selbständige Quellenaustritte vorhanden waren, deren Material höchstwahrscheinlich die weite Sprudelschale aufbaute. Aber wie im Geisergebiete auf Island die tiefstgelegenen Springquellen ihre Tätigkeit bewahren und erhalten, während die höhergelegenen nachlassen, bzw. sogar erlöschen, war auch hier der gleiche Entwicklungsprozeß. Die Tepl hat ihren wesentlichen Anteil an dem Verlöschen dieser Thermen durch Abzapfen und wohl auch durch fallweises Überschwemmen und Geröllführung.

Seit historischer Zeit ist der Wechselkampf, der zwischen Tepl und Sprudel besteht, vielfach durch Menschenhand geregelt und in geordnete Bahnen gebracht. Sicherlich ist das Gegenwartsstadium ein solches des Aufbaues der Sprudelschale. KNETTS Behauptung, daß sich »echter Sprudelstein vor unseren Augen nicht« absetzt¹⁾, ist nur eine bedingte Wahrheit, denn durch SUESS d. J. ist die Genese der Sprudelschale durch Kristalldruck von innen heraus gezeigt, und daß sich das »Sprudelbergl hebt« — die einzige zutage tretende Stelle der Sprudelschale im Teplbette — »ist eine von alters her beobachtete Tatsache«²⁾.

Faßt man das über den Karlsbader Sprudel Auseinandergesetzte nochmals kurz zusammen, so ergibt sich folgendes: Mit dem Ende des Pliocäns ist an dieser Stelle bereits ein Thermalgebiet, durch welches heißes Wasser zutage gefördert wird, das sich durch Kieselsäuregehalt auszeichnet. Die Austrittsstelle lag im allgemeinen unweit der heutigen Sprudelquelle im Schloßbrunnengebiet, um ein wesentliches höher als das heutige Teplbett. Mit dem Ende des Tertiär, Beginn des Diluviums, trat ein plötzlicher Wechsel im Chemismus der Quelle ein, indem an Stelle des SiO_2 -Gehaltes ein solcher von CaCO_3 eintrat. Dieser zeichnet die Quelle bis zum heutigen Tage aus. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß man gleichzeitig an eine Temperaturerniedrigung denken muß. Noch im Beginn des Diluviums lag die Austrittsstelle des Sprudels um ungefähr 19 m höher als heutigen Tages. Analog dem Entwicklungsprozeß des Flußsystems in Böhmen zeigt auch der Sprudel in seinen erhaltenen »Schalenresten« eine Tieferlegung mit dazwischenliegenden Stillstandsperioden. Im jüngsten Diluvium-Alluvium waren aller Wahrscheinlichkeit nach südlich des Sprudels Thermalquellen, welche in der Folge durch die Tepl wieder abgezapft wurden.

Aus der geologischen Geschichte des Karlsbader Thermengebietes ist zu ersehen, daß der Begriff der »Stetigkeit« für Thermen ein recht beharrlicher genannt werden kann, daß aber die Stetigkeit nicht ausgedehnt werden kann auf Temperatur, Chemismus und

1) l. c. S. 35.

2) KNETT l. c. S. 47.

Wassermenge. Aus einer SiO_2 -Quelle wurde eine CaCO_3 -Quelle, und auch die Temperatur ging ohne Frage wesentlich zurück. Die Temperatur ist aber auch heutigen Tages, wo tägliche Kontrollmessungen vorliegen, keineswegs stetig, ebensowenig wie die Wasserergiebigkeit eine stetige ist. »Vor allen anderen Thermen ist durch die Empfindlichkeit seiner Temperatur analog wie bezüglich der Ergiebigkeit der Schloßbrunn eine besonders ausgezeichnete Quelle«¹⁾. Die Messungen der einzelnen Quellen zeigen das gleiche Verhalten. ROSIWAL hat in seiner oben genannten Studie die Schwankungen der Quellenergiebigkeit graphisch dargestellt. Er zeigt, daß diese recht bedeutend ist. Nach den Messungen der Stadt in der Zeit zwischen 1869—1894 ergab der Sprudel als unteres Extrem im Frühjahr 1874 1626 l/m, im Frühjahr 1881 2664 l/m als Maximum. Im Frühjahr 1901 (8. 3. 1901) wurden 3040,5 l/m gemessen²⁾. Innerhalb von wenigen Tagen schwanken die Quellen dieses Thermengebietes um ein Beträchtliches³⁾, eine Erscheinung, die auch an anderen Thermen gemacht werden kann. So ist z. B. an den Nauheimer Quellen nachgewiesen, daß die Konstanz der Wasserführung »nicht so vollständig ist, wie bisher von seiten der die tiefen Quellen analysierenden Chemiker angenommen worden ist«⁴⁾.

