

Zur Kenntnis der statischen und dynamischen Vorgänge in Mineralquelladern.

Von Dr. techn. J. Knett.

Mineralquellen, besonders Thermen mit Bassinfassungen (direkt über dem „Ursprung“ eines oder mehrerer Quellausbrüche), wie man derlei Anlagen vorzugsweise in Schwefelbädern antrifft, lassen fast überall die Erscheinung des stellenweisen Aufwallens beobachten. Es ist schon einige Jahre her, dass ich gelegentlich der Besichtigung eines solchen Quellenbassins von einem Ingenieur gefragt wurde, wieso es komme, dass sich das Bassin nur bis zu einer gewissen Höhe fülle, während es den Anschein habe, als würden einzelne der einmündenden Quellen einen höheren Stand einnehmen können. Gleichzeitig vollführte er folgendes Experiment: er tauchte an einer Stelle, wo die Wallung gar nicht sonderlich auffällig gewesen war, doch beständig ziemlich ansehnliche Gasblasen aufstiegen, einen grösseren Glastrichter darüber, so dass das Trichterrohr etwa zu $\frac{3}{4}$ oder $\frac{2}{3}$ seiner Länge aus dem Bassinspiegel ragte, und siehe da, das Thermalwasser sprang intermittierend 20—25 cm. über den Spiegel des Badebassins.

Mir war sowohl dieser Versuch, als auch dessen quellentechnische Wichtigkeit nicht neu, zumal ich diese Erscheinung einige Jahre vorher in einem speziellen Falle direkt in die Praxis umgesetzt hatte, und konnte deshalb auch sofort die Erklärung geben. Ich bringe diese Sache hier deswegen vor, weil ich mich erst im heurigen Sommer wieder überzeugen konnte, dass diese in ihrem Wesen und ihrer Bedeutung ganz einfache Erscheinung in Fachkreisen noch immer nicht genügend bekannt oder bei Erörterungen quellentechnischer Fragen nicht gehörig gewürdigt wird. Zufälligerweise gab Anlass hiezu wieder die Betrachtung der Wallungen eines grossen Mineralwasserbassins. Wir legen daher unseren einleitenden Ausführungen zunächst das Vorhandensein eines nicht einseitig besonders dimensionierten Mediums zugrunde.

Treten in einen ruhig stehenden Flüssigkeitskörper von unten Gasblasen ein, so streben diese vermöge ihres geringeren spezifischen Gewichtes in die Höhe, so wie ein mit Leuchtgas gefüllter Kinderballon vermöge seines Auftriebs in dem spezifischen schwereren Luftmedium emporsteigt. Jeder Körper verliert bekanntlich beim Eintauchen in einen anderen (tropfbar- oder gasförmig-flüssigen) Körper so viel von seinem wahren absoluten Gewicht, als das Gewicht des von ihm verdrängten Mediums beträgt; deshalb ergeben auch nur Wägungen im luftleeren Raum das wahre Körpergewicht. Da in den eben erwähnten Beispielen das Gewicht der verdrängten Medien grösser ist,

als das der von ihnen umgebenen Körper, so resultiert daraus ein positiver Wert für die von dem Medium auf den eingetauchten Körper wirkende Kraft. Bezeichnen wir diese mit P , die in Betracht kommenden Körper- und gleichgrossen Verdrängungsvolumina mit V , das spezifische Gewicht des Mediums mit m , des eingetauchten Körpers mit e , so ist das wirkliche absolute Gewicht des letztgenannten = Ve im luftleeren Raum, und das scheinbare Gewicht = $Ve - Vm$ in einem bestimmten Medium*); endlich die Kraft $P = Vm - Ve$. Da m grösser als e , so ist P grösser als Null, also positiv, d. h. P ist eine nach aufwärts gerichtete Kraft. Wären die spezifischen Gewichte gleich, würde der eingetauchte Körper schweben; wäre er spezifisch schwerer, würde er sinken, weil dann P negativ ist. Kommt, um bei dem früheren Vergleich zu bleiben, der Ballon in höhere Regionen, wo nur mehr geringerer Luftdruck auf ihn wirkt, so expandiert das Ballongas, bis es schliesslich zu einem plötzlichen Druckausgleich kommt, der Ballon platzt. Grössere Ballons explodieren unter sonst gleichen Umständen leichter als kleinere.

