

Werk

Titel: Studien in den Thermengebieten Islands

Autor: Knebel, Walther von

Ort: Braunschweig

Jahr: 1906

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0021 | LOG_0120

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte

über die

Fortschritte auf dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften.

XXI. Jahrg.

22. März 1906.

Nr. 12.

Studien in den Thermengebieten Islands.

Von Dr. Walther von Knebel.

(Originalmitteilung.)

Bis vor wenigen Jahren herrschte allgemein die Ansicht, daß das Wasser der heißen Quellen von der Oberfläche der Erde entstamme, von da auf Spalten in große Tiefen herabdringe, um dort erwärmt an anderen Stellen als Thermen wieder hervorsprudeln. Bei kochenden Quellen müßte man also annehmen, daß das Wasser etwa 3000 m in die Tiefe hinabgedrungen sei.

Gegen diese Theorie hat sich Ed. Suess¹⁾ gewendet. Suess meint, daß das Thermenwasser nicht der Erdoberfläche entstamme. Das beweise einmal der Gehalt an gelösten Mineralsubstanzen, welcher oftmals nicht mit dem Nachbargestein in Einklang zu bringen sei; ferner zeige dies der mit den Niederschlagsmengen nicht periodisch wechselnde Wasserandrang der Quellen.

Zu diesen beiden Argumenten kommt noch ein weiteres hinzu: Würden die atmosphärischen Wasser in große Tiefen hinabdringen, um dann wiederum in den Thermen zutage zu treten, so müßten die vom Gebirgsdruck stark gepreßten und zerrütteten Gebirge dem Wasser am leichtesten den Zutritt in große Tiefen gestatten und somit am thermenreichsten sein. Dem ist indessen nicht so; nicht in den besonders zerklüfteten Gebieten, sondern vorwiegend in jenen Gegenden kann man die heißen Quellen beobachten, wo ein Zusammenhang mit vulkanischen Gebilden vorhanden ist.

Der Vulkanismus kann nun in zweierlei Weise thermenbildend wirken: Entweder dadurch, daß Grundwasser in den Bereich noch nicht erkalteter vulkanischer Gesteinsmassen tritt, oder aber indem durch das glühende Magma in der Tiefe die Gase ausgehaucht werden, welche sich zu dem Wasser der heißen Quellen verdichten.

Die erste dieser beiden Möglichkeiten ist wohl die zunächst liegende; wir müssen sie indessen in der Allgemeinheit entschieden verwerfen, da, wie bekannt, die chemische Beschaffenheit der Thermen vom Grundwasser oftmals völlig abweicht.

Die zweite Möglichkeit wird von Suess zur Erklärung des Thermenphänomens herangezogen. Diese Auffassung findet ja auch darin ihre Stütze, daß bei allen Vulkanausbrüchen Wasser frei wird und die Regenschauer hervorruft, die eine Eruption begleiten. Auf solches in den Feuerherden des Erdinnern aus den gasförmigen Grundelementen sich bildendes „jugendliches“, „juveniles“²⁾ Wasser führt somit Herr Suess die Thermen im allgemeinen zurück. Sie sind charakterisiert 1. durch die Unabhängigkeit ihrer Mengen von den Niederschlagsperioden und 2. durch die Konstanz ihrer Temperatur.

Die geologischen Verhältnisse der Thermengebiete sind in unseren dicht bevölkerten und intensiv bewirt-

¹⁾ Ed. Suess: Über heiße Quellen. (Naturw. Rdsch. 1902, S. 585—588, 597—600, 609—611.)

²⁾ Im Gegensatz zum juvenilen Wasser wird das an der Oberfläche der Erde oder in der Infiltrationszone befindliche, am Kreislauf des Wassers teilhabende Wasser als „vadoses“ bezeichnet.

schafteten Gebieten schwer zu erkennen. Klarer liegen sie beispielsweise in den wüsten Landstrichen auf der Insel Island, wo im Gefolge der intensiven vulkanischen Tätigkeit reichlich Thermen auftreten, und wo zuweilen nicht ein Grashalm, nicht die Spur einer Bodenkrume den geologischen Untergrund verbirgt. Während meiner geologischen Untersuchungen auf Island habe ich wiederholt Gelegenheit gehabt, Studien an den Thermen zu machen; diese Beobachtungen haben in mancher Hinsicht noch unerwartete Ergebnisse gezeitigt, die ich im folgenden darlegen will.

