II. *Neue Versuche über die mittlere Dichtigkeit der Erde, von F. Reich.*

(Auszug aus einer Abhandlung der math. phys. Classe der k. S. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig.)

Es bedarf vielleicht einer Entschuldigung, dafs ich auf einen Gegenstand zurückkomme, der bereits einer so gründlichen Erörterung unterlegen hat, dafs es überflüssig erscheinen kann, ihn von Neuem aufzunehmen. Nach den über denselben von mir angestellten, und in einer kleinen Schrift 1838 veröffentlichten Beobachtungen ergab sich die mittlere Dichtigkeit der Erde fast genau wie sie Cavendish gefunden hatte, zu 5,45. Nach einer weit gröfseren Arbeit von Baily ist sie 5,66 ¹⁾). Die Versuche des letzteren sind mit solcher Sorgfalt angestellt, so mannigfach verändert, und so auferordentlich zahlreich, dafs der Werth der meinigen dagegen verschwindet. Indessen stimmen doch diese unter einander zu gut überein, um mit Wahrscheinlichkeit die Differenz beider Resultate nur der zu geringen Anzahl meiner Beobachtungen zuschreiben zu können, und Baily selbst hat die Güte gehabt, sich mehrfach mit dieser Differenz zu beschäftigen, ohne ihre Ursache aufzufinden, denn eine von ihm ausgesprochene Vermuthung, ich habe vielleicht einige weniger stimmende Beobachtungen unterdrückt, mufs ich zurückweisen.

Es mag daher begreiflich erscheinen, dafs auch mich diese Differenz beschäftigt hat, und ich vermuthe ihre Ursache in zwei Umständen gefunden zu haben.

Der erste betrifft die Bearbeitung der Resultate aus den Beobachtungen, die von Baily richtiger als von mir ausgeführt wurde, was am Kürzesten durch ein Beispiel zu erläutern seyn wird. Wenn nämlich etwa 4 Beobachtungen gemacht, und zwar die 1^{te} und 3^{te} bei der einen, die 2^{te} und 4^{te} bei der anderen Lage der Masse, so verglich ich das Mittel aus jenen mit dem aus diesen; Baily aber

1) Ann. Bd. 57, S. 453.

zog ein Resultat aus der 1^{ten} und 3^{ten} Beobachtung verglichen mit der zweiten, und ein zweites aus der 2^{ten} und 4^{ten} Beobachtung verglichen mit der 3^{ten}. Käme der Arm der Drehwaage bei derselben Stellung der Masse immer in derselben Lage zur Ruhe, so wären beide Berechnungsarten zu demselben Ergebnisse führend; allein die Ruhelage ändert sich fortwährend, und zwar in der Regel während einer Beobachtungsreihe nach derselben Seite, weshalb die Beobachtungsart von Baily die richtigere ist, und ganz fehlerfreie Resultate liefern würde, wenn die Veränderung der Ruhelage des Arms bei demselben Stande der Masse der Zeit proportional wäre, was freilich nicht genau der Fall ist. In der Abhandlung sind deshalb meine früheren Beobachtungen umgerechnet, wodurch ein Endresultat von 5,49 erhalten wird.

Ein anderer Umstand scheint mir dagegen es wahrscheinlich zu machen, daß das Endresultat von Baily etwas zu groß ist. In Tabelle V. seines Werkes sind die einzelnen Beobachtungsreihen nach dem Gewichte der angewendeten Kugeln geordnet; nimmt man für jede Kugel das arithmetische Mittel, indem eine genauere Berechnung mit Berücksichtigung des Werthes der einzelnen Reihen für unseren Zweck unnöthig ist, so findet man die mittlere Dichtigkeit der Erde mit

den $2\frac{1}{4}$ zölligen Bleikugeln	5,595
» 2 » »	5,634
» $2\frac{1}{2}$ » (hohlen) Kupferkugeln	5,658
» $1\frac{1}{2}$ » Platinkugeln	5,627
» 2 » Zinkkugeln	5,666
» 2 » Glaskugeln	5,768
» 2 » Elfenbeinkugeln	5,775
dem kupfernen Arm allein	6,024.

Man sieht also, daß das Resultat um so größer ausfiel, je leichter die Kugeln waren, wovon nur die Platinkugeln eine nicht sehr beträchtliche Ausnahme machen. Es ist daher wahrscheinlich, daß bei Baily irgend eine Correction etwas unrichtig bestimmt wurde, was um so

größeren Einfluß haben mußte, je leichter die Kugeln waren, daß jedoch auch die schwersten noch einen kleinen Fehler nach derselben Seite hin übrig ließen.