Genau dieselben Vorgänge finden statt beim Aufsteigen von Quellengasen. Ist die Mineralquelle bis zu ihrer Maximalsteighöhe gespannt, d. h. stagniert sie, dann können Gasblasen, wie wir sie jetzt verfolgen, keine hebende Wirkung hervorbringen, wiewohl sie im Wasser emporsteigen und sich wegen allmählicher Verminderung des auf sie lastenden Wasserdruckes stetig ausdehnen, resp. vergrössern, endlich sich nahe der Wasseroberfläche in einzelne Trauben zahlreicher kleinerer Gasbläschen auflösen, die dann im Wasser selbst nicht mehr platzen. Eine Wasserhebung kommt in diesem Falle deswegen nicht mehr zu Stande, weil der Flüssigkeitskörper einer wohl gegen unten

*) In unserem Falle ist also das scheinbare Gewicht des Ballons oder der Gasblasen kleiner als Null, da die Luft schwerer als Leuchtgas und das Wasser schwerer als das Quellengas ist. Um diese uns aus der Kindheit her geläufigen physikalischen Beziehungen Fernerstehenden ins Gedächtnis zurückzurufen, möchte ich einen drolligen Fall in Kürze andeuten, der sich vor etwa 8 Jahren in einer Zollgrenzstation zum Gaudium des reisenden Publikums, abgepielt hat. Ein Hausierer hält etwa 20 jener bunten Ballons an einer Schnur. Der Zollbeamte erklärt, Kautschukware sei zu verzollen, nach dem Gewicht . . . Der Händler übergibt ihm die Ballons mit der Bitte, sie abzuwiegen! (Der Auftrieb des Ballongases ist grösser, als das Gewicht der Hülle und das scheinbare absolute Gewicht des Ballons negativ; das scheinbare Gewicht fester oder flüssiger Körper in der Atmosphäre nennen wir im gewöhnlichen Leben schlechtweg Körpergewicht.)

abgegrenzten, aber seitlich noch erweiterungsfähigen Wassermasse gleicht. Die Vergrößerung des Volumens der aufsteigenden Blasen rührt bei Quellgasen zum Teil auch noch von einem anderen und zwar die Spannkraft der Gasblasen wieder herabsetzenden Vorgang her, nämlich von der Aufnahme neuer Gasteilchen, die vorher absorbiert gewesen waren und durch die Erschütterung des Mineralwassers beim Durchstreichen der Gasblasen teilweise entbunden werden und so die Menge des spontan entweichenden Gases vermehren. Eine Wiedervereinigung kleiner Gasbläschen — etwa wie bei Quecksilberkügelchen — findet wohl nur in sehr untergeordnetem Masse statt und vielleicht nur dann, wenn sie in engen Wegen heftig aneinanderprallen. In dem Masse, als die Quellgase emporsteigen, verdrängen sie, wie wir früher gesehen haben, ein gleich grosses Volumen Wasser und dieses muss daher (in dem gedachten Falle) nach unten und seitwärts wandern, um die früher vom Gase innegehabten Räume zu erfüllen. Ich glaube nicht, dass selbst in einem ausgebreiteten Mineralwasser-Regime, das sozusagen ein bodenloses Gefäss, resp. einen stehenden Flüssigkeitskörper ohne bestimmte Tiefenbegrenzung darstellte, auch nur theoretisch eine Wasserhebung stattfindet infolge Durchperlens der Gase.

Anders, wenn sich die Flüssigkeit von unten nach oben in Bewegung und Abfluss befindet; dann ist es, weil stetiger Wassernachschub stattfindet, klar, dass eine Abwärtsbewegung nicht gut möglich ist. Es muss soviel Wasser gehoben werden, als die aufsteigenden Gasblasen selbst Raum einnehmen, bzw. Wasser verdrängen, namentlich bei naher Seitenbegrenzung der Quellwege. Es ist dies, wenn ich nicht irre, von Prof. Hendrich vor einiger Zeit experimentell bestätigt worden. Als *conditio sine qua non* dieser Wasserhebung aber betrachte ich entweder die scharfe Tiefenbegrenzung einer Quellader oder eine aufsteigende Bewegung des Wassers selbst und zwar bis auf ein gewisses Niveau, das dann durch die Gastätigkeit wasserhebend überhöht werden kann. Vielleicht spielen dabei, wie angedeutet, doch auch bis zu einem gewissen Grade die Querschnittsverhältnisse der Flüssigkeitssäule eine Rolle.