Wir beginnen unsere Betrachtung mit den bekannten Geysirn Islands. Die größte der Springquellen, der sogenannte „Große Geysir“, besteht aus einem senkrechten, 30 m tiefen Naturschacht von 2,5 m im Durchmesser, welcher oben in ein flaches Becken einmündet. Siedendes Wasser erfüllt das ganze Rohr, sowie das Becken und gelangt an den Rändern des letzteren zum Überfließen. Der Wasserandrang aus der Tiefe ist im allgemeinen ein geringer. Nur von Zeit zu Zeit finden Ausbrüche statt, bei denen eine Fontäne siedenden Wassers von 2 bis 3 m Dicke bis zu einer Höhe von 60 m und darüber emporgeschleudert wird. Nach einem solchen Ausbruch ist fast der ganze Quellschacht des Geysirs ohne Wasser, und man kann beobachten, wie das Wasser allmählich emporsteigt, bis es nach einigen Stunden das Becken wiederum erfüllt hat und schließlich wieder an dessen Rändern abläuft. Nach Verlauf einer gewissen Zeit ereignet sich ein neuer Ausbruch in der angegebenen Weise. Die Wässer der verschiedenen Thermen des Geysirgebietes vereinigen sich zu einem kleinen ständig fließenden Bach.

Diese Ausbrüche sind, wenigstens am großen Geysir, völlig unberechenbar. (An vielen anderen, z. B. jenen des Yellowstone-Nationalpark, sind die Intervalle zwischen den einzelnen Eruptionen regelmäßige, so daß man mit Suess von einem „Pulsieren“ der Quellen reden kann.) Unabhängig von Jahreszeit und Stunde finden hier in regelloser Aufeinanderfolge die Ausbrüche statt. Sie können daher nicht als eine Folge des hydrostatischen Druckes aufgefaßt werden, da dieser sich doch ständig in gleicher Weise äußern müßte.

Auch die auf die bisherigen Berichte über die Geysir Islands gestützte Angabe von Suess: „Die in Menge und oft unter Pulsationen hervortretenden heißen Wässer von Island können nichts anderes sein als die Folge der Entgasung und Abkühlung einer nicht allzu tief unter der Oberfläche liegenden Lavamasse, Emanationen, welche zu schwach sind, um eine Eruption zu veranlassen, oder Vorbereitungen eines neuen Ausbruches“, können wir bezüglich des großen Geysirs nicht gelten lassen, da unzweideutig ein Rückgang in dessen Tätigkeit zu konstatieren ist. Dies würde nicht der Fall sein, wenn die Eruptionen der Geysire Vorbereitungen eines vulkanischen Ausbruches wären; denn dann würde im Gegenteil eine Zunahme der Tätigkeit eintreten. Auch für die Anwesenheit heißen Gesteins nahe der Oberfläche haben die geologischen Verhältnisse keine Anhaltspunkte geliefert: Der Geysir liegt am Nordrande eines großen Tieflandes, welches den Süden Islands bildet und von vielen und

wasserreichen Flüssen durchströmt wird. Nördlich und westlich vom Geysir erhebt sich ein viele Kilometer breites Gebirgsplateau, bestehend aus alten vulkanischen Tuffen, jenseits dessen einige jüngere Laven auftreten. Im Süden und Osten breitet sich eine weite, sumpfige Ebene aus, welche in der Ferne von niedrigen Höhenzügen abgegrenzt wird. Jenseits derselben ist die Spitze der 45 km entfernten Hekla zu erblicken. Nirgends in der Nähe sind Spuren jüngerer vulkanischer Tätigkeit vorhanden, als deren Folge das Geysirphänomen hier selbst aufzutreten könnte.