Der von mir früher angewendete Apparat befand sich in einem verschlossenen Kellerraum; er mußte, da für das Holzwerk dort die Fäulniß zu befürchten war, hinweggenommen werden, und er wurde in einem Zimmer des zweiten Stocks anfangs nur in der Absicht aufgestellt, um dort conservirt, nicht wirklich gebraucht zu werden, indem es mir nicht gestattet war, gegen Temperaturänderungen und sonstige Störungen so ängstliche Fürsorge treffen zu können, als Baily gethan hat. Allein der Anwendung eines von diesem beschriebenen, von Hrn. Forbes angegebenen Kunstgriffes glaube ich es verdanken zu müssen, daß auch in diesem neuen Locale eben so regelmäßige Beobachtungen wie früher angestellt werden können. Es besteht dieser Kunstgriff darin, das hölzerne, die Drehwaage umgebende Gehäuse äußerlich und innerlich mit einem Metallüberzuge zu bekleiden, wozu ich Staniol nahm. Die günstige Wirkung einer solchen metallischen Umgebung bei Beobachtung sehr leicht beweglicher Apparate ist auch schon in anderen Fällen (von den HH. Regnault, Kohlrausch) angegeben und angewendet worden, mag sie nun in einer verminderten Empfindlichkeit des Gehäuses gegen äußere Temperaturdifferenzen, oder, wie mir wahrscheinlicher dünkt, in der Beseitigung jeder Spur von Elektricitätsentwicklung an einzelnen Stellen bestehen.

Eine andere Veränderung des Apparates wurde in weiterer Verfolgung der mir von Anfang an vorschwebenden Idee vorgenommen, alle Correctionsgrößen möglichst klein zu machen oder noch lieber zu beseitigen, um es soviel als thunlich nur mit der einfachen Anziehung zwischen der Masse und der Kugel zu thun zu haben. Deshalb wurde der dicke Draht, der früher die Masse trug, und dessen Anziehung auf die Kugel und den Arm nicht ganz uube-

trächtlich ist, hinweggelassen, und anstatt dessen die Masse auf eine Art Drehscheibe, welche die Kugel und ihr Gehäuse umgiebt, gelegt; so daß bei einer Aenderung der Lage der Masse kein anderer Körper seine Anziehung auf die Kugel ändert. Dabei konnten die Versuche nicht mehr so angestellt werden, daß man die Ruhelage des Arms einmal bei genäherter und einmal bei entfernter Masse beobachtete, sondern es mußte dasselbe Verfahren, welches Cavendish und Baily einschlugen, zur Anwendung kommen, die Masse abwechselnd von der einen und anderen Seite die Kugel anziehen zu lassen.

Mit denselben Kugeln, die früher angewendet wurden, und die aus Zinn mit 10 Proc. Wismuth und etwas Blei bestehen, und 484,19 Gramm wiegen, und ebenso denselben Bleimassen von 45031 Gramm wurden drei Versuchsreihen angestellt, von denen ich die einzelnen Resultate aufführe, wegen der speciellen Angabe der Beobachtungszahlen auf die Abhandlung selbst verweisend.

Die erste Reihe wurde mit einem 0,5^{mm} dicken und 2270^{mm} langen Kupferdraht angestellt und gab

5,5948
 5,4390
 5,7114
 5,4406
 5,5270
 5,5587
 5,3773
 5,5237
 5,5933
 5,6216
 5,5470
 5,5177
 5,6880
 5,6046
 5,6149
 5,5681
 5,4715 *
 5,2067 *
 5,7452
 5,5737
 5,6211
 5,5334
 5,6423
 5,5237

Mittel 5,5519

Wahrscheinlicher Fehler 0,0152.

Die Originalzahlen selbst lassen vermuthen, daß in den die beiden mit * bezeichneten Resultate gebenden Beobachtungen sich ein Fehler eingeschlichen habe; läßt man diese aus der Berechnung hinweg, so erhält man als

Mittel 5,5712 mit dem
wahrscheinlichen Fehler 0,0113.

