

chen des siedenden Wassers charakterisirt. Ihre Annäherung giebt sich durch eine allmählig zunehmende Dampfentwicklung und durch ein unterirdisches plätscherndes Geräusch zu erkennen. Dann dringt kochender Wasserschaum hervor, der in langsamen Perioden steigend und fallend sich immer höher und höher

Fig. 216.



erhebt, bis er nach etwa zehn Minuten, wo die Erscheinung ihre größte Entwicklung erreicht hat, in vertical und seitlich ausspritzenden Garben gegen 30 bis 40 Fuß hoch emporsteigt. Dann nehmen die Strahlen an Umfang und Höhe in ähnlicher Weise ab, wie sie sich erhoben, bis die Quelle nach abermals zehn Minuten zu ihrer vorigen Ruhe zurückgekehrt ist.

157 **Erklärung des Geysirphänomens.** Schon Lottin und Robert, welche im Jahre 1836 Island besuchten, haben gefunden, daß die Temperatur

der Geysircolonne von oben nach unten zunimmt. — Bunsen und Descloizeaux, welche im Jahre 1846 mehrere Monate in Island zubrachten, haben durch zahlreiche Messungen die Temperaturverhältnisse des großen Geysirs auf das Genaueste ermittelt, und dadurch den Grund zu der schönen Theorie der Geysir-Eruptionen gelegt, durch welche Bunsen die Wissenschaft bereichert hat.

An der Oberfläche ist die Temperatur des Wassers im Geysirbecken ziemlich veränderlich und von den Witterungsverhältnissen abhängig; im Mittel beträgt sie 85° C.

Innerhalb des Geysirrohrs steigt die Temperatur, kleine Störungen abgerechnet, an jedem Punkte der Säule fortwährend von einer Eruption bis zur nächsten, wie man aus folgender Tabelle ersehen kann, welche die Resultate einer Beobachtungsreihe enthält.

Höhe über dem Boden.	23 Stunden	5½ Stunden	10 Minuten	Siedpunkt für den jedesmaligen Druck.
	vor einer großen Eruption.			
1 Fuß . . . .	123,6° C.	127,5° C.	126,5° C.	136,0° C.
30 » . . . .	113,0	120,4	121,8	124,2
44 » . . . .	85,8	106,4	110,0	117,4
60 » . . . .	82,6	85,2	84,7	107,0

Von unten her tritt also durch Canäle, deren Verlauf man nicht weiter verfolgen kann, das weit über 100° erhitzte Wasser langsam in das Geysirrohr ein, während an der Oberfläche des Beckens eine fortwährende Abkühlung stattfindet. Eine Folge davon ist, daß das heiße Wasser in der Mitte des Rohres aufsteigt, sich an der Oberfläche des Beckens gegen den Rand hin verbreitet und dann abgekühlt an dem Boden des Bassins nach der Röhre zurückfließt.

Aus der Betrachtung der obigen Tabelle ersieht man nun, daß das Wasser an keiner Stelle und zu keiner Zeit eine so hohe Temperatur hat, wie sie erforderlich wäre, damit das Wasser bei dem auf ihr lastenden Drucke ins Kochen gerathen könnte.

Einen Fuß über dem Boden z. B. hat das Wasser außer dem Druck der Atmosphäre noch eine Wassersäule von 69 Fuß zu tragen; bei diesem Druck aber müßte es bis auf 136° erhitzt werden, wenn das Kochen beginnen sollte, während seine Temperatur hier 10 Minuten vor der großen Eruption nur 126,5°, also 9,5° unter dem entsprechenden Siedpunkte war.

In einer Tiefe von 40 Fuß, also 30 Fuß über dem Boden, wurde kurz vor einer großen Eruption die Temperatur des Wassers gleich 121,8°, also nur 2,4° niedriger gefunden als der Siedpunkt (124,2°), welcher dem auf dieser Stelle lastenden Druck entspricht.

Obgleich nun die Temperatur des Wassers im Geysirrohre im Allgemeinen nicht den dem Druck entsprechenden Siedpunkt erreicht, so können doch von Zeit zu Zeit einzelne Wasserparthien noch heiß genug in höheren Schichten ankommen, um Dampfblasen zu bilden, die aber bei fernerm Aufsteigen in die kälteren Schichten alsbald wieder verdichtet werden. Auf diese Weise entstehen dann die unterirdischen Detonationen und die Anschwellungen des Wassers im Geysirrohre, welche im vorigen Paragraphen erwähnt wurden.

Durch eine Bildung von Dampfblasen wird aber die Wärme gebunden, die Temperatur der Wasserschichten, aus welchen die Dampfblase sich entwickelt, wird so weit erniedrigt, daß einige Zeit vergeht, bevor eine neue Blasenbildung erfolgen kann. Deshalb folgt auf jede mit einer Aufwallung im Becken begleitete Detonation eine Zeit der Ruhe.

