**47. Versuche mit dem G. Wiedemann'schen
Geysirapparat; von Hermann Ebert.**

Im Jahre 1881 hat Herr G. Wiedemann einen überaus einfachen, aber höchst lehrreichen Apparat beschrieben, welcher periodische geysirähnliche Dampferuptionen bei constant wirkender Wärmequelle liefert, und der dazu bestimmt war, die Bunsen'sche Geysirtheorie zu erläutern.¹⁾

Diese Theorie knüpft an die seit langem bekannten und viel studirten Geysirphänomene Islands an. Durch die Erforschung Neuseelands namentlich durch Hochstetter, besonders aber durch die Entdeckung der grossartigen Geysirdistricte Nordamerikas im Yellowstoneparkgebiete ist indessen unsere Kenntniss dieser Erscheinungen so sehr erweitert worden, dass jene „classischen“ Beispiele Islands nur noch als sehr specielle Fälle des Geysirphänomenes gelten können.²⁾ Auch sind gegen die Theorie Bunsen's im besonderen Einwände erhoben worden, so z. B. von Comstock, Peale und Lang; letztere wenden sich besonders gegen die Bunsen'sche Auffassung von den Rollen, welche das Aufsteigrohr, das sogenannte Geysirrohr, die Heizquellen und die Temperaturvertheilungen bei dem genannten Processe spielen; dafür ziehen z. B. Lang und Comstock zur Erklärung Ventilwirkungen und das Spiel von automatisch wirkenden Wasserverschlüssen heran; Lang verlegt in den Untergrund des Geysirphänomens ein System von ineinandergehenden Spalten und Kammern, deren Anlage nach ihm wesentlich bestimmend für die Periodicität des Ausbruches der von unten her durch vulkanische Herde continuirlich erwärmten Dampf- und Wassermassen ist.

Ob diese Bedenken berechtigt sind, lasse ich hier dahingestellt; soviel dürfte jedoch feststehen, dass die neueren Erforschungen der genannten Gebiete uns eine solche Mannich-

1) G. Wiedemann, Wied. Ann. 15. p. 173. 1862.

2) Vgl. z. B. Peale's 12. Jahresber. der U. S. Geological and Geographical 2. p. 63—303. 1883.

faltigkeit der vorliegenden Erscheinungsgruppe haben kennen gelehrt, dass wohl schwerlich eine einzige Theorie heute allen Einzelheiten gerecht zu werden im Stande ist. Es entsteht daher die Frage, ob nicht der Wiedemann'sche Geysirapparat ganz unabhängig von der Bunsen'schen Theorie seine Bedeutung als sinnreiches Modell eines wichtigen geophysischen Phänomenes behauptet und durch geeignete Modificationen derart abgeändert werden kann, dass er eine grosse Fülle einzelner Fälle der vielseitigen Erscheinung darzustellen vermag und im einzelnen zu studiren gestattet. Darauf bezügliche directe Versuche bestätigten diese Vermuthung. Es wurden die näheren Umstände, welche an dem genannten Apparate die Eruptionen und namentlich die Zeit ihrer regelmässigen Wiederkehr bedingen, genauer untersucht und hierauf systematisch abgeändert. Dadurch ergab sich eine Mannichfaltigkeit, welche derjenigen der natürlichen Vorgänge vollkommen an die Seite gesetzt werden kann.

Verwendet wurde ein ca. 2 l fassender Glaskolben, in den eine 1 cm weite, 95 cm lange, mit dem verschliessenden Gummistopfen bündig abschneidende Glasröhre eingesetzt war (vgl. die zu der Wiedemann'schen Arbeit gehörende Fig. 5 auf Taf. I). In dem Kolben hing ein Thermometer. Der Zufluss des kalten Speisewassers wurde, wie bei dem Wiedemann'schen Apparate, durch eine seitlich neben dem Steigerrohr eintretende, unten umgebogene Glasröhre vermittelt. Oben wurde dieselbe durch einen mit Quetschhahn versehenen Gummischlauch an ein heberartig umgebogenes Rohr angeschlossen, welches in ein ca. 6 l fassendes, cylindrisches Wasserreservoir beliebig tief eingetaucht werden konnte. Auch dieses Gefäss enthielt ein Thermometer und an seiner Aussenseite eine verticale Scala zur Messung des Wasserstandes. Zur Erhitzung diente ein Terquem Brenner, dessen Heizwerth innerhalb weiter Grenzen durch Regulirung des Luftzutrittes verändert werden kann. Dem bei den Versuchen verwendeten Wasser waren Russpartikelchen beigemischt, wodurch die feinsten Circulationen genau verfolgt werden konnten.

Variirt konnte an dem Apparate werden: Temperatur, Druckhöhe und Zuflussgeschwindigkeit (durch den Quetschhahn)

des Speisewassers, sowie die Intensität der Erwärmung; beobachtet wurden gleichzeitig die Druckhöhen und Temperaturen des zufließenden Wassers, die Temperaturen im Siedegefäß, namentlich unmittelbar vor und nach jeder Eruption und die Periodendauer der ganzen Erscheinung.