Die Thermen des Geysirgebietes befinden sich nahe an den Gehängen eines kleinen Berges, welcher den Namen Laugafjall (Thermenberg) führt. Er besteht aus liparitischen Gestein, einer großen, gangförmig gelagerten Masse, welche die größtenteils altvulkanische (tertiäre) Umgebung überragt. Mit diesem Gestein hatte man bisher stets die heißen Quellen in Beziehung gebracht; mir ist es aber gelungen nachzuweisen, daß dieser Liparitberg an den verschiedensten Stellen Gletscherschliffe aufweist, daß er somit schon zur Zeit der letzten Vereisung Islands in gleicher Weise wie heute als älteres vulkanisches Massiv dagestanden hat.

Fehlen somit die Belege für die Anwesenheit jungvulkanischer Vorgänge in der Umgebung der Thermen, so ist andererseits von Bedeutung, daß die Thermen des Geysirgebietes in einem reichlich Grundwasser führenden Terrain gelegen sind; ja mehr noch als das: ihre ganze Umgebung ist versumpft. Wohl befinden sich die Austrittspunkte der höher gelegenen Quellen, wie es scheint, etwas höher als der Grundwasserspiegel; aber die Quellschächte reichen stets tief in das Grundwasser hinein.

Lehrreich ist das Verhalten des Geysir bei Erderschütterungen. Während die Erdbeben vom letzten Drittel des 18. Jahrhunderts die Anzahl der Eruptionen erhöht haben, ging im Verlaufe des 19. Jahrhunderts die Tätigkeit immer mehr zurück. Im Jahre 1896 aber fand ein gewaltiges Erdbeben statt, unter welchem 10000 km² des Südlandes heftig erschüttert wurden. Durch dieses Beben wurde die eruptive Tätigkeit des Geysir wieder verjüngt; doch ist sie gegenwärtig wieder stark zurückgegangen, und es gehen jetzt 3, 4, 5, ja 8 Tage vorüber, bevor eine neue Eruption eintritt, während er unmittelbar nach dem Erdbeben nahezu täglich „sprang“.

Das hier Gesagte gilt auch von den anderen Thermen dieses Gebietes. So wird durch Bischof Finsen berichtet, daß nach den Erschütterungen von 1784 nicht weniger als 35 neue Thermen entstanden wären. Ähnliches wurde auch von den Thermen von Reykir südlich von Thingvallavatn nach verschiedenen Erdbeben (1597, 1826 usw.) beobachtet.

Diese letztgenannten Thermen sind in mancher Beziehung jenen des Geysirgebietes ähnlich. Sie liegen in einem Gebiet, in dessen unmittelbarer Nähe keine jungen vulkanischen Ausbrüche stattgefunden haben, wenn wir von Lavaströmen absehen, welche, von entfernteren Punkten kommend, sich bis in ihre Nähe ergossen haben. Sie sind sehr wasserreich und befinden sich in einem reichlich Grundwasser führenden Gestein (vulkanischem Tuff). Sie sind endlich, wie es Verfasser gelungen ist nachzuweisen, um einen alten Eruptivstock gelagert, welcher — vollkommen analog jenem des Laugafjall am Geysir — die alten vulkanischen Tuffmassen durchsetzt. Also auch hier sind die Thermen an ziemlich alte vulkanische Vorgänge gebunden, und zwar befinden sie sich auch hier in nächster Nähe eines alten Eruptivstockes.

* * *

Wir wenden uns nun zwei anderen Quellbezirken zu. Am Westrande des Laugarvatn (Thermensee), zwischen dem Thingvallavatn und dem Geysir gelegen, treten aus einer Reihe von kreisrunden Kieselsinterbecken in ziemlich gleichmäßigem Rhythmus alle 2 bis 3 Minuten aufsprudelnd siedende Quellen zutage. Die ganze Um-

gebung ist stark versumpft, und die Quellen selbst sind noch ganz im Bereich des Grundwassers. Letzteres hat sich in der Nähe zu einem größeren See, dem Langavatn, angesammelt, dessen Wasser eine flache Mulde anfüllt und infolge des Zuflusses der heißen Quellwässer mäßig erwärmt ist. Die Sinterbecken, aus welchen die Thermen hervorsprudeln, sind vom Grundwasser völlig überflutet, so daß man hier die eigenartige Beobachtung machen kann, wie das aus der Tiefe aufbrodelnde, kochende Wasser gleichsam mit dem gewaltig andrängenden Grundwasser kämpft. Man wird hier unbedingt den Eindruck erhalten, daß es sich um ertrunkene Geysire handelt. In unmittelbarer Nähe der Thermen des Laugarvatn sind ebenfalls keine Spuren junger vulkanischer Tätigkeit vorhanden. In dem Tuffgebirge, an dessen Rande die heißen Quellen hervortreten, befinden sich nur einige wahrscheinlich alte Gänge basaltischen Gesteines.