Allmählig nimmt aber die Temperatur des Wassers an allen Stellen des Geysirrohres zu, die Dampfblasen werden größer und mächtiger, so daß sie theilweise noch die Oberfläche des Wassers erreichen. Endlich aber werden die Dampfblasen mächtig genug, um eine bedeutende Wassermasse aus dem Geysirrohre hinauszuschleudern, und dies ist dann der erste Anstoß zu einer großen Eruption. Indem nämlich durch solche Dampfblasen ein Theil der Wassersäule aus dem Rohre hinaus geschleudert wird, wird der Druck, welcher auf den tieferen Schichten lastet, so weit vermindert, daß auf einmal eine so massenhafte Dampfbildung stattfindet, wie sie nothwendig ist, um die Eruptionen zu bewirken, die wir oben kennen lernten.

Wenn z. B. eine mächtige Dampfblase so viel Wasser aus dem Rohre hinaustreibt, daß die auf den tieferen Schichten lastende Wassersäule dadurch um 5 bis 6 Fuß verkürzt wird, so wird der Druck, welcher auf der 30 Fuß über dem Boden sich befindenden Wasserschicht lastet, so weit vermindert, daß dieselbe schon bei einer Temperatur von ungefähr  $120^{\circ}$  ins Kochen gerathen kann. Da nun aber an dieser Stelle das Wasser, wie wir oben gesehen haben, die Temperatur von  $121,8^{\circ}$  hat, so ist klar, daß nun hier eine so mächtige Dampfbildung stattfinden muß, daß von Neuem ungeheure Wassermassen aus dem Rohre in die Höhe geschleudert werden. Dadurch werden aber auch die nächsttieferen Schichten ins Kochen gebracht, welche noch größere Wassermassen in die Höhe treiben, bis endlich die im Rohre aufgespart gewesene Wärme so weit consumirt ist, daß keine weitere Dampfbildung mehr stattfinden kann.

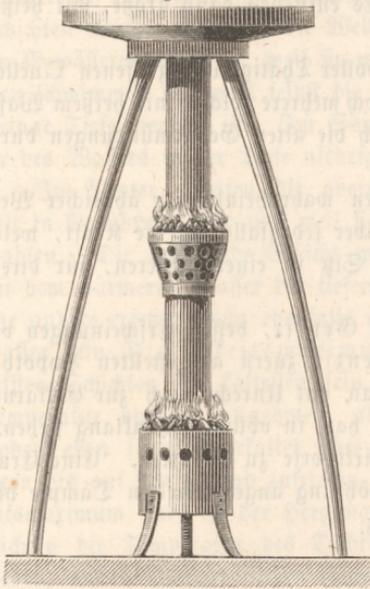
Nur theilweise fällt das abgekühlte Wasser in das Bassin herab, ohne es jedoch ausfüllen zu können. Die ganze Wassersäule ist jetzt so stark abgekühlt, daß erst nach 4 bis 5 Stunden die erwähnten Detonationen wieder eintreten können.

Der Sitz der Kraft, welcher die in kochenden Schaum verwandelte Wassermasse emporzuschleudert, ist also in dem Geysirrohre selbst und nicht, wie man früher glaubte, in unterirdischen Höhlungen zu suchen, welche abwechselnd bald mit Wasser, bald mit Dampf gefüllt sein sollten.

Wenn Bunsen's Erklärung der Geysir-Eruptionen die wahre ist, wenn er die Bedingungen des Phänomens richtig erkannt hat, so muß man auch im

Stande sein, sie nachzuahmen. Der Apparat, den ich zu diesem Zwecke construirt habe, ist Fig. 217 abgebildet. Eine ungefähr 5 Fuß hohe Blechröhre von

Fig. 217.



5 Zoll Durchmesser ist unten geschlossen, und endet oben in ein flaches Becken von Blech, welches etwas über 2 Fuß im Durchmesser hat. Ungefähr in der Mitte seiner Höhe ist an diesem Rohre ein von durchlöchertem Blech gebildetes Kohlenbecken befestigt. Der ganze Apparat wird durch einen hölzernen Ring getragen, welcher auf drei Beinen ruht.

Das Rohr wird ungefähr bis zu seiner Mündung in das Becken mit Wasser gefüllt, sein unteres Ende in einen mit glühenden Kohlen gefüllten kleinen Ofen gesenkt und auch der mittlere Kohlenbehälter mit glühenden Kohlen gefüllt.

Die Wassermasse zwischen den beiden Kohlenbecken wird nun nach einiger Zeit bis zu der Siedetemperatur erwärmt sein, welche dem auf ihr lastenden Druck ent-

spricht. Beginnt nun an der Stelle des oberen Kohlenbeckens die Dampfbildung, so werden die ersten Dampfblasen nur ein Aufwallen des Wassers im Becken bewirken, bis endlich, nach einigen solchen, gleichsam vergeblichen Versuchen eine Eruption erfolgt, welche das siedende Wasser 2 bis 3 Fuß hoch über das Bassin in die Höhe schleudert.