Auch die Temperatur ist keineswegs eine stetige. Daß die kleinen Thermen des Karlsbader Quellenkomplexes größeren Schwankungen unterworfen sind, ist seit langem bekannt. Gleiches Steigen und Fallen zeigt auch der Sprudel selbst. Abgesehen von den älteren Messungen, welche $66\text{—}75^\circ$ angeben⁵⁾, zeigen die Beobachtungen von 1869—1894 ein Intervall von $72,5\text{—}74,8^\circ$ ⁶⁾, also $2,3^\circ$. Man kann füglich behaupten, eine Stetigkeit in Wassermenge und Temperatur gibt es bei Thermen nicht, sobald genaue Beobachtungen vorgenommen werden. Diese Art von Stetigkeit ist aber ein Hauptargument der Theorie von den juvenilen Quellen.

Der Zusammenhang zwischen Quellenergiebigkeit und Grundwasserdruck ist in Karlsbad schon lange festgestellt worden⁷⁾. Je höher der Wasserstand der Tepl, um so größer die Wassermengen der Thermen. Erhöhter Wasserstand an der Oberfläche der Erde bedingt aber einen erhöhten Grundwasser und damit Bodenspiegel. Je nach der Gesteinsart, in welcher der Grundwasserstrom vor sich geht, ist Ursache und Folge rascher aufeinander stoßend. Die Niederschlagsmengen, welche im

1) A. ROSIWAL l. c. S. 694.

2) KNETT l. c. 78.

3) Es ist mir nicht erlaubt, in der vorliegenden Abhandlung mit detaillierten Zahlen zu kommen. Ich mußte mich auf bereits veröffentlichte Daten stützen. Hoffentlich wird das diesbezügliche Zahlenmaterial für wissenschaftliche Zwecke einmal freigegeben werden.

4) LEPSIUS, Notizbl. d. Ver. f. Erdk. etc. zu Darmstadt 1908. S. 7.

5) KNETT l. c. 78.

6) ROSIWAL l. c. 688 Tabelle.

7) KNETT l. c. 63.

Boden versickern und durch das natürliche Kluftsystem zur Tiefe gehen, kommen erhöhend oder vermindernd zur Geltung.

Nun konnte ROSIWAL bei seiner Gegenüberstellung der Niederschlagsmengen und der Quellenergiebigkeit in Karlsbad keinen Zusammenhang feststellen, aber er zeigte auch, daß die Wassermengen der einzelnen Quellen im Verhältnis zueinander in einer gegenseitigen Undulation sich befinden. Schloßbrunnen und Sprudel widerstehen sich nahezu. Ein ähnliches Verhalten zeigen auch die anderen Quellen.

Dieser Widerspruch findet seine Erklärung, wenn man sich vergegenwärtigt, daß durch den Druck des Bodenwassers die höhergelegenen Quellen eine natürliche Drosselung erfahren müssen, wodurch die Spannkraft des Sprudels verstärkt wird. Das aber deutet darauf hin, daß man es in dem Karlsbader Quellengebiet mit einem weiten flächenhaften Bodenwasser zu tun hat, das nicht von dem engen Niederschlagsgebiet allein abhängig ist.