Vom Laugarvatn 24 km halbsüdwärts nach Osten gelangt man über eine weite sumpfige Niederung hinweg nach der Farm Gröf. Auch hier befinden sich zahlreiche heiße, wenn auch nicht siedende Quellen. Sie sind, wie man deutlich wahrnehmen kann, ungefähr längs einer geraden Linie angeordnet, welche auf eine geradlinig verlaufende Spalte schließen läßt. Ein kleiner Bach kreuzt zu wiederholten Malen die ziemlich wasserreiche Thermenzone. Die Farm ist auf einer aus älteren vulkanischen Tuffen gebildeten Anhöhe gelegen, die von den Thermalquellen geschnitten wird. Da, wo vom Bach der Durchschnitt der Thermenpalte durch die vulkanischen Tuffe aufgeschlossen ist — die Stelle befindet sich westlich von der Farm — kann man die Wahrnehmung machen, daß hier das ganze Tuffgebirge äußerst reich an Grundwasser ist, welches überall am Gehänge hervorrieselt. Wenige Meter neben diesen naturgemäß kalten Quellen entspringt in gleicher Höhenlage mit diesen heißes Wasser. Auch hier bei Gröf haben wir den Fall, wie bei allen bisher genannten Gebieten heißer Quellen: **Sie entspringen im Grundwasser, wo also auch ohnedies Quellen auftreten würden.**

* * *

Alle bisher in den Kreis unserer Betrachtungen gezogenen Gebiete befanden sich, wie wir stets hervorheben konnten, nicht in unmittelbarer Nähe junger vulkanischer Eruptionszentren, aber wir müssen doch zugeben, daß das gesamte in Rede stehende Gebiet immerhin noch als ein jungvulkanisches anzusehen ist, wenn auch in unmittelbarer Nachbarschaft der Thermen keine Ausbrüche stattgefunden haben.

Nun wollen wir uns aber einem Thermengebiet zuwenden, das weitab von allen jüngeren vulkanischen Bezirken gelegen ist. Unfern des Skagafjord im Norden Islands steigen die heißen Wässer von Reykir im Skagafjordarsysla empor. Das gesamte Basaltgebirge Islands ist ungemein wasserreich. Viele Tausende von Bächen und Wasserfällen stürzen allerorts aus den steilen Felswänden dieser Gebirgsart. Namentlich wasserreich sind aber die Spalten, wie dies ja überall der Fall ist.

Analoge Verhältnisse, wie die geschilderten bei Reykir im Nordland, haben wir auch in anderen Gebieten der Insel. Der Verfasser möchte sich hier auf ein Gebiet berufen, welches er zwar nicht selbst aus eigener Anschauung kennt, das aber, nach den gründlichen Beschreibungen Keilhacks zu urteilen, durchaus analoge Verhältnisse aufzuweisen scheint. Es ist dies das große Thermengebiet nordöstlich vom Borgarfjord, dem nördlicheren der beiden Küsteneinschnitte der Faxabucht. Auch hier ist nach Keilhack das ganze Gebiet in Spalten zerlegt, auf welchen die Thermalquellen aufsitzen.

Die beiden zuletzt genannten Gebiete sind seit tertiärer Zeit überhaupt völlig frei von vulkanischen Erscheinungen geblieben. Von allen den zuerst genannten Quellgebieten, zu welchen die hauptsächlichsten der Insel gehören, haben wir aber gleichfalls betonen müssen, daß

sie, obwohl in einem jungvulkanischen Teile der Insel gelegen, doch ziemlich entfernt von allen Spuren junger vulkanischer Vorgänge auftreten. Aber auch hier können wir jedenfalls mit Bestimmtheit sagen, daß eine Verbindung zwischen den Thermen Islands und den Eruptionen, wie sie beispielsweise von Suess angenommen wurde, nicht wahrzunehmen ist. Gleichwohl aber erachten wir es als ganz außer Zweifel, daß die Thermen ein Erzeugnis des Vulkanismus überhaupt seien; nur treten sie im Gefolge einer sehr alten vulkanischen Tätigkeit auf.