Betrachten wir nun zum Schlusse noch die Bildung des Geyfirrohres. Der Quellenboden ist aus Tuff gebildet, welcher durch das heiße Wasser zerlegt wird. Besonders unter dem Einflusse des kohlen-sauren Natrons und Kalis wird die Kiesel-erde gelöst, so daß die ursprüngliche Gesteinsmasse in ein Thon-lager verwandelt wird, welches von den Kieselincrustationen der Quelle be-  
deckt ist.

Der Gehalt des Geyfirwassers an kohlen-saurem Kali und Natron bewirkt, daß es selbst vollständig erkaltet noch klar bleibt und eine Ausscheidung der Kiesel-erde erst bei vollständiger Verdampfung des Wassers eintritt. Daher kommt es denn, daß das Quellenbassin selbst von Kieselbildungen frei bleiben muß, während seine den Wasserpiegel überragenden Ränder, an denen die durch Capillarität eingesogene Flüssigkeit leicht und schnell verdampft, sich mit einer Kieselkruste überkleiden. Auf diese Weise baut sich das Quellenbassin, indem es sich mit einem Hügel von Kiesel-tuff umgiebt, zu einer tiefen Röhre aus, die, wenn sie eine gewisse Höhe erreicht hat, alle Bedingungen in sich vereinigt, um die Quelle in einen Geyfir, d. h. in eine Springquelle zu verwandeln.

Die Kiesel-tuffbildungen schreiten aber unaufhörlich fort, bis sie endlich im

Laufe der Jahrhunderte eine Höhe erreicht haben, welche der Eruptionsthätigkeit der Quelle ein Ziel setzt, wenn endlich die von unten zugeführte Wärme nicht mehr hinreichend ist, um bei dem erhöhten Druck an irgend einer Stelle des Rohrs eine Dampfbildung zu bewirken. Es entstehen dann große, mit heißem Wasser gefüllte Luffreservoire.

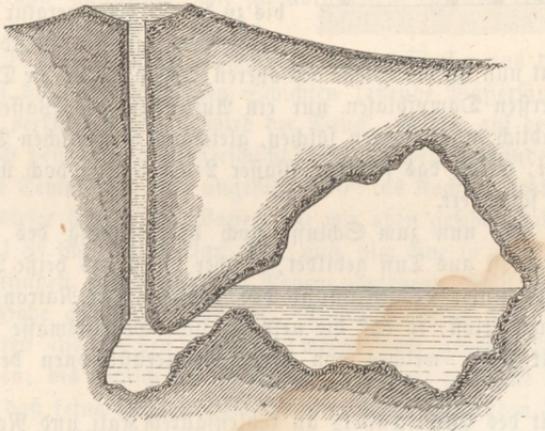
Etwas oberhalb des gegenwärtig in voller Thätigkeit begriffenen Quellenbezirktes des großen Geysirs erblickt man noch mehrere solcher mit heißem Wasser gefüllten Behälter, in deren Tiefe man noch die alten Geysirmündungen durchschimmern sieht.

Die Eruptionen des Strokkur kommen wahrscheinlich in ähnlicher Weise zu Stande, wie die des großen Geysirs, aber jedenfalls hat die Kraft, welche das Wasser in die Höhe schleudert, ihren Sitz in einer größeren, für directe Versuche unzugänglichen Tiefe.

Anders verhält es sich mit dem Litli Geysir, dessen Erscheinungen von der Art sind, daß sie mit der von Makenzie zuerst aufgestellten Hypothese unterirdischer Dampfkessel, welche man mit Unrecht auch zur Erklärung der Eruptionen des großen Geysirs benutzt hat, in völligem Einklang stehen.

Fig. 218 dient dazu die ältere Geysirtheorie zu erläutern. Eine Eruption erfolgt, wenn die in der seitlichen Höhlung angesammelten Dämpfe hin-

Fig. 218.



längliche Spannkraft erlangt haben, um sich einen Ausweg durch das Geysirrohr zu erzwingen.

- 158 **Temperatur der Seen und Flüsse.** In den Seen erleiden die oberen Wasserschichten ziemlich bedeutende Temperaturveränderungen; sie können im Winter zufrieren, während sie im Sommer oft eine Temperatur von 20 bis 25° erreichen; in der Tiefe findet dies jedoch nicht Statt. Saussure hat in dieser Beziehung die meisten Seen der Schweiz untersucht und die merkwürdige Thatsache bestätigt, daß in großen Tiefen die Temperatur der Seen ungefähr 5° C. beträgt.