Daß diese Behauptung zu Recht besteht, geht aus einer Tatsache hervor, welche der Teplitzer Affäre analog ist. In dem Mariaschacht Nr. 2 der Britanniagewerkschaft zu Falkenau wurden 1902/03 an der Sohle im Grundgebirge warme Wässer angefahren¹⁾. Die Sohle steht um viele Meter tiefer als das Mundloch des Karlsbader Sprudels. Trotz der weiten Entfernung der beiden Austrittspunkte (über 20 km Luftlinie) nahm die Wassermenge in Karlsbad ab, der Schloßbrunnen drohte zu versiegen. Die von der öst. Regierung im Mai 1906 eingesetzte Kommission zur Untersuchung der schwebenden Angelegenheit hat ihre Arbeiten noch nicht beendet. Es kann hier ihren Ergebnissen nicht vorgegriffen werden. Im Interesse der Wissenschaft aber ist zu erwarten, daß die diesbezüglichen Studien und Ergebnisse der Fachwelt nicht vorenthalten werden. Nur so viel steht fest, daß durch Verdämmung am Ort die Wassermengen in Karlsbad wieder gestiegen sind, aber nicht plötzlich, sondern ganz allmählich, da der durch dieses Ereignis berührte Bodenwasserspiegel erst langsam wieder seinen früheren Stand eingenommen hat. Durch behördliche Verfügungen ist auch der Kaolinbau nördlich der Stadt unter den Normalpunkt (Eintritt der Tepl in die Eger bei Karlsbad 367,2 m) nicht gestattet.

Zeigt der Fall Britanniawerk, daß das Sprudelphänomen von einer weiten Bodenwasserverbreitung abhängig ist, so ergibt sich wohl die Erklärung, warum unmittelbare Beziehungen zwischen Niederschlag und Quellenergiebigkeit nicht ohne weiteres aufgedeckt werden können. Es zeigt sich aber auch, daß die chemische Zusammensetzung des in Frage kommenden Bodenwassers eine ziemlich gleichmäßige sein wird und auf die Fumarole von Karlsbad nicht besonders ändernd einwirken wird, wohl aber wird sich ein Unterschied zeigen müssen bei verschieden hoch situirten Quellen, wie es ja in Karlsbad tatsächlich der Fall ist²⁾.

¹⁾ R. DELKESKAMP, Zschr. f. d. ges. Wasserwirtschaft. 1909. Heft 3.

²⁾ Wiener klinische Wochenschrift 1902. Nr. 33. — KNETT l. c. S. 66—67.

Auffallender als hier ist der Zusammenhang zwischen Bodenwasser und Gasexhalationen an den Sauerlingen in dem weiteren Gebiet Nordwestböhmens festzustellen. Nur wenige Daten sollen geboten werden.

In Krondorf tritt der bekannte Sauerling aus dem Granulit hervor. Über dem Grundgebirge lagern rheuklastische Materialien des Duppauer Vulkans, an dessen Peripherie die Quelle zur Oberfläche der Erde gelangt. Ihre Temperatur beträgt $10,3^\circ$, ist also um ein geringes höher als die Ortstemperatur. In dem regenarmen Jahre 1911 (459,5 mm gegen 565,0 mm 1910) war die Ergiebigkeit um 2 l/m höher als früher. Die niederschlagsarme Zeit brachte eine Erniedrigung des überschächtigen Grundwassers, wodurch die Spannkraft des Sauerlings, der bis 27,75 g freie Kohlensäure in 10000 g Wasser enthält, erhöht wurde, und der CO_2 die Möglichkeit bot, größere Mengen von Bodenwasser heraufzureißen.

Der knapp an der Eger gelegene Klösterliche Sauerbrunnen stand vor einem temporären Stillstand, da der geringe Wasserstand der Eger der Kohlensäure erlaubte, im Flußbett selbst herauszutreten. Nicht Thermen traten zutage, sondern CO_2 , die ohne weiteren Überdruck selbständig herauszutreten vermochte. Erst als wieder höherer Wasserstand eintrat, und damit auch ein höheres Niveau des Bodenwassers Hand in Hand ging, traten die früheren Verhältnisse ein.

Faßt man diese Ergebnisse an den rezenten Quellen Nordwestböhmens kurz zusammen, so ergibt sich: Weder eine Stetigkeit in der Temperatur, noch in der Wassermenge ist vorhanden. Die Beobachtungen zeigen, daß eine Veränderung der Fließrichtung des Bodenwassers sofort ihre nachteiligen Folgen an den Thermen zeigt, daß selbst Verringerung des Grundwassers schon genügt, um Veränderungen der Wassermengen nach sich zu ziehen. Es ergibt sich somit, daß der juvenile Ursprung des Quellenwassers recht problematisch ist, daß dieses nichts anderes als Bodenwasser ist, das auf vorhandene Fumarolen und Mofetten dringt und von diesen umgewandelt zur Therme im weitesten Sinne des Wortes wird. Nur die Fumarole mit den in ihr mitgeführten verschiedenen chemischen Bestandteilen ist juvenil, das Wasser aber, das durch sie zutage gebracht wird, ist vadoses Bodenwasser.

Daß in früheren Zeiten auch anderweitig in Böhmen Thermen aus der Tiefe quollen, ist schon oben angedeutet worden. Aber auch für ehemalige CaCO_3 -Thermen sind typische Belege vorhanden. Am NO.-Fuß des Burberges bei Kaaden wurden durch den Grünerdebergbau große Aragonitblöcke zutage gefördert. Sie finden sich nur auf lokal beschränktem Boden über sedimentären Kalksteinen mit miocänen Pflanzenresten, sind demnach jünger als diese, zumal diese ihrerseits wieder überlagert werden von rheuklastischen Materialien des Duppauer Vulkans. Die aufgeschlossenen Aragonitblöcke sind genetisch nicht anders zu erklären, als daß sie Quellenabsätze ehemals an dieser Stelle vorhandener Thermen sind.

V.

Die vorgelegten Beispiele und Ausführungen beziehen sich durchwegs auf Thermen, welche teils unmittelbar aus vulkanischem Boden aufquellen, teils knapp an der Peripherie vulkanischer Gebirge auftreten. Allen gemeinsam ist ihr Gebundensein an vorhandenes Bodenwasser, ihre direkte Abhängigkeit davon, ihr Verlöschen, sobald durch exogene Wirkungen oder menschlichen Eingriff dieses in eine andere Richtung abgelenkt wird. An die Stelle der Thermen treten Heiß- oder Kaltluftausströmungen. Die Herkunft dieser ist naheliegend. Sie sind aber keineswegs einfacher Natur, sondern vielmehr Gasgemische, wie durch BRUNS Untersuchungen an rezenten Feuerbergen nachgewiesen ist. Sie sind aller Wahrscheinlichkeit nach nicht einfache Abkühlungserscheinungen etwa vorhandener Magmaherde, die vorher Vulkane entstehen ließen, sondern mit Rücksicht auf die Karlsbader Vorkommen wohl selbständige Gebilde. An ihrer juvenilen Natur wird man nicht rütteln können, es sei denn, daß man zu gewagten Hypothesen seine Zuflucht nimmt.

Wenn für Gebiete unmittelbar im vulkanischen Gebiete die juvenile Natur der Thermen nach der Richtung eine Einschränkung erfahren muß, daß an den Thermen nur die erhitzenden Gase juveniler Natur sind, das heraustretende Thermenwasser aber nur erhitztes Bodenwasser ist, so ist die Anwendung der Theorie von der Natur der juvenilen Quelle für alle Thermen mindestens recht zweifelhafter Natur. Ist sie für Quellen einzuschränken, welche in naher Beziehung zu vulkanischen Gebilden stehen, so wirkt sie irreführend dort, wo Thermen aus rein sedimentärem Boden quellen. Als Mischungsprodukt sind somit Thermen nur teilweise dem Vulkanismus zuzuzählen, bilden vielmehr das Verbindungsstück zwischen den endo- und exogenen Erscheinungen der Erde.

Tafelerklärung.

Tafel III.

Fig. 1. Hornsteingang im Granit von Karlsbad. Die Abbildung zeigt hellen und dunklen Hornstein. In der dunklen Masse sind die hellen fragmentarischen Hornsteine eingebacken.

Fig. 2. Hornsteingang im Granit von Karlsbad. Die Abbildung zeigt die gleichen Erscheinungen wie Fig. 1. Bei → vertaubender Pyritgang.

Fig. 3. Kolke in der Sprudelschale II.

Die Originalstücke befinden sich in der geologischen Sammlung der kgl. böhm. landwirtschaftlichen Landesmittelschule zu Kaaden a. d. Eger.

Tafel IV.

Fig. 1a. Reste der ältesten (diluvialen) Sprudelschale I unter dem Stadtturm von Karlsbad. Schloßbrunn-Aufschluß Winter 1910/11.

Fig. 2a. Reste der mittleren Sprudelschale II. 5 m über der heutigen Austrittsöffnung des Sprudels. Schloßbrunn-Aufschluß Winter 1910/11.



Fig. 1. Sinterreste der Sprudelschale (I) unter dem Stadtturm Aufschluß.
(Winter 1910/1911.)

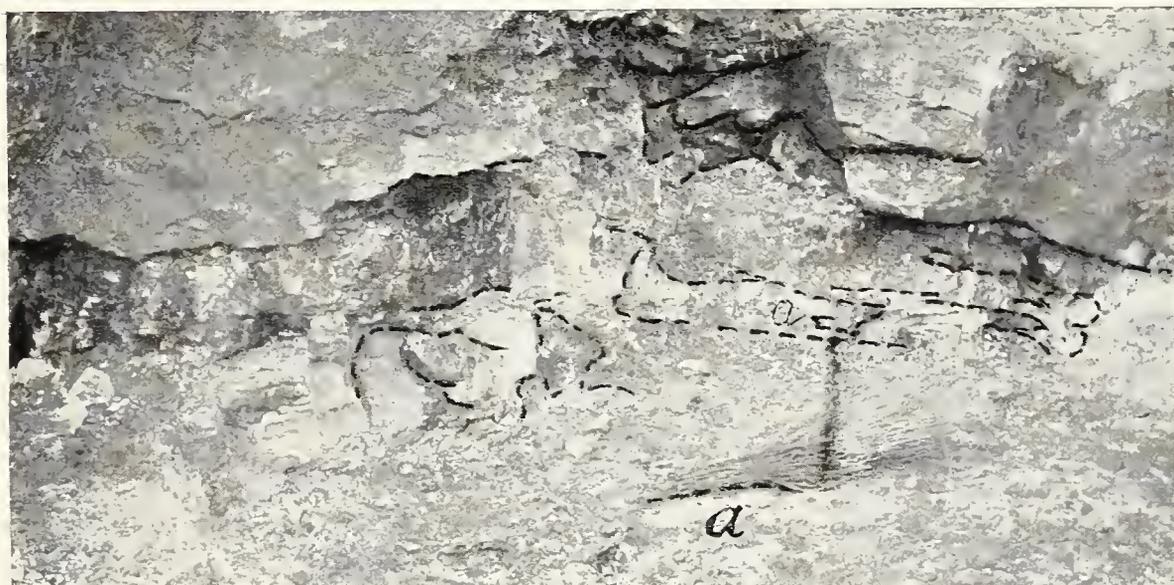


Fig. 2. Sinterreste der Sprudelschale (II) beim Schloßbrunnen Aufschluß.
(Winter 1910/1911.)

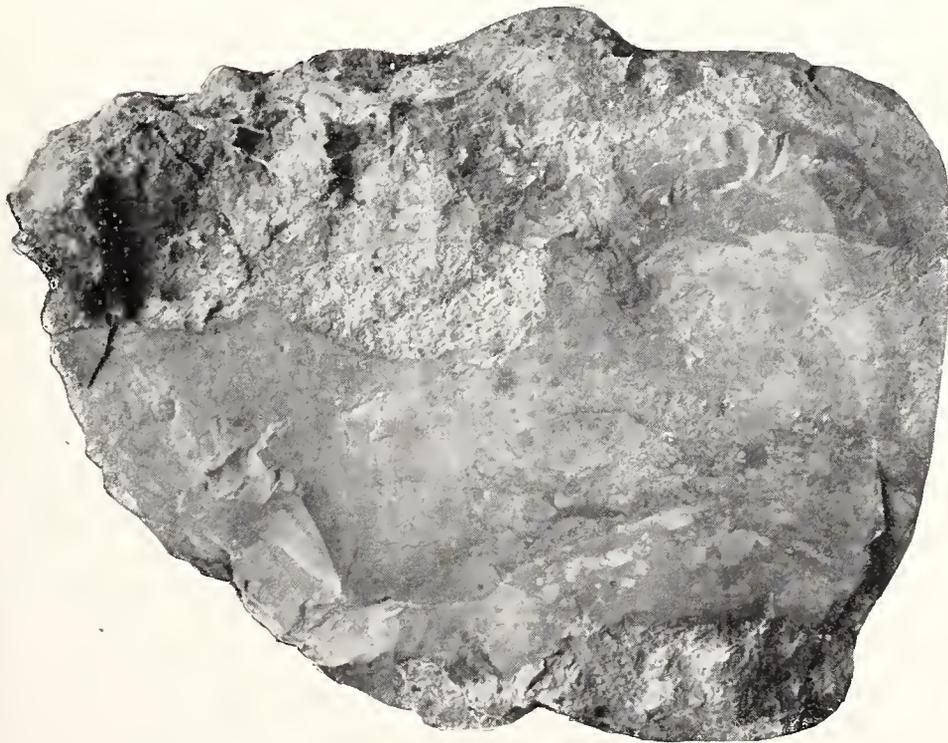


Fig. 1, 2. Hornsteingänge im Granit.

$\frac{3}{16}$ Nat. Gr.

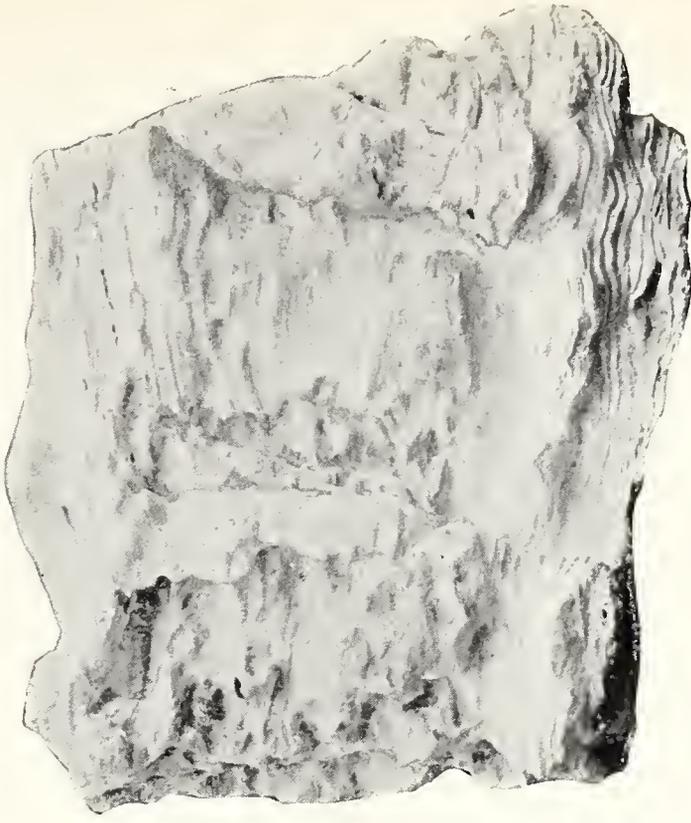
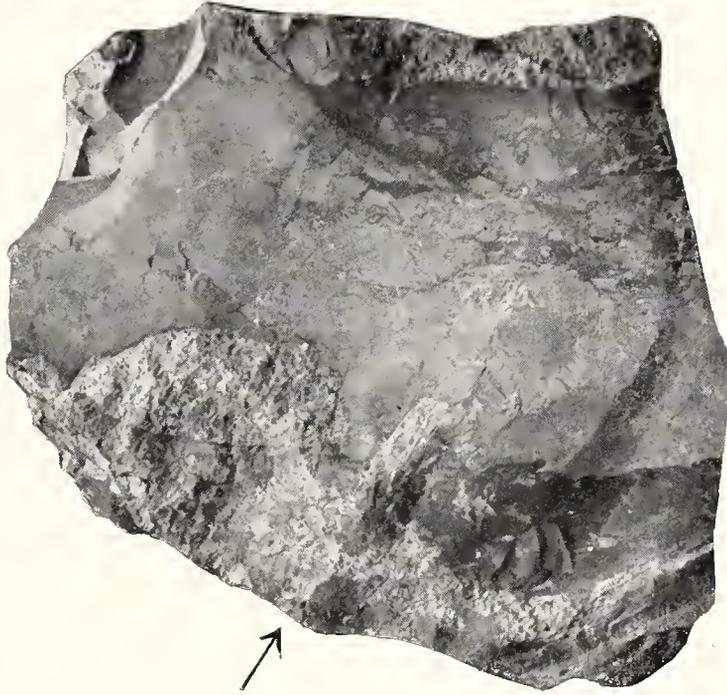


Fig. 3. Wasserkolke in der Sprudelschale (II).

$\frac{1}{4}$ Nat. Gr.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie](#)

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Schneider Karl

Artikel/Article: [Beiträge zur Theorie der heißen Quellen 65-102](#)