

Werk

Label: Rezension

Ort: Braunschweig

Jahr: 1893

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0008 | LOG_0967

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte über die Fortschritte auf dem
Gesamtgebiete der Naturwissenschaften.

Unter Mitwirkung

der Professoren Dr. J. Bernstein, Dr. W. Ebstein, Dr. A. v. Koenen,
Dr. Victor Meyer, Dr. B. Schwalbe und anderer Gelehrten

Durch alle Buchhand-
lungen und Postanstalten
zu beziehen.

herausgegeben von

Dr. W. Sklarek.

Wöchentlich eine Nummer.
Preis vierteljährlich
4 Mark.

Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

VIII. Jahrg.

Braunschweig, 9. December 1893.

No. 49.

Inhalt.

Astronomie. J. H. Poynting: Ueber die Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde und der Gravitationsconstante mittelst der gewöhnlichen Wage. S. 625.

Zoologie. W. M. Wheeler: Ein Beitrag zur Insecten-Embryologie. S. 629.

Kleinere Mittheilungen. James Dewar und J. A. Fleming: Der elektrische Widerstand der Metalle und Legirungen bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt. S. 631. — Leo Liebermann und Stefan Bugarszky: Beiträge zur Theorie der wässrigen Lösungen von Salzgemischen. S. 632. — J. Szuhay: Beiträge zur Kenntniss des Jodstickstoffs. S. 632. — Paul Sabatier und J. B. Senderens: Ueber eine neue Klasse von Verbindungen: die nitrirten Metalle. S. 633. — Paul Dahms: Mineralogische Untersuchung

über Bernstein. S. 633. — L. Kny: Ueber die Milchsafthaare der Cichoraceen. S. 634.

Literarisches. Rudolf Credner: Rügen, eine Inselstudie. S. 634. — E. Vanhöffen: Die Acalephen. S. 634. — Eduard Strasburger: Das kleine botanische Practicum für Anfänger. Anleitung zum Selbststudium der mikroskopischen Botanik und Einführung in die mikroskopische Technik. S. 635. — F. Danne- mann: Leitfaden für den Unterricht im chemischen Laboratorium. S. 635.

Vermischtes. Magnetische Drehung der Polarisations-ebene dunkler Lichtstrahlen. — Motochemie. — Darstellungsarten und Eigenschaften des Silicium-Kohlenstoffs. — Pilzentwicklung in gesättigter Kochsalzlösung. — Personalien. S. 635.

Bei der Redaction eingegangene Schriften. S. 636.

Astronomische Mittheilungen. S. 636.

J. H. Poynting: Ueber die Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde und der Gravitationsconstante mittelst der gewöhnlichen Wage. (Phil. Trans. 182, A. 1891, p. 565.)

Das Gesetz der allgemeinen Gravitation sagt bekanntlich aus, dass jedwedes Paar von Massenelementen verbunden ist durch eine in Richtung der Verbindungslinie wirkende Anziehungskraft, deren Grösse proportional dem Product beider Elementarmassen und umgekehrt proportional dem Quadrate ihres Abstandes ist. Es ist dieses Gesetz, wie alle Elementargesetze, eine Beziehung zwischen kleinsten Theilchen und erfordert, um auf die in der Natur erscheinenden, ausgedehnten Massen anwendbar zu sein, stets eine Integration, deren Ausführung oft schwierig oder überhaupt nur angenähert möglich ist, deren Resultat aber sehr einfach ist, wenn die zu betrachtenden Körper homogen-schichtige Kugeln sind. In diesem Falle ist die Anziehung dieselbe, als wenn die Massen in den Mittelpunkten der Kugeln zusammengedrängt wären, so dass wir zu der Vorstellung unausgedehnter, endlicher Massen geführt werden, die zwar nur eine Abstraction ist, aber eine directe Anwendung des Elementargesetzes ohne Integration erlaubt. Dieser Fall ist erfüllt bei den Himmelskörpern, deren von Kepler empirisch her- ausgefundene Bewegungsgesetze auch den Anlass für Newton zur Auffindung des Gravitationsgesetzes bildeten, indem er die drei Kepler'schen Regeln als