Die zweite Reihe ist mit einem Kupferdrahte von 0,4^{mm} Dicke und 620^{mm} Länge angestellt worden. Der erste Draht war nämlich noch zu steif, um von dem anhängenden Gewichte der Drehwaage völlig gerade gezogen zu werden, und es stand zu vermuthen, daß die beträchtlichen Aenderungen in der Torsionskraft, die sich durch die verschiedene Größe der Ablenkung sowohl als der Schwingungszeit zu erkennen gab, ihren Grund in der unvollkommenen Spannung des Drahtes haben könne, und bei einem dünnen Drahte sich vermindern würde, damit zugleich eine noch bessere Uebereinstimmung der einzelnen Resultate herbeiführend. Dieser dünne Draht mußte aber auch kürzer genommen werden, um die Schwingungszeit nicht zu unbequem groß zu erhalten. Jene Hoffnung wurde nicht erfüllt, denn theils variierte die Zeit einer doppelten Schwingung in der ersten Reihe von 688,6 bis 722,0 in der zweiten von 497,0 bis 512,6 Sekunden, was in jener eine Aenderung der Torsionskraft im Verhältniß von 1:1,099, in diesem von 1:1,064 entspricht, also nicht entscheidend ist, theils sind die erhaltenen Resultate in der zweiten Reihe noch etwas differenter als in der ersten, denn es wurde gefunden

5,5953
 5,7860
 5,3127
 5,5767
 5,5471
 5,5245
 5,5734
 5,5772
 5,7574
 5,7442
 5,6176
 5,4817
 5,5847
 5,5157
 5,7812
 5,6016
 5,5770
 5,5793
 5,9935
 5,6369
 5,4581
 5,6910
 5,6806
 5,6214

Mittel 5,6173.

Wahrscheinlicher Fehler 0,0181.

Die dritte Reihe wurde mit einem bifilaren Eisendrahte, der unten 4,2^{mm}, oben 5^{mm} Abstand hatte und wieder 2270^{mm} lang war, in der Hoffnung angestellt, mit demselben übereinstimmendere Resultate zu erhalten. Diese Erwartung schien sich dadurch zu bestätigen, daß der Arm schon nach ein oder zwei Tagen eine fast constante Lage annahm, wogegen ein unifilarer Draht mehrere Monate bedarf, ehe er seine Tendenz, sich nach einer Seite hin zu drehen, merklich verliert. In dieser Hinsicht ist daher die bifilare Aufhängung von entschiedenem Vorzuge. Allein die Differenzen in der Torsionskraft waren sogar noch beträchtlicher, da die einzelnen beobachteten Schwingungszeiten von 770,3 bis 813,2 Sekunden, also die Torsionskraft im Verhältniß von 1 : 1,114 variirte.

Diese Veränderlichkeit in der Torsionskraft eines, immer

von demselben Gewichte gespannten, sowohl unifilaren als bifilaren Drahtes, die sich mit der Zeit verliert und nicht von der Temperatur abhängt, — übrigens bei Baily in noch höherem Grade vorkommt, — verdient wohl die Aufmerksamkeit, und es wäre auch für andere Beobachtungen von Interesse, deren Ursache zu ermitteln, um dann sie vielleicht beseitigen zu können.

Der bifilare Draht gab für die mittlere Dichtigkeit der Erde

5,3468
 5,4487
 5,7235
 5,5102
 5,5539
 5,7192
 5,7233
 5,6360
 5,4957
 5,7034
 5,7936
 5,7326
 5,5248
 5,7639
 5,4751
 5,5333
 5,5080
 5,6469
 5,6304
 5,4411
 5,3913
 5,5886
 5,7647
 5,5282

Mittel 5,5910.

Wahrscheinlicher Fehler 0,0169.

Es ist daher auch mit der bifilaren Aufhängung nicht gelungen, übereinstimmendere Resultate zu erlangen.

Aus allen drei Reihen ergibt sich als Hauptmittel

5,5832

mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0,0149.

Es liegt sehr nahe, zu befürchten, daß diese Versuche durch geringe magnetische oder diamagnetische Einwirkungen zwischen Masse und Kugel gestört, und ihre Resultate unrichtig gemacht werden, wenn man auch nicht den von Hrn. G. Whitehead Hearn (*Philosoph. Transact.* 1847 P. 2, p. 122) entwickelten Ansichten beistimmen kann.

Um hierüber Gewißheit zu erlangen, stellte ich einige Versuche mit einer diamagnetischen Wismuthkugel und mit einer magnetischen Eisenkugel an.

Die Wismuthkugel gab

5,6728
5,6853
5,1436
5,5033
5,3939
5,7876
5,5032
5,7153
5,5063
5,3551

Mittel 5,5266

mit dem wahrscheinlichen Fehler 0,0402.