Die bisher besprochenen heißen Quellen befinden sich allesamt noch im Niveau des Grundwassers. Oft geht der Grundwasserspiegel bis über die Quellöffnung (z. B. am Laugarvatn) in manchen Fällen nur bis an den Quellschacht (z. B. am Geysir) — allemal aber kann das Grundwasser Zutritt zu den heißen Quellströmungen haben.

Für das Studium der Thermen selbst ist der Zutritt des Grundwassers naturgemäß ein höchst lästiges Hindernis. Glücklicherweise aber hatte der Verf. auch in solchen Gegenden Beobachtungen anstellen können, in denen nur wenig Grundwasser auftritt. So an dem nur sehr selten besuchten Kap Reykjanes, dem äußersten Ende der südwestlichen Halbinsel. Dort befindet sich ein großes Solfatarenfeld, eines der bedeutendsten auf der ganzen Insel, in dessen Umgebung zahlreiche noch ziemlich junge Deckenlavaergüsse¹⁾ vorhanden sind, unter welchen inselartig die Unterlage, ein altes vulkanisches Tuffgestein, zutage tritt. Letzteres führt nur sehr wenig Grundwasser, da die geringen Niederschlagsmengen an der Oberfläche des Tuffes unter der ihn größtenteils verhüllenden klüftigen Lava dem nahen Meere zufließen.

Diese geologisch älteren vulkanischen Tuffe werden von heißen Dämpfen durchbrochen, welche das Gebiet in eines der schauervollsten Solfatarenfelder verwandelt haben²⁾. Aus der Tiefe steigen schwefelige Dämpfe auf, als deren Produkt sich gelber Schwefel niederschlägt und Gips, zweifellos juveniler Entstehung. Die vielen Hunderte von Dampfsäulen, welche aus zahllosen Öffnungen des Bodens ausströmen, bestehen zum größten Teil aus Wasser.

Wir stehen nicht an, das Wasser, das jene Solfataren zutage fördern, als juveniles zu betrachten. Von eben diesem Wasser werden einige Pfuhle gebildet, in welchen das zu einem graugelben Schlamm zerkochte mit Schwefel vermengte Gestein widerliche Dämpfe ausstoßend brodelte. Aber die Menge des juvenilen Wassers ist so gering, daß auch nicht ein einziger, noch so kleiner Wasserlauf gebildet wird, sondern alles Wasser noch innerhalb des Solfatarenbezirkes verdunstet.

Dem Verf. sind aus eigener Anschauung noch drei weitere der bedeutendsten Solfatarengebiete des Landes bekannt: die Solfataren von Krisuvik, von Reykjahlid und von Theistareykir.

Die Solfataren von Krisuvik (im Südlände etwa 30 km weiter östlich vom Solfatarenfeld von Reykjanes gelegen) befinden sich in einem vulkanischen Tuffgestein, das jenem von Reykjanes völlig gleicht. Die Tuffe von Krisuvik bilden einen etwa 200 bis 300 m hohen Bergzug, den Sveifluháls, an dessen Basis, sowie an den Flanken (an einigen Stellen sogar auch auf der Höhe) die Solfataren-dämpfe aufsteigen. Auch hier bildet sich nur wenig Wasser, aber doch hinreichend, um einen, allerdings winzigen Wasserlauf zu speisen. Hier wie bei Reykjanes ist der Boden so heiß, daß der weitaus größte Teil der ausgehauchten Wassermassen als Dämpfe sich verflüchtigt.

¹⁾ Die Laven stammen zum Teil wohl aus den ersten Jahrhunderten der Besiedelung Islands durch die Normannen, zum Teil sind sie auch älter, alle aber sind postdiluvial.

²⁾ Eine Abbildung dieser Solfatarenfelder habe ich in meinen „Studien auf Island im Sommer 1905“ veröffentlicht; vgl. Globus 1905, S. 313.