Consequenzen dieses Grundgesetzes nachwies. Ein weiterer Schritt der Erkenntniss war die Erklärung der irdischen Schwere als Anziehungskraft der Erde auf die Körper an ihrer Oberfläche, wobei als be- weisendes Verbindungsglied zwischen den durch die irdische Schwere erzeugten Bewegungen und den himmlischen Bahnen der Umlauf unseres Mondes diente, dessen geocentrische Bahn zum allergrössten Theil durch die Anziehung der Erde allein geregelt wird. So weit ging Newton's Erkenntniss.

Es musste nun folgerichtig gefragt werden, ob denn die beiden erwähnten Fälle (Planetenbewegung und Schwere), die man nicht einmal zum Zwecke des Experimentirens beliebig variiren kann, die einzigen der Beobachtung zugänglichen Fälle der Massen- anziehung seien, und man hat deshalb schon frühzeitig versucht, die Anziehung zwischen zwei bekannten irdischen Massen nachzuweisen und zu messen. Diese Versuche haben nicht nur den Zweck, in qualitativer Weise die Existenz der Massenanziehung zu demon- streiren oder die in dem Gesetz ausgesprochenen Pro- portionalitäten zu bestätigen, sondern sie bieten den einzigen Weg dar, um zu einer Kenntniss der ab- soluten Grösse dieser Kraft zu gelangen. Wenn wir nämlich die Anziehungskraft k zwischen zwei Kugeln M und m , deren Centra den Abstand r haben, nach dem Newton'schen Gesetz ausdrücken wollen, so müssen wir schreiben:

$$k = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \dots \dots \dots 1)$$

wo G ein unbekannter Proportionalitätsfactor ist, welcher bei Gültigkeit des Newton'schen Gesetzes überall in der Natur dieselbe Grösse haben muss und daher als eine Urconstante zu betrachten ist und Gravitations-Constante genannt wird. Wenn M die Masse des hier einfachheitshalber als homogen-schichtige Kugel angenommenen Erdkörpers und m die Masse einer in unseren Händen befindlichen Kugel darstellt, so ist r der bekannte Radius der Erde und k wird dann die Kraft der Schwere, welche wir in unserem Arm spüren, wenn wir die Kugel m heben. Die Grösse dieser Kraft wird gemessen durch das Product der Masse m und der Beschleunigung g ($=$ circa 9,81 m), welche die durch die Schwerkraft verursachte Fallbewegung zeigt, also $k = m \cdot g$. Wenn wir den jetzt auf beiden Seiten der Gleichung 1) vorkommenden Factor m fortlassen, so bleibt übrig:

$$g = G \cdot \frac{M}{r^2} \quad \dots \dots \dots 2)$$

Diese Gleichung würde den einfachsten Weg zur Bestimmung der Gravitationsconstante darbieten, wenn die Masse der Erde bereits auf irgend eine Weise ermittelt wäre. Das ist aber nicht der Fall, vielmehr ist die Kenntniss der Gravitationsconstante und die Einsetzung derselben in diese Gleichung 2) das einzige Mittel zur Bestimmung der Erdmasse. Es bleibt daher nichts anderes zur Ermittlung von G übrig, als die Messung der Anziehung zwischen zwei bekannten, irdischen Massen. Die Kraft ist unter diesen Umständen wegen der verhältnissmässig geringen Ausdehnung genau bestimmbarer und geeignet geformter Massen ausserordentlich klein gegen die Schwerkraft und verlangt deshalb die feinsten Messmethoden und sorgfältigstes Vermeiden aller Fehlerquellen oder eingehendes Studiren und Berücksichtigen unvermeidlicher, störