

Bemerkungen zu dem auf dem internationalen
Physiker-Kongress zu Paris von Herrn C. V. Boys
über die Gravitationskonstante und die mittlere
Dichtigkeit der Erde erstatteten Bericht.

Von

F. Richarz und O. Krigar-Menzel.

Aus den Berichten von der 72. Deutschen Naturforscher-
Versammlung zu Aachen, Sitzung der Abteilung für Physik
vom 17. September 1900, mit einigen Erweiterungen
wiederabgedruckt.

Aus bestimmten Gründen ist es den Verfassern wün-
schenswerth erschienen, die folgenden zum Pariser Kongress
ingesandten Bemerkungen an dieser Stelle zu wiederholen.

Herr C. V. Boys beginnt seinen Bericht mit allgemeinen
Auseinandersetzungen über die Bestimmungen der Gravi-
tationsconstante und der mittleren Dichtigkeit der Erde, mit
welchen Bemerkungen wir vollkommen einverstanden sind.
Sie stimmen überein mit dem, was der Eine von uns als
Referent über die Arbeiten von Jolly, Wilsing, Poynt-
ing, Boys und Braun in der Vierteljahrsschrift der Astro-
nomischen Gesellschaft ausgesprochen hat (Jahrgang 24, 1889,
S. 18–32 und S. 184–186, Jahrgang 33, 1898, S. 33–44),
an welchen Stellen sich übrigens auch noch einige andere
Ueberlegungen über jene Fragen finden.

Im einzelnen möchten wir uns folgende Bemerkungen zu dem von Herrn Boys Gesagten, soweit es uns vorgelegen hat, erlauben.

Herr Boys giebt den Unterschied, den unsere¹⁾ Resultate für die Abnahme der Schwere mit der Höhe vor Aufbau und nach Abbruch des Bleiklotzes zeigten, zu etwa 0,7 auf 100 an. Das ist erstens durch einen Rechenfehler zu gross geschätzt, da man richtig 0,57 auf 100 bekommen würde; ferner aber kommt in dem Resultat für die Gravitationswirkung dieselbe Differenz nur als Theil eines grösseren Ganzen zur Geltung. Es sind die Mittel der von uns gewogenen Gewichtsabnahme mit der Höhe

vor Aufbau des Bleiklotzes	1 ^{mg} , 2494
nach Abbruch -	1 ^{mg} , 2423
	Differenz: 0 , 0071.

Als Ganzes ist unsere gesammte Gravitationswirkung zu nehmen, welche 1^{mg},3664 betrug; der Unterschied jener beiden Gruppen ist mithin 0,52 Proc., nicht 0,7 Proc., wie Herr Boys angiebt. Wir müssen dies hervorheben, damit man erkennt, dass wir keinen illusorisch kleinen wahrscheinlichen Fehler angegeben haben. Wir haben diesen für unser Resultat zu $\pm 0,16$ Proc. berechnet; diese Angabe verträgt sich, wie eine einfache Rechnung zeigt, sehr wohl mit dem Unterschied jener beiden Gruppenmittel. Uebrigens hat Herr Boys selbst auch

1) F. Richarz und O. Krigar-Menzel;

Erstens: Die Abnahme der Schwere mit der Höhe, bestimmt durch Wägungen. (Vorläufige Mitteilung). Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 23. III. 1893, pag. 163. Wied. Ann. 51, p. 559, 1894. Sitz.-Ber. d. Niederrhein. Ges. f. Naturkde. in Bonn, 4. VI. 1894, pag. 51. Naturw. Rdsch. 9, pag. 667, 1894. (An letzteren beiden Stellen die Veranschaulichung des Sicherheitsgrades: „An einem Kilogramm kann man die Gewichtsabnahme schon grade merken, wenn man es um 2 Centimeter in die Höhe hebt.“) Herr O. Wiener berechnet, ohne letztere beiden Stellen zu kennen, in seiner Antrittsrede (Leipzig bei Joh. Ambr. Barth, 1900) denselben Sicherheitsgrad aus den Angaben über die grösste bisher erreichte Uebereinstimmung bei Wägungen überhaupt, und bittet uns freundlichst, bei dieser Gelegenheit zu bemerken, dass er es deshalb unterliess,