Genau die gleichen Verhältnisse herrschen in den beiden anderen der genannten Gebiete. Bei Reykjahlid am Myvatn im Nordosten Islands und bei Theistareykir 25 km nördlich davon entsteigen ebenfalls den ziemlich alten vulkanischen Tuffen die genau wie bei Krisuvik reichlich Schwefel absetzenden Solfatarendämpfe. Wasser wird an beiden Orten juvenil gebildet, aber auch da in so geringer Menge, daß es nirgends zu einem eigentlichen Wasserlauf kommt. Das meiste Wasser geht dampfförmig in die Atmosphäre über.

* * *

Vergleichen wir die zuletzt beschriebenen Solfataren mit den heißen Quellen, die wir zuerst kennen gelernt haben, so haben wir zweierlei nachgewiesen, nämlich 1. daß sie nicht in unmittelbarer Nähe jüngerer Eruptionenpunkte sich befinden; 2. daß sie innerhalb des Bereiches des Grundwassers gelegen sind.

Wollten wir das Wasser dieser Thermen als juveniles ansehen, so müßten wir zu dem Ergebnis kommen, daß in diesen Gebieten ganz ungeheure Mengen Wassers infolge der Entgasung des Magmas der Tiefe sich bilden im Vergleich zu den Solfataren bei Reykjanes, Krisuvik, Reykjahlid, Theistareykir. Eine um so vieles stärkere Zufuhr von juvenilem Wasser aus der Tiefe wäre unseres Erachtens wohl nur dann denkbar, wenn es sich entweder um außergewöhnliche große, oder aber um ganz junge, d. h. mit sehr jugendlichen Eruptionen verknüpfte Aushauchungen von Wasser handeln würde. Das erstere trifft nicht zu; und bezüglich der zweiten Möglichkeit haben wir bereits gesehen, daß alle diese genannten hauptsächlichlichen Thermengebiete ziemlich fern von jungen vulkanischen Eruptionenstellen gelegen sind. Wir glauben demnach nicht an eine besonders starke Zufuhr juveniler Wasser aus der Tiefe.

Wenn nun dennoch diese Thermen so wasserreich sind, so bleibt nur noch die eine Möglichkeit, daß bei ihnen Grundwasser zum mindesten beteiligt ist. Wir haben ja auch von allen diesen Thermen darlegen können, daß sie sich im Grundwasser befinden.

Denken wir uns den Fall, daß das Grundwasser in den Bereich des von uns geschilderten heißen Solfataren-areales eindringen würde, so müßte der schon in der Tiefe von wenigen Metern unter der Oberfläche mehrere hundert Grad heiße Boden das gesamte Grundwasser in Thermalwasser verwandeln. An Stelle des heutigen Solfatarenfeldes würde alsdann ein Thermengebiet vorhanden sein, gleich jenem, wie es am Geysir ist. Schon vor genau 50 Jahren hatte Bunsen bei seinen Studien an den Geysirn Islands vermutet, daß das Thermengebiet des Geysir sich aus einem Solfatarengebiet gebildet habe. Spuren einer Solfatarentätigkeit finden sich auch noch heute sehr deutlich am Laugafell. Demnach wären also die Thermen des Geysirgebietes nichts anderes als ertrunkene Solfataren, und zwar in der eben angedeuteten Weise entstanden.

Die Umstand, daß ein Solfatarenfeld, in dessen Bereich das Grundwasser getreten ist, sich in einen Geysir verwandelt, ist im Laufe der Solfatarentätigkeit von Reykjanes schon einmal eingetreten. Ich habe nämlich in jenem Gebiete über den bunten Solfatarenprodukten die Reste ausgedehnter Flächen von alten Sinterdecken aufgefunden. Nach den für mich im geologischen Institut in Berlin freundlichst ausgeführten Untersuchungen des Herrn Dr. Stremme bestehen diese aus reiner Kieselsäure, gleich jenen, die an den so wasserreichen Thermen des Geysirgebietes oder des Laugarvatn sich gebildet haben. Den typischen Solfataren aber sind jene Bildungen fremd. Und gegenwärtig, nachdem das Grundwasser sich zurückgezogen und die reine Solfatarentätigkeit wieder Oberhand gewonnen hat, wird auch nirgends mehr jener charakteristische Kieselsinter herabgesetzt. Die Solfataren von Reykjanes waren also — zum

mindesten teilweise — vorübergehend in Thermen übergegangen, um dann wiederum den Charakter der reinen Solfataren anzunehmen.