Ganz ausser Zweifel steht eine solche bei nach einer Richtung hin besonders dimensionierten Flüssigkeitskörpern, wie in Gesteinsklüften oder engen Bohrlöchern, welchen Fall wir jetzt beobachten wollen; hier ist es klar, dass die durch das Gas bewirkte Wasserhebung umso kräftiger erfolgen muss, je mehr die grossen Gasblasen noch in ungeteilter Form den ganzen Querschnitt der Quellwege einnehmen können. Unter solchen Umständen vermag sogar noch Wasser bis zu einem gewissen Grad gehoben werden über einen stagnierenden Wasserspiegel ohne Sohlenwiderstand, ähnlich wie bei einer Mineralquelle, die ihren Abfluss gänzlich eingestellt hat. Das war in dem eingangs erwähnten Beispiel der Fall; die durch den Trichterkegel aufgefangenen Gasblasen trieben, weil sie den ganzen Querschnitt

des Trichterrohrs einnahmen, kürzere oder längere Wasserzylinder vor sich her und bewirkten auf diese Weise ein intermittierendes Springquellphänomen. Man kann dies mit einem beliebigen Glas Wasser demonstrieren, in das man ein kurzes, beiderseits offenes Glasrohr von richtiger Weite taucht und von unten durch ein hackenförmig gebogenes, etwas geringer dimensioniertes Rohr Luft einbläst. Die fehlende Tiefenbegrenzung wird durch die erzeugten Luftkolben ersetzt. Wählt man das Springrohr zu weit, so kommt es höchstens zu Schaumbildungen oder Wallungen. Die Ueberhöhung des Wasserspiegels geschieht infolge Verdrängung des Wassers durch Gas, resp. Luft; im zweiten Falle kommt Wasserhebung mit Abfluss nur dann in Betracht, wenn ein gewisser Wasserüberdruck oder eine andere Ursache vorhanden ist, um das Wasser allein in aufsteigender Bewegung zu erhalten, oder wenn das Steigrohr unten abgeschlossen wäre, über welcher Sohle kleine Bläschen eintreten und dann eine entsprechende Wassermenge durch Verdrängung heben könnten. Im ersten Falle, wo das Gas von wegen der Kolbenform direkt als Motor wirkt, muss nicht nur so viel Wasser verdrängt werden, als das Volumen der Gaskolben befrägt, es wird auch die lebendige Kraft des aufsteigenden Gases auf darüber befindliche Wassersäulen übertragen. Bei Schaumbildung im weiten Rohr, resp. bei starker Gasverteilung entfällt diese unterstützende Wirkung; es verbleibt nur das Verdrängen einer dem Volumen aller Gasbläschen gleichen Wassermenge. Die „Blume“ eines frisch gefüllten Bierglases stellt eine solche Ueberhöhung eines stehenden, unten abgeschlossenen Flüssigkeitskörpers dar; wenn das Gas entflohen ist, nimmt der früher mehrere Zentimeter hohe Schaum als Flüssigkeit allein bloss wenige Millimeter ein; ist der Querschnitt geringer, wie bei einer Flasche, kann allerdings Ueberlaufen erfolgen. Indes lässt sich diese Art der Flüssigkeitshebung mit den Vorgängen in Quellwegen nicht gut vergleichen, weil es sich bei moussierenden Flüssigkeiten stets um eine plötzliche Druckverminderung, resp. spontane Entlastung und Entbindung gespannter Gase handelt, ein Vorgang, der allenfalls in grossen Erdtiefen oder in Geyserröhren stattfinden mag, für gewöhnlich aber bei Mineralquellen nicht in Betracht kommen kann.

Auf gleiche Weise, d. h. durch Flüssigkeitsverdrängung und Uebertragung der lebendigen Kraft des Gases werden in der Natur Petroleumquellen oder die sie stellenweise begleitenden oder geologisch sozusagen ersetzenden Oelwässer (Jodquellen*) mit Hilfe von Kohlenwasserstoffgasen auf- bzw. zutage getrieben, seltener Soolquellen durch Salzgas (Kohlenwasserstoff) allein, meist unter Mitwirkung von Kohlensäure, die insbesondere bei alkalischen und salinischen Mineralquellen das treibende Element ist, sowie Schwefelwasserstoff und andere Gase bei Schwefelquellen den Motor bilden. Und just die Beobachtungen in den Oelfeldern waren es,

*) J. Knett, Sitzungsberichte „Lotos“, Prag 1904.