Ohne auf Einzelheiten einzugehen und unter Verzicht auf Mittheilung von Zahlentabellen möge zur Charakterisirung des Vorgangs folgendes hervorgehoben werden:

Was zunächst die *Periodendauer der Intermittenzen* betrifft, so sind zwei Fälle wesentlich zu unterscheiden: entweder ist der hydrostatische Druck des Speisewassers so gross, dass er das Wasser fortwährend über die Mündung des Geysirrohres hinaustreibt, und dass daher aus diesem ein ununterbrochenes Abfließen stattfindet, oder der Druck ist nicht so gross, sodass das Ende der Wassersäule mehr oder weniger hoch in dem Eruptionscanale steht, ohne abzufließen. Im erstgenannten Falle müssen die abfließenden Wassermassen dauernd durch Zuflüsse ergänzt werden, da diese aber vorwiegend kaltes Wasser zuführen, z. B. auf Island hauptsächlich Schmelzwasser aus den umgebenden Gletschern, so hat die Wärmequelle zweierlei zu leisten: erstens die zur Eruption überhaupt nöthige Energie zu liefern, zweitens aber die zufließenden und abfließenden Massen zu erwärmen, wozu bei der grossen Wärmecapazität des Wassers ein nicht geringer Betrag an Wärmemenge nöthig ist. Es erscheint darum verständlich, warum in diesem Falle secundäre Phänomene, die zum Theil von dem Klima, der Jahreszeit und von localen Verhältnissen abhängen und die Quantität, Temperatur und Geschwindigkeit der zu- und abfließenden Massen bestimmen, einen so wesentlichen Einfluss auf die Periodendauer des Hauptphänomens gewinnen können.¹⁾

Weniger mannichfaltig gestaltet sich das Geysirphänomen, wenn der Zufluss so schwach ist, dass während der ganzen Vorperiode kein Ueberfließen von Wasser stattfindet, wenn also an dem Wiedemann'schen Apparate das Zuflussniveau so tief gehalten wird, dass trotz der gelegentlichen Aufwallungen, die dem eigentlichen Ausbruch vorangehen, das

1) Vgl. u. a. Peale, l. c. p. 423—426.

heisse, specifisch leichte Wasser nicht die Mündung des Steigerohres erreicht, oder nicht abfließt, in das Heizgefäss also auch kein kaltes Wasser einfließt. Dann ist nicht nur die Periodendauer kürzer, sondern auch regelmässiger und von äusseren Umständen, wie den eben genannten, unabhängiger. Es ist dann immer nur eine bestimmte Wassermasse auf eine den Druckverhältnissen an den einzelnen Punkten entsprechende Temperatur zu bringen, welches bei constant wirkender Wärmequelle in sehr nahe gleichen Zeiten geschieht.

Der meist umstrittene Punkt in den Geysirtheorien ist die Rolle, welche das *Aufsteigrohr*, das eigentliche Geysirrohr spielt. Bunsen war geneigt, demselben die grösste Bedeutung zuzuschreiben, andere, z. B. Lang, lassen seine Bedeutung gegen die der von ihnen vorausgesetzten unterirdischen Verschlüsse und Ventile zurücktreten. Die genauere Betrachtung des künstlich nachgeahmten Geysirphänomens lässt deutlich erkennen, dass die Wassermassen im Steigrohr sehr wohl selbst die Rolle von automatischen Verschlüssen übernehmen können, die sich bei einem gewissen Dampfdruck plötzlich öffnen. Solange immer nur vereinzelte Dampfblasen in dem Heizgefässe entwickelt werden, vermögen sie sich noch durch die Wassermassen im Steigrohr hindurchzudrängen. Anfangs werden sie in den oberen, kälteren Theilen condensirt und erwärmen hier diese mit den Heizflächen direct nicht in Berührung tretenden Wassermassen. Allmählich entsteigen diese Blasen aber reichlicher dem Heizraum, sie sammeln sich zu grösseren Blasen an, die bis zur Oberfläche emporringen und hier das bekannte Aufkochen hervorrufen (vgl. die Beschreibungen der isländischen und neuseeländischen Geysirs in den Geologiehandbüchern, besonders aber der nordamerikanischen in dem oben angezogenen Jahresbericht). Dieser Process pflegt sich bei dem Apparate mit grosser Regelmässigkeit abzuspielen. Die Blasen werden immer grösser und beginnen nun das Steigrohr *seinem ganzen Querschnitte nach* zu erfüllen; dann wirken diese nach oben getriebenen Blasen aber offenbar wie ein Stempel, welcher die darüber liegenden Wassermassen emporhebt. Treten diese über den Rand des Steigerohres, so wird plötzlich die ganze darunter liegende Wassermasse erheblich entlastet, der Druck sinkt