nicht auf Grund seines Rechenfehlers behauptet, dass der wahrscheinliche Fehler unseres Resultates illusorisch klein sei; wir wollen dieser Consequenz nur vorbeugen. Nach Berichtigung des Zahlenwertes zeigt die Bemerkung von Herrn Boys lediglich, dass der Unterschied jener beiden Gruppenmittel genügt, um den wahrscheinlichen Fehler von $\pm 0,16$ Proc. zu erklären.

An die Besprechung unserer Arbeit knüpft Herr Boys Verbesserungsvorschläge für eine etwaige Wiederholung an. Wir sind mit ihnen im Allgemeinen durchaus einverstanden; sie decken sich meist mit unseren eigenen, die wir am Schlusse unserer Arbeit in einem Bericht an die Akademie der Wissenschaften zu Berlin niedergelegt haben, ebenfalls in dem Gedanken an eine etwaige wiederholte Bestimmung der Gravitationsconstante nach dem Princip unserer Methode. Dieser Bericht war indessen nicht zur Publikation bestimmt. Andere Verbesserungsvorschläge allerdings sind auch in unserer ausführlichen Publikation enthalten. Auf einige derselben möchten wir noch näher eingehen.

Die Grenze unserer Genauigkeit war zum Teil durch die Temperaturdifferenzen in dem Beobachtungslokal gegeben. Herr Boys schlägt deshalb vor, in einen noch tieferen unterirdischen Raum hinein zu gehen. Damit würden wir nicht einverstanden sein; denn in tief gelegenen Räumen hat man grosse Schwierigkeiten infolge des hohen Feuchtigkeitsgehalts der Luft.

unsere Arbeit in seiner Rede zu erwähnen, weil er in Folge eines leicht erklärbaren Versehens der Ansicht war, dass bei unseren Bestimmungen der Abnahme der Schwere mit der Höhe tatsächlich nur die Hälfte der bei Wägungen überhaupt möglichen Uebereinstimmung erreicht worden sei.

Zweitens: Gravitationsconstante und mittlere Dichtigkeit der Erde, bestimmt durch Wägungen. (Vorläufige Mitteilung). Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 26. XI. 1896, pag. 1305. Wied. Ann. 66, pag. 177, 1898. Ztschr. f. Instrumkde., 19, pag. 40, 1899. Sitz.-Ber. d. Naturw. Vereins zu Greifswald, 13. I. 1897, Mitteilungen 29, p. 1, 1897; 31, p. 77, 1899. Naturw. Rdsch. 12, pag. 145 und 157, 1897.

Drittens: Ausführliche Publikation der gesammten Arbeit im „Anhang zu den Abhandlungen der Berliner Akad. der Wissenschaften vom Jahre 1898. Mit 4 Tafeln.“ In Commission bei Reimer.

Um die dadurch entstehenden Unannehmlichkeiten zu beseitigen, haben wir unsern Raum mit konzentrierter Schwefelsäure austrocknen müssen. Wir halten es daher für vortheilhafter, in einem oberirdischen Raume zu arbeiten, welcher in derselben Weise auf constanter Temperatur gehalten wird, wie z. B. der Comparatorsaal der Normal-Aichungs-Commission zu Berlin: der Saal kommt nirgends mit der äusseren Luft in Berührung und hat eine zweifache Wandung, deren Zwischenraum durch Heizung auf constanter Temperatur gehalten werden kann.

Die Störungen der Waage, welche von den elastischen Nachwirkungen herrühren, würde man ohne principieller Aenderung der Methode vermeiden können, wenn man Poynting's Art der Schalenarretirung anbringt (siehe S. 36 unserer ausführlichen Publication, Abhandlungen der Berliner Akademie, Anhang, 1898).