welche die Uebertragung dieses Prinzipes in die Praxis zur Folge hatten, um Wasser aus grossen Tiefen zu heben mittels von unten in ein Steigrohr eingeführter Luft. Hieher gehören bekanntlich die sogenannte Mammutpumpe und andere ihr verwandte Konstruktionen. Ueber den Wert der Grösse der Luftblasen aber sind die Ansichten meines Wissens noch sehr geteilt; während man im allgemeinen die Gaskolbenwirkung bevorzugt, scheinen einzelne Systeme geradezu auf eine innige Verteilung kleiner Luftblasen in dem zu hebenden Wasser abzuzielen. Ich erinnere mich wenigstens über derlei Patentanmeldungen gelesen zu haben; ob die Funktionierung damit verbessert wurde, ist mir nicht bekannt.

Eine interessante Erscheinung war 1840 in Frankreich beobachtet worden. Auf einer Grube musste ein Schacht von 91—92 *m* Tiefe, in den ein 35 *cm* weites Rohr bis auf die Sohle hinabreichte, hufens Beschaffung stärkerer Maschinen wegen grossen Wasserandranges sich selbst überlassen werden; er füllte sich bis oben. Nach Verlauf je eines Monats sammelte sich am Grunde so viel Kohlensäuregas (deren Provenienz aus dem Buche nicht zu erkennen ist, dem ich diese Beobachtung entnehme*), dass jedesmal eine Eruption erfolgte. Sie kündigte sich durch Erzittern der Wasseroberfläche an, dem nach wenigen Stunden eine heftige und geräuschvolle Aufregung der ganzen Wassermasse folgte, hervorgerufen durch eine grosse Menge zutage getretener Kohlensäure; dann ergoss sich aus der erwähnten Röhre ein Wasserstrahl von zirka 13 *m* Höhe. Die Eruption war keine konstante, sondern nach je 15—20 Minuten sekundenlang unterbrochen; das Spiel dauerte so lange „bis der Schacht zu einer Tiefe von 32—48 *F.* geleert war“, also wohl bis der Spiegel im Schachte um 10—15 *m* gesunken war.

Das Aufwallen des Schachtwassers entspricht der Erscheinung im weiten Rohr, das Springquellphänomen der im engen Rohr. Weit und eng sind relative Begriffe bezogen auf die Gas mengen und Grösse der Blasen. Soll das Gas die Wände eines Bohrloches oder Springquellrohres voll bestreichen, so muss das eine wie das andere eine gewisse Dimension haben, so dass nicht bloss das Wasser allein, wie durch das verengte Mundstück einer Spritze eine grössere Endgeschwindigkeit erhält, sondern auch die lebendige Kraft des Gases auf das Wasser übertragen werden kann, um dieses mit noch erhöhter Geschwindigkeit herauszuschleudern.

Bei dichter Anpassung einer Springvorrichtung an eine Quellfassung oder Bohrung, etwa durch Anbringung eines konischen Uebergangsstückes und Steigrohres geht damit wegen des verstärkten Reibungswiderstandes der Gase und Wassersäulen eine Spannungsvermehrung für die betreffende Mineralquelle Hand in Hand, ganz abgesehen davon, dass die Wurfhöhe des Wassers

eine grössere werden soll. Höherer Quellaustritt ist ebenfalls gleichbedeutend mit vermehrter Spannung.