Die Eisenkugel gab

5,6269
5,7234
5,5645
5,6098
5,8482
5,8071
5,6155
5,7025
5,9636
5,3563
5,8719
5,5453

Mittel 5,6887

mit dem wahrscheinlichen Fehler 0,0312.

Das etwas geringere Resultat mit der diamagnetischen Wismuthkugel kann bei der noch vorhandenen Unsicherheit nichts entscheiden, dagegen ist das Resultat mit der weit stärker magnetischen Eisenkugel abweichend genug,

um es wahrscheinlich zu machen, daß hier ein störender Einfluß stattfand, und man kann vermuthen, daß der Magnetismus der Lage der Eisenkugel abstossend auf die diamagnetische Bleimasse wirkte, daher die durch die Gravitation hervorgebrachte Ablenkung des Arms verminderte, und folglich einen zu großen Werth gab.

Jedenfalls erhellt aber hieraus, daß zwischen der bei den Hauptversuchen angewendeten, viel schwächer als die Wismuthkugel diamagnetischen Kugel und der Bleimasse eine irgend merkliche Wirkung der Art nicht vorhanden war.

Schon Cavendish fand, und die Versuche von Baily und von mir bestätigen vollkommen, daß es nicht thunlich ist, die Schwingungszeit der Drehwaage für sich ein für alle Mal, und dann nur die Ablenkung durch die genäherte Masse zu bestimmen, weil wegen der schon oben besprochenen Veränderlichkeit der Torsionskraft des Aufhänge- drahtes nur brauchbare Resultate erhalten werden können, wenn Schwingungsdauer und Ablenkung gleichzeitig bestimmt werden. Dieses ist auch die Ursache, weshalb nach einem mir vor längerer Zeit gemachten Vorschlage des Hrn. Forbes angestellte Versuche zu keinem brauchbaren Ergebnisse führten, die mittlere Dichtigkeit der Erde aus Schwingungsbeobachtungen allein abzuleiten, indem man die Masse einmal wie bisher normal gegen die Richtung des Arms, ein andermal parallel dieser Richtung auf die Kugel wirken läßt. Bei der jetzigen Einrichtung meines Apparates liefs sich das sehr gut ausführen, indem auf die Drehscheibe zwei gleiche Bleimassen diametral entgegengesetzt gelegt, diese aber theils so gestellt wurden, daß die Verbindungslinie ihrem Mittelpunkte normal auf der Richtung des Arms, — theils so, daß sie damit parallel stand. Auf diese Weise wird der Arm der Drehwaage gar nicht abgelenkt, aber ihre Schwingungszeiten werden im ersten Falle vergrößert, im zweiten verkleinert, und aus dem Verhältniß beider ist das gewünschte Resultat leicht

herzuleiten, worüber, sowie über einige mißglückte Versuche der Art die Abhandlung weitere Auskunft giebt. — Wenn es gelänge, eine hinlänglich empfindliche Torsionswaage mit ganz constanter Schwingungszeit herzustellen, so würde die Lösung des Problems auf diese Weise nicht ohne Interesse seyn.

Endlich habe ich die Drehwaage zu diamagnetischen Versuchen angewendet. Da diese indessen theils früher veröffentlicht wurden, theils, in so weit sie die verschiedene Abstosung von Bergkrystall und Kalkspath in der Richtung der Krystallaxe und senkrecht darauf betreffen, von Hrn. Tyndall (diese Ann. Bd. 83, S. 384) mit entschiedenerem Erfolge ausgeführt worden sind, so enthalte ich mich hier einer weiteren Besprechung derselben.

III. *Ueber die Schätzung der Gröfse und der Entfernung der Gesichtsubjecte aus der Convergenz der Augenaxen; von Prof. Hermann Meyer in Zürich.*

Bereits im Jahre 1842 ¹⁾ habe ich eine Beobachtung bekannt gemacht, welche sehr geeignet ist, zu beweisen, dafs wir das Bewußtseyn von dem Grade der Convergenz unserer Augenaxen oder vielmehr von der Thätigkeit der diese Convergenz bestimmenden *musculi recti interni oculi* als ein wesentliches Moment in unser Urtheil über die Gröfse und Entfernung der äufseren Gegenstände aufzunehmen pflegen.

Ich habe nämlich damals durch einen Versuch nachgewiesen, dafs wir bei gleicher Gröfse der Netzhautbilder

1) Ueber einige Täuschungen in der Entfernung und Gröfse der Gesichtsubjecte. — Archiv von Roser und Wunderlich. Band I, 1842.