

Ferner wird gegenwärtig in den Städten Wiesbaden und Göttingen beabsichtigt, die vorhandenen Thurmuhren mit elektrischen Auslösungsvorrichtungen zu versehen, um sie dadurch ebenfalls an die Anlage anzuschliessen. (Fortsetzung folgt.)

Das Pendel als Mittel zur Bestimmung des Gewichtes der Erde.

(Fortsetzung.)

Ein zweites Experiment ist als „Cavendish-Experiment“ bekannt. Dasselbe wurde zuerst von J. Mitchell aus Cambridge vorgeschlagen und dann nacheinander von Cavendish, Reich (aus Freiburg) und späterhin auch von F. Baily ausgeführt und zwar in folgender Weise: Ein horizontaler Stab, an welchen zwei kleine Kugeln befestigt sind, ist in seiner Mitte an einem, in einzelnen Fällen auch an zwei Drähten aufgehängt. Zwei weitere grosse Bleikugeln sind derart an einem Drehrahmen befestigt, dass sie sowohl den kleinen Kugeln stark genähert, als auch weit von denselben entfernt werden können. Wenn die Annäherung ausgeführt wird, findet eine Anziehung der kleinen Kugeln statt, und wenn man dabei den Winkel der Veränderung, den die Hängelage der kleinen Kugeln erleidet, mit Hilfe des Teleskops beobachtet hat, lässt sich durch eine komplizierte Berechnung das Verhältniss der Anziehungskraft der Bleikugeln zu derjenigen der Erde feststellen.

Eine andere Berechnung ermöglicht uns wieder, herauszufinden, welches das Verhältniss der Anziehungskraft der Kugeln zu der der Erde wäre, wenn jene, anstatt aus Blei, von so dichter Masse wären, wie die Erde im allgemeinen. Das Verhältniss dieser Zahlen zeigt uns dann, welches die allgemeine Dichte der Erde ist. Man fand, dass die Erde $5\frac{1}{2}$ mal so dicht ist als Wasser. Der einzige wunde Punkt bei diesem Experiment besteht in der Schwierigkeit des Schutzes gegen störende Beeinflussungen; man musste die kleinen Kugeln mit einem Gehäuse von doppelter und dreifacher Wandung umkleiden, ohne dadurch verhindern zu können, dass eine unmerkliche Luftströmung in dem Kasten das Experiment in Frage stellte. Ein auf den Kasten gelegter, leicht erhitzter halber Penny erzeugte derartige Luftströmungen, dass die kleinen Kugeln in grössere Bewegung geriethen, wie sie die Anziehungskraft der grossen Kugeln hervorbringen konnte. Man musste auch befürchten, dass die Temperatur der grossen Kugeln einen Theil der Wirkung veranlassen könnten, welche ihrer Anziehungskraft zugeschrieben wurde.

Dies war die Sachlage (Reich und Baily hatten das Cavendish-Experiment noch nicht wiederholt), als Professor Airy im Jahre 1826 seinem Freunde Whewell den Vorschlag machte, dass er sich mit ihm zur Ausführung von Pendelexperimenten verbinden möge, die den Zweck haben sollten, die Veränderlichkeit der Schwere beim Hinabsteigen bis zum Grunde einer tiefen Bergwerksmine festzustellen. Bevor wir auf die Einzelheiten dieser Versuche näher eingehen, wollen wir zunächst auseinandersetzen, welche Beziehung zwischen den Pendelbewegungen und der Kraft der Schwere besteht; alsdann wird es unsere Aufgabe sein, zu zeigen, in welcher Weise die Beobachtung der Veränderung der Schwere in einem tiefen Schacht zur Bestimmung der Dichte der Erde benutzt werden kann.

Wenn ein Pendel seitlich aus seiner senkrechten Lage entfernt wird, so dass es in der Längsrichtung gegen den Horizont geneigt ist, so ist es die Kraft der Schwere, welche das Pendel in seine vertikale Lage zurückkehren lässt oder, mit anderen Worten, die Anziehungskraft der Erde zieht den Pendelkörper nach unten. Nachdem aber das Pendel jetzt seine senkrechte Lage erreicht hat, bleibt es nicht im Zustande der Ruhe, sondern es bewegt sich mit beträchtlicher Schnelligkeit zunächst nach der anderen Seite seiner senkrechten Hängelage, so dass es in seiner Längsrichtung in entgegengesetzter Weise, als früher, gegen den Horizont geneigt ist; der Zug der Anziehungskraft der Erde hält die Schwingung der Pendels dann etwas auf, bringt es nachher zur momentanen Ruhe und zieht es wieder zurück, bis es, die vertikale Lage passierend, wieder nach der anderen Seite, und so fort, schwingt. Die Bewegung des

Pendels würde, wenn durch keine Widerstandskraft gehindert, eine unendlich lange Zeit hindurch andauern. Pendel mit jener zarten Aufhängungsvorrichtung, die wir gleich weiter unten kurz beschreiben wollen, werden, selbst wenn sie sich im luftgefüllten Raume befinden, sechs bis acht Stunden lang in einem stets bemerkbaren Bogen schwingen; befinden sie sich jedoch in einem luftleeren Raume, so werden ihre Schwingungsbewegungen auch noch am Ende des Verlaufs von 24 Stunden deutlich wahrnehmbar sein.