um einen endlichen Betrag. In dem Momente, in dem hierdurch der auf der Wassermasse in dem Heizgefässe lastende Druck so tief sinkt, dass die Temperatur dieser Massen höher ist als die Siedetemperatur, die dem betreffenden Drucke entspricht, geht diese Wärmemasse zum grössten Theile plötzlich in Dampfform über, die Eruption erfolgt. Man bedarf hier also keiner besonderen Verschlüsse, die Stempelwirkung einer in einem verhältnissmässig engen Steigerohre eingeschlossenen Wassersäule genügt, um das plötzliche Freiwerden von Dampfspannungen darunter liegender, stetig und gleichförmig erwärmter Wassermassen und damit das periodische Phänomen der Geysirs zu ermöglichen. Man weiss, wie die Natur durch allmähliches Aufsintern kegelförmig sich ausbreitender Mineralsolutionen solche Steigerohre und damit Geysirs schafft. Für die hier vertretene Auffassung scheint mir auch die bekannte Erfahrung zu sprechen, dass man Geysirs zur Eruption „reizen“ kann durch Hineinwerfen von Felsblöcken, Erdschollen oder Rasenfetzen; denn hierdurch wird der Geysirschlund verengt, schon geringere Dampfblasen können die darüber liegende Wasserdrucksäule abheben, die unteren Massen dadurch plötzlich entlasten und deren momentanes Verdampfen herbeiführen, wenn deren Ueberhitztheit hinreichend gross war. Dass das Hineinwerfen selbst von kleinen Stücken Seife in das Steigerohr denselben Effect erzielt, wie an einzelnen von den Yellowstonepark-Geysirs beobachtet wird, mag in einer plötzlichen, durch die stark alkalische Reaction veranlassten Gasentbindung ihren Grund haben. Dass solche selbst geringe Gasbildungen einen grossen Einfluss auf das Zustandekommen von Dampfblasen und damit des Verdampfens überhaupt haben, lehren die Siedeverzüge, welche bei gasarmem Wasser einzutreten pflegen.

Nahe mit den Geysirs verwandt sind die periodischen Schlammgesprudel. Auch diese können leicht an dem Wiedemann'schen Apparate nachgeahmt und studirt werden. Man hat dazu in das Eruptionsbecken nur eine entsprechende Masse, z. B. einen dünnen Gypsbrei, einzufüllen und das Steigerohr unter die Oberfläche desselben herabzuziehen. Man erhält dann Einzelheiten, wie sie der Verfasser an den sicilischen

Schlammssprudeln zu studiren Gelegenheit hatte.¹⁾ Schon früher habe ich auf die oroplastische Verwandtschaft der hierbei sich ergebenden Formen der Kraterbecken mit den Mondringgebirgen und damit auf die kosmische Bedeutung der geysirähnlichen periodischen Eruptionsvorgänge hingewiesen²⁾; neuerdings hat Hr. Wellmann³⁾, anscheinend ohne Kenntniss meiner früheren dahin zielenden Studien, auf diesen engen Zusammenhang wiederum aufmerksam gemacht. Wenn er die von zahlreichen Mondkratern ausgehenden Streifen für die ehemaligen Abflüsse von Thermalquellen und „Ablagerungen ihrer kalkhaltigen Gewässer“ anspricht, so scheint er zu übersehen, dass diese Streifen nach den übereinstimmenden Beobachtungen aller Selenographen unbekümmert um das Bodenrelief häufig über erhebliche Berge in ungehindertem geradlinigen Verlaufe hinweggehen; auch dürfte bezüglich der hohen Albedo des Streifenmaterials, die Hr. Wellmann voraussetzt, erst auf Grund besonders darauf gerichteter Messungen Bestimmtes auszusagen sein, da nach Zöllner der Mond in der Nähe gesehen eher dunkel (wie Schiefer) als hell erscheinen würde. Ob wir bei der Bildung der Mondoberfläche überhaupt dem Wasser eine ähnliche Rolle zuschreiben dürfen wie bei der der Erde, scheint mir zweifelhaft; wenigstens fehlen dafür bestimmte Anhaltspunkte seither noch vollkommen. Ich hatte den geysirähnlichen Bildungsprocess der Mondringgebirge als rein *magmatischen* aufgefasst und l. c. zu zeigen versucht, dass die latente Schmelzwärme der von unten heraufgedrängten glühend flüssigen Gesteinsmassen und die durch sie bedingte theilweise Wiederschmelzung der bereits erstarrten Oberflächenpartien vollständig zur Erklärung ausreicht. Dabei brauchte nicht die Spannung elastischer Dämpfe zur Hebung der Magma-massen herangezogen zu werden, sondern die Gezeitenwirkung der Erde während der Pendelungsperiode der Mondentwicklung genügte als treibende Kraft.

Kiel, September 1897.

1) H. Ebert, Wied. Ann. **41**. p. 351. 1890.

2) H. Ebert, l. c. p. 352 u. 358 ff.

3) V. Wellmann, Astron. Nachr. Nr. 3405. **142**. p. 355—356. 1896.