In beiden Fällen ist eine Verminderung der Wassermenge damit verbunden; es verlangt dies das Gesetz von der Erhaltung der Kraft. Anders, wenn man auf die alleinige Ausnutzung der lebendigen Kraft der Quellengase abzielt und die Springvorrichtung mit der Quelle nicht dicht verbindet. Dann kann von einer Spannungsvermehrung keine Rede sein; ja wir haben eingangs an dem kleinen Versuch gesehen, dass auf diese Weise noch Wasser gehoben werden kann, wenn eine Quelle überhaupt schon ihre Maximalsteighöhe angenommen hat. Eine Erhöhung dieser Spannung ist undenkbar. Es mag dies nur als ein Beweisgrund angeführt sein, dass die behauptete Nichtvermehrung der Quellspannung Tatsache ist; es war dies ein zufälliger und für mich desto wertvoller Fall, dass man dort die Quellen bis zu ihrer Maximalhöhe aufsteigen liess, was man natürlich nicht tun soll. Freilich wird es auch dort unsichtbare seitliche Abflüsse gegeben haben, sonst hätte sich die Temperatur in dem Thermalbade gänzlich abkühlen müssen. Der Versuch im Wasserglas ist schliesslich ein noch einwandfreierer Beweis, dass selbst bei absolutem Stagnieren oder richtiger bei nicht aufsteigender Wasserbewegung und Verwendung eines beiderseits offenen Rohres noch ein Springphänomen möglich ist, ohne den Wasserkörper unter höheren Druck, bezw. die Quelle in grössere Spannung zu versetzen. Praktisch liegen die Verhältnisse freilich bei vielen Mineralquellen so, dass sich diese Art der Wasserhebung in den letzten Wegstücken der Quelle nicht immer anwenden oder verwerten lässt. So musste in dem von mir (1900) durchgeführten Fall an einer Thermaltrinkquelle Abstand genommen werden, weil sich der Sachlage wegen kein Sammelgefäss für das intermittierend heraufgebrachte Wasser anbringen liess und der stossweise Quellablauf in diesem Fall nicht opportun erschien. Das hängt allerdings von den Eigenheiten der Quelle selbst ab; gleichmässigen Ablauf gibt es in diesem Fall ohne Einschaltung eines Sammelgefässes nicht, namentlich, wenn eben die Gasblasen von Natur aus in zu langen und unregelmässigen Intervallen emporsteigen. Bei Pumpensystemen dieser Art erscheint die Intermitzenz durch die Beständigkeit und Stärke der eingepressten Luft freilich verwischt und der Wasserausguss als ziemlich gleichmässiger.

Vielfache Details bei Intermitzenz-Erscheinungen an Mineralquellen gemahnen uns daran, dass diese Vorgänge, wie sie hier erörtert wurden, teils unregelmässig, teils rhythmisch in der Tiefe der Quellwege vor sich gehen. Man kann sich deren Wirkungen am besten vergegenwärtigen, wenn man ein Schaff, in das man mittels eines bis zum Boden reichenden Schlauches beständig Wasser ruhig zufließen lässt, mit einem seitlichen Ueberlaufrohr versieht. Der gleichmässige Abfluss ist sofort gestört, wenn man die Wassermasse oder Oberfläche in Bewegung

*) H. Stahl, Die Wunder der Wasserwelt. Leipzig 1857. Seite 22.

bringt durch Daraufschlagen oder Einwerfen eines Körpers oder Einblasen von Luft. Der abfließende Strahl gibt die Wellenbewegungen in intermittierender Form wieder; jeder einlangende Wellenberg der Wasseroberfläche bewirkt das Austreten einer „Stossmenge“ beim Abfluss, jedes Wellental eine Verminderung desselben. Nun erst, wenn diese Spiegelschwankungen in engen Klüften vor sich gehen; jede einlangende Blase veranlasst eine Störung des normalen Ablaufes. Dann treten nicht selten noch im besonderen Masse die Intermittenzpausen hinzu, wo der Quellabfluss gänzlich sistiert erscheint, weil „Gaskolben“ mehr oder weniger regelmässig der Reihe nach einlangen. Beispiele hierüber, sowohl über das abwechselnde Auswerfen von Wasser und Gas, als auch über die Abhängigkeit des Intermittenzcharakters von der Quellenspannung wurden an anderer Stelle beschrieben.*) Ein ausgezeichnet gesetzmässig periodisches Intermittieren konnte ich vor etwa 8 Jahren an einer Thermalquelle studieren,**) dessen Einzelheiten noch nicht veröffentlicht wurden. Es hat sich hiebei ergeben, dass die sehr kompliziert gebaute Periode teils verursacht war durch Reibungen und Gasansammlungen in einer Rohrleitung, aber auch die Tatsache, dass zu Zeiten des gänzlichen Ausbleibens (Stosspausen) keine Kohlensäure entwickelt, die die Unterbrechung des Wasserablaufes ohne weiters hätte erklären können. Der Quellspiegel war vielmehr zu sehen und zwar gerade zu diesen Zeitpunkten fast ganz ohne Wallung, dafür aber in deutlichem Sinken. Es hatte offenbar jedesmal ein Rückfluss des Quellwassers stattgefunden in ausgeblasene Klüfte, aus denen das Gas vorher mit grosser Kraft seitlich in die eigentliche Wasserader schoss. Es war also doch die Gasexhalation die eigentliche Ursache der grösseren Intermittenzpausen, doch musste allen Beobachtungen nach dieser Gaseintritt in ganz seichter Tiefe stattgefunden haben, da unmittelbar nach den kräftigen, mit Gas vermischten Stossmengen bereits wieder, aber sinkendes Wasser zu sehen war. Durch dieses Beispiel sei bloss angedeutet, wie überaus verwickelt sich solche Phänomene gestalten können.