Nehmen wir nun an, wir hätten am Pendelkörper eine Schnur befestigt und wir zögen denselben, sobald sich das Pendel in der gegen den Horizont geneigten Lage befindet, mit Hilfe der Schnur abwärts, so ist es klar, dass das Pendel alsdann die senkrechte Lage bedeutend schneller einnehmen wird, als wenn die Anziehungskraft der Erde allein eingewirkt hätte. Wird der Zug, auch nachdem das Pendel die senkrechte Richtung passirt hat, fortgesetzt, so wird dieses aufgehalten und schneller in jenen momentanen Ruhezustand versetzt, als wenn kein Zug ausgeübt worden wäre und in gleicher Weise wird die Schwingung in entgegengesetzter Richtung wieder schneller ausgeführt, als wenn kein Zug ausgeübt worden wäre. Dieser Zug aber, von welchem wir sprechen, ist in Wirklichkeit genau dasselbe, als eine Zunahme der Schwere. Es geht somit hieraus hervor, dass eine Zunahme der Schwere jede Pendelschwingung in kürzerer Zeit vollenden lässt, als wenn die Schwere nicht zugenommen hätte; und wenn wir nun, umgekehrt, finden, dass beim Hinabsteigen in einen Schacht oder bei einer anderen Gelegenheit sich die Schwingungen eines Pendels beschleunigen, so können wir sogleich den Schluss ziehen, dass die Schwere dort grösser oder im Anwachsen ist. Wenn die Anzahl der Schwingungen in einem Tage sich verdoppelt, so beweist dieser Umstand, dass die Schwere vielmal so gross geworden, als sie früher betrug; denn als Hauptregel gilt der Satz: „dass die Zunahme der Schwere im geraden Verhältniss zu dem Quadrate der Schwingungszahl steht.“

Um nun zu zeigen, wie diese Feststellungen zur Bestimmung der Dichte der Erde verwendet werden können, nehmen wir an, dass die Erde kugelförmig sei und stellen uns eine kugelförmige der Erdmitte konzentrische Fläche vor, welche durch die Endstation am Grunde des Schachtes geht und die Erde in zwei Theile theilt, nämlich in eine innere Kugel und in eine äussere Schale oder Rinde, deren Dicke überall der Tiefe des Schachtes gleich ist. (Diese Darstellungsweise entspricht in Wirklichkeit dem Zustande der Dinge nicht ganz, da die Oberfläche der Erde irregulär ist; sie soll hier jedoch dazu dienen, die Grundbegriffe der Berechnungsweise klar zu legen.)

Es müssen nun die folgenden beiden Ergebnisse mathematischer Untersuchungen als feststehend betrachtet werden:

I. Wenn ein angezogener Körper (z. B. der Pendelkörper) sich ausserhalb einer Kugel oder einer kugelförmigen Schale befindet, so ist die Anziehung des Stoffes dieser Kugel oder kugelförmigen Schale auf den angezogenen Körper genau die gleiche, als wenn der ganze Stoff im Centrum vereinigt wäre und für verschiedene Entfernungsweiten des angezogenen Körpers ist die Anziehungskraft umgekehrt dem Quadrate seiner Entfernung vom Centrum proportional.

II. Wenn ein angezogener Körper sich innerhalb einer kugelförmigen Schale befindet, so werden sich die Anziehungskräfte der verschiedenen Theile dieser kugelförmigen Schale genau gegenseitig aufheben und es wird sich überhaupt keine Wirkung bemerkbar machen.

Um nun unseren Gedanken eine feste Grundlage zu geben, nehmen wir an, dass der Halbmesser der inneren Kugel 4000 Meilen und die Tiefe des Schachtes $\frac{1}{4}$ Meile betrage, für den Halbmesser der äusseren Kugel ergiebt dies $4000\frac{1}{4}$ Meilen. Am Grunde des Schachtes ist das Anziehungsvermögen der Schale (wie oben bei II erwähnt) gleich Null und die Schwere wird daher dort allein von der inneren Kugel produziert. An der Oberfläche des Schachtes, welche um den $\frac{1}{16000}$ Theil des Ganzen weiter vom Centrum entfernt ist, als der Grund, wird das Anziehungsvermögen der inneren Kugel (nach der Regel von dem umgekehrten Verhältniss zum Quadrate der Ent-