* * *

Wir möchten nun aus den verschiedenen mitgeteilten Beobachtungen das **Resümee** zusammenstellen:

Studien in den verschiedensten Thermen-gebieten Islands haben gelehrt, daß die juvenil gebildete Wassermenge, welche in vulkanischen Gebieten infolge der langsamen Entgasung glutflüssigen Magmas der Erde entströmt, doch nur eine sehr geringe ist. Durch Erdbeben kann die juvenile Zufuhr vorübergehend vergrößert werden, ohne aber daß dadurch eine wesentliche Änderung entstünde. Aber nur dann, wenn in den Bereich der überhitzten Dämpfe und des heißen Erdbodens, den diese durchströmen, Grundwasser einzutreten imstande ist, nur dann scheinen sich jene großen Thermen-gebiete bilden zu können.

Durch genau die gleichen vulkanischen Vorgänge entstehen, nach dem Gesagten, in einem grundwasserfreien Gebiete Solfataren, in einem grundwasserreichen Gebiete aber Thermen. Die Thermen können wir somit als im Grundwasser ertrunkene Solfataren, die Solfataren aber als trockene Thermen auffassen.

Das Wasser der Thermen Islands besteht demnach größtenteils aus Grundwasser; es enthält aber stets juvenile Beimengungen.

* * *

Ich habe durch diese kurze Darlegung meiner Studien in den Thermengebieten Islands den Versuch gewagt, die Aufmerksamkeit auf ein wichtiges geologisches Problem zu lenken, das immer noch erneuter Beobachtungen dringend bedarf, zumal die Bedeutung dieses Problems ja auch, vom praktischen Standpunkte aus eine nicht zu unterschätzende sein dürfte. Bestehen nämlich die Thermen größtenteils aus Grundwasser, so ist beim Bau aller Anlagen in der Nachbarschaft der Quellregionen die höchste Vorsicht geboten, da jede Verunreinigung in höchstem Maße verhängnisvoll werden könnte. Anders aber wäre es, wenn die Wasser jener Quellen durchaus juvenile wären; dann würden Verunreinigungen der Quellen nicht zu befürchten sein.

Unseres Erachtens ist es also durchaus erforderlich, die Thermen in jeder Weise vor Andrang schlechter Grundwasser zu schützen. Indessen wird die Gefahr der Verunreinigung der Thermen durch einen anderen Umstand verringert. Die Thermalwasser enthalten nämlich fast stets Substanzen gelöst, welche einen Quellsinter abzusetzen vermögen. Dieser Sinter — in den meisten Fällen ist es Kieselsäure — kleidet die Wandungen der Quellströmungen in der Art aus, daß diese auf natürliche Weise gegen das Grundwasser abgedichtet sind.

Man darf indessen dieser Abdichtung keine allzu große Bedeutung beimessen. Wäre diese als eine vollständige erwiesen, so würden ja unsere gesamten Ausführungen überhaupt belanglos sein. Denn dann könnten die Thermen nur noch juveniles Wasser enthalten. Wir müssen also prüfen, ob die Abdichtung der Quellströme vom Grundwasser wirklich eine vollständige ist, bzw. sein kann.

Eine derartige Abdichtung des Thermalwassers gegen das Grundwasser erfolgt, wie wir sehen werden, aber nur in den oberen Teilen der Quellströmungen. Denn die winzigen Spuren gelöster Salze werden bis nahe an die Oberfläche getragen — wenigstens gilt dies bei den kochenden Thermen, zu welchen beispielsweise die Geysir Islands gehören. Bei diesen ist nämlich die Temperatur eine derartige hohe, daß sie in allen Zonen der-

jenigen gleichkommt, bei welcher das Wasser unter den obwaltenden Druckverhältnissen siedet. Die Geysirwasser besitzen also immer die höchst mögliche Temperatur, die flüssiges Wasser bei dem betreffenden Druck annehmen vermag¹⁾.