Weiter äussert Herr Boys ein principiellcs Misstrauen gegen die Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate. Man kann doch wohl verschiedener Ansicht darüber sein, ob eine Zusammenfassung aller Einzelwerthe ohne Ausnahme, und unter Zugrundelegung eines objectiven Rechnungsverfahrens nach der Methode der kleinsten Quadrate vorzuziehen ist, wie wir gethan haben; oder eine Auswahl unter den besten der Einzelwerthe, unter Verwerfung aller anderen, wie sie Herr Boys angewendet hat. Wie leicht ein Irrthum bei einem solchen Verfahren möglich ist, erkennt man heutzutage in Bezug auf die Bestimmungen von Cornu und Baille aus den Jahren 1873 und 1878, welche die Dichtigkeit der Erde ebenfalls mit der Drehwage bestimmt haben; sie fanden aus der einen Gruppe von Beobachtungen den Wert 5,56, aus der andern 5,50. Diesen zweiten Wert verwarfen sie vollständig und behielten den ersten bei. Nun liegt nach den gegenwärtigen Resultaten der richtige Wert wohl ziemlich sicher zwischen dem unsrigen 5,505 und 5,527, den die Versuche von Boys mit der Drehwage ergeben haben. Der Wert 5,50 wäre also besser gewesen, als der andere; natürlich wäre es allein richtig gewesen, beide Werte beizubehalten.

Wenn wir auch das principielle Misstrauen von Herrn

Boys gegen die Methode der kleinsten Quadrate nicht theilen, so sind wir doch mit ihm einig in dem Bedenken gegen ihre unrichtige Anwendung zur Angabe eines illusorisch kleinen wahrscheinlichen Fehlers. In dieser Beziehung existirt ein wesentlicher Unterschied zwischen den übrigen Bestimmungen einerseits und denjenigen von Herrn Boys und P. Braun andererseits. Bei allen anderen Gravitationsmessungen lassen sich die Constanten des Apparates, die Grössen der Massen und ihre Entfernungen von einander stets mit einer Sicherheit bestimmen, welche diejenige weit übertrifft, mit der die Attractionswirkung selbst gemessen werden kann; bei allen kommen verhältnissmässig grosse Massen und Dimensionen zur Anwendung. Das hat übrigens schon Herr Boys selbst in seiner Besprechung unserer Methode als einen besonderen Vorzug für sie hervorgehoben. In diesen Fällen ist es daher auch berechtigt, den wahrscheinlichen Fehler der speciellen Grösse (Ablenkung, Aenderung der Schwingungsdauer), welche die Gravitationswirkung ergibt, direct auf das Endresultat zu übertragen. Bei Herrn Boys und P. Braun handelt es sich jedoch um kleine Massen, die in kleinem Abstände auf einander gravitiren, deren Wirkung aber in Folge günstiger Anordnung sehr sicher messbar ist. Jetzt kommt die Unsicherheit der Massen- und Längenbestimmungen sehr wohl in Betracht; ja — kleine Asymmetrien oder Inhomogenitäten können die Sicherheit des Resultates ganz bedeutend gefährden. Dass bei P. Braun die Verhältnisse in der That so lagen, geht aus der Ueberschlagsrechnung in der *Astronom. Vierteljahrsschrift* Bd. 33, S. 43 und 44, 1898 hervor. Für die Versuche von Herrn Boys, welcher noch kleinere Massen in noch kleineren Entfernungen benutzte, muss dies a fortiori zutreffen. Auf diese Gefahren, welche gerade bei compendiösen Apparaten, wie die modernen Drehwaagen, bedenklich wachsen, wollten wir hinweisen, ohne damit behaupten zu wollen, dass die Resultate von Boys und Braun nothwendig dadurch geschädigt sein müssen. Herr Boys giebt an, dass er der Homogenität seines reinen Goldes und Bleies sicher sein könne. Auch wurden die Kugeln mehrmals umgelegt: sicher eine gute Vorsichtsmassregel.