Die Erscheinungen des Quellabflusses sind auf engste verknüpft mit den Vorgängen in den unterirdischen Quellwegen; beide bilden den Gegenstand nicht unwichtiger Kapitel in der Mechanik der Mineralquellen, wobei noch zahlreiche hydro- und aërostatistische Fragen in Betracht kommen, denen wir vielleicht ein andermal näher treten.

Ueberblicken wir die in Betracht gezogenen Erscheinungen, so dürfen wir sagen, das gasarme Mineralquellen, die direkte Auslaugungswasser darstellen (Vitriolquellen, Bitter-

wässer, manche Soolen etc.), wohl nicht anders oder unter keinen anderen Erscheinungsformen zutage treten, wie gewöhnliches Grundwasser, resp. Grundwasserquellen. Gasführenden Mineralwässern und Warmquellen, deren Gas oder Wärme in den allermeisten Fällen aus grösserer Tiefe stammt, liegt bezüglich ihres Zutagetretens ein weitaus komplizierterer Mechanismus zugrunde. Von den statischen Verhältnissen ausserhalb der Quellader haben wir hier ganz abgesehen, da deren Erörterung, ihrer Wichtigkeit wegen, eine eigene Abhandlung erfordern würde.

Die erste Bedingung des Aufsteigens solcher Dislokationsquellen*) liegt, wie schon frühzeitig erkannt wurde, in dem geringeren spezifischen Gewicht eines gasreichen oder erwärmten Wassers im Vergleich zu einem gasfreien oder kalten. Hiebei kommt natürlich chemisch gebundenes Gas nicht in Betracht, sondern bloss absorbiertes, freies. Die zweite Ursache und zwar des beschleunigten Emporsteigens liegt in dem Durchstreichen von spontanem Gas in Form zahlreicher kleiner Gasblasen und Wasserverdrängung nach oben. Eine dritte Quelle der Bewegung bildet die lebendige Kraft des spontanen Gases, wobei vorzugsweise weniger an bereits absorbiert gewesene Mengen zu denken sein wird, als an trockene Tiefenexhalationen (Fumarolen, Mofetten, Solfataren), die mit grosser Spannkraft und Geschwindigkeit in unterirdische Wasserläufe einzutreten und namentlich in relativ engen Quellwegen beträchtliche Wassersäulen vor sich her zu treiben und nachfolgende anzusaugen vermögen. Endlich kann viertens, wie hier noch bemerkt werden soll, unter Umständen besonders örtlich ausgebildet und von Wichtigkeit in Betracht kommen lokale Gasdruckwirkung nach unten in seitlichen Klüften oder Höhlungen, die mit Mineralquelladern mehr oder weniger in direkter Verbindung stehen. (Alte Geysertheorie, Karlsbader Sprudelkessel, Prinzip der Wasserhebung durch Druckluftpumpen, Säurehebung in chemischen Fabriken durch Montejus, Heronsball, Bierdruckapparate, Spritzflasche der Chemiker etc.) Hier tritt die Luft oder das Gas (das vorher schon die Rolle 2 und 3 absolviert haben kann) nicht von unten in das Steigrohr oder die Quellader, sondern drückt seitlich davon in einer Art Windkessel auf den Spiegel einer Flüssigkeit, die da durch erst in ein Steigrohr gelangt, wo sich wieder die früher beschriebenen Vorgänge, namentlich bei Mineralquellen, abspielen können. Tatsächlich liegt bei manchen derselben ein- oder mehrmalige Zwischenschaltung von Gasdruckwirkung in einem Gasauftriebsystem vor.

Karlsbad, 9. Dezember 1906.

*) Knett, Boden Karlsbads und seine Thermen. Festschrift, Naturforscherversammlung Karlsbad 1902.

***) Schematisch-generell dargestellt und mit seismischen Intensitätserscheinungen verglichen in Knett, Hartenberger Beben 1824. „Lotos“ 1899.

*) Ich habe sie in der letztzitierten Publikation so benannt, weil sie mit Gebirgsstörungen in ursächlichem Zusammenhange stehen und diese entweder die Aufnahme der „Tiefenelemente“ (Gas, Wärme) durch das Wasser unterstützen oder dem fertigen Mineralwasser den Weg nach oben vorzeichnen.