Das Wasser kann bei diesen hohen Temperaturen sehr wohl den gelösten Mineralgehalt bis an die Oberfläche tragen, um ihn erst dort bei der Abkühlung als Sinter niederschlagen. Nun begegnet das heiße Thermalwasser bei seinem Wege durch die einzelnen Quellschächte ja allerdings kaltem Grundwasser, durch welches eine zur Bildung von Quellsinter hinlängliche Abkühlung hervorgerufen werden könnte. Aber nach unserer Auffassung tritt dies nur bei sehr gealterten Thermen ein. In den großen, jüngeren Thermengebieten ist die Wärmemenge, welche teils durch die hohe Temperatur des Magmas, teils durch die chemische Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff zu juvenilem Wasser in der Tiefe produziert wird, ausreichend, um das gesamte Grundwasser so weit zu heizen, daß dieses nicht mehr durch Abkühlung die juvenilen Sintermassen zur Ausscheidung bringt.

Nur nahe der Oberfläche wird eine Abdichtung des Thermalwassers gegen das Grundwasser erfolgen können. Man kann nämlich das Grundwasser fast überall in zwei Zonen teilen, eine untere in ziemlicher Stagnation befindliche und eine obere strömende. Beide Zonen sind zwar in Berührung mit einander, aber es findet ein sehr allmählicher Austausch zwischen ihnen statt. Jedenfalls ist aber anzunehmen, daß in so großen Thermengebieten, wie jenen Islands, die Wärmezufuhr aus der Tiefe groß genug ist, die Wärmeabgabe des stagnierenden Grundwassers an das fließende zu ersetzen. In der oberen strömenden Zone des Grundwassers hingegen kommt ständig neues kaltes Grundwasser mit den heißen Quellströmungen in Berührung; es können daher beträchtliche Mengen Quellsinter infolge der Abkühlung sich an den Wandungen der Quellschächte niederschlagen, welche eine gewisse Abdichtung gegen das Grundwasser bewirken. Diese Abdichtung muß aber, nach dem zuvor Gesagten, nach der Tiefe zu abnehmen und wird namentlich in den tieferen Zonen des stagnierenden Grundwassers überhaupt aufhören.

Wir wollen die Frage, ob das juvenile Wasser überhaupt imstande ist, sich gegen das Grundwasser gänzlich abzudichten, offen lassen. Die Beobachtungen auf Island sprechen jedenfalls für die Annahme, daß die Hauptmasse der Thermen nicht aus juvenilem Wasser, sondern aus Grundwasser besteht. Aber selbst den Fall angenommen, daß im Verlaufe einer langen Zeit eine völlige Abdichtung erfolgen könne, so daß die Thermen nur noch juveniles Wasser führen, so ist doch in jedem einzelnen Falle die Frage zu erheben, ob diese Abdichtung bereits erfolgt ist oder nicht.

Genetisch betrachtet müssen die Thermen jedenfalls eine Periode hinter sich gehabt haben, in welcher eine Vereinigung zwischen vadosem und juvenilem Wasser vorhanden gewesen ist. Im Laufe langer Zeit mag diese Verbindung namentlich nahe der Oberfläche durch eine Abdichtung aus Sinter aufgehoben worden sein. Es ist dem Geologen nicht möglich zu erkennen, wie weit eine Abscheidung zwischen dem angeblich nur juvenilen Wasser der Thermen von dem vadosen bereits erfolgt ist. Die charakteristische Eigenheit der Thermen, daß ihre Wasserabgabe nicht mit dem Rhythmus der Niederschläge, also auch des Grundwassers schwankt, spricht, unseres Erachtens, nicht dafür, daß die Thermen überhaupt ohne Verbindung mit dem Grundwasser seien.

Die Schwankungen der Niederschläge äußern sich ja stets nur im Niveau des fließenden Grundwassers. Da

¹⁾ In einer Tiefe von 30 m hatte Bunsen an dem großen Geysir Islands beispielsweise 127° C gemessen; bei 20 m Tiefe betrug die Temperatur nur etwa 120° C.