Herr Boys legt grosses Gewicht darauf, dass sein und

P. Braun's ebenfalls mit der Drehwage gewonnener Wert nahe übereinstimmen. Unserer Meinung nach kann aber die Frage nach dem richtigen Werte der Gravitationsconstante und der mittleren Dichtigkeit der Erde erst dann als abgeschlossen betrachtet werden, wenn die nach verschiedenen Methoden ausgeführten Bestimmungen eine hinreichend gute Uebereinstimmung zeigen. Augenblicklich steht die Sache so, dass die mit der gewöhnlichen Waage von J. H. Poynting und von uns gewonnenen Werte zwischen 5,49 und 5,51 liegen; die mit der Drehwage bestimmten nahe bei 5,527; diejenigen von J. Wilsing mit seinem Pendelapparat bei 5,577. Diese Unterschiede sind in Rücksicht auf die Güte jeder einzelnen der verschiedenen Methoden noch zu gross, als dass man nicht suchen müsste, sie zu erklären und zu beseitigen.

Möglicherweise sind die Unterschiede erklärbar durch Magnetisirung der gravitirenden Massen unter dem Einflusse des erdmagnetischen Feldes. Alle vorstehenden Messungen wurden angestellt in solchen nördlichen Breiten, dass für die folgende Ueberlegung die Richtung der erdmagnetischen Kraft als nahe vertikal angesehen werden kann. Bei Poynting und bei uns lagen die gravitirenden Massen vertical übereinander, also ihre Verbindungslinie nahe in Richtung der Kraftlinien; waren sie schwach paramagnetisch (oder auch beide diamagnetisch, was aber nicht wahrscheinlich ist), so mussten die influenzirten Magnetismen eine Anziehung aufeinander ausüben, die Gravitation vermehrt erscheinen und für die mittlere Dichtigkeit der Erde ein zu kleiner Wert gefunden werden. Bei Boys, Braun und Wilsing lagen die gravitirenden Massen horizontal neben einander, ihre Verbindungslinie nahe senkrecht zu den erdmagnetischen Kraftlinien; bei Paramagnetismus trat Abstossung ein, die Gravitation erschien vermindert, die mittlere Dichtigkeit der Erde zu gross. Dieser Einfluss musste bei Wilsing sich deshalb besonders stark geltend machen, weil er Eisencylinder auf die Kugeln seines Pendels wirken liess.

Vielleicht wird man die Magnetisirbarkeit für die bei den verschiedenen Versuchen angewendeten Substanzen zum Theil noch nachträglich ermitteln und eine Correction für die

Resultate berechnen können. Deren Anbringung hat dann hoffentlich zur Folge, dass die Differenzen zwischen den Werten mit der gewöhnlichen Wage, der Drehwage und dem Wilsing'schen Pendel bedeutend vermindert werden. Dabei ist es durchaus möglich, dass etwa die Versuche mit der Drehwage von magnetischen Einflüssen nahezu frei gewesen sind.

Jedoch wie gesagt, die Erklärung der Unterschiede durch Magnetisirung der gravitirenden Massen ist vorläufig nur eine Vermutung; jedenfalls aber ist die Frage nach der Gravitationsconstante erst abgeschlossen, wenn nach verschiedenen Methoden derselbe Wert gewonnen wird.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mittheilungen aus dem naturwissenschaftlichen Vereine von Neu-Vorpommern und Rügen](#)

Jahr/Year: 1901

Band/Volume: [33](#)

Autor(en)/Author(s): Richarz Franz, Krigar-Menzel O.

Artikel/Article: [Bemerkungen zu dem auf dem internationalen Physiker-Kongress zu Paris von Herrn C. V. Boys über die Gravitationskonstante und die mittlere Dichtigkeit der Erde erstatteten Bericht 1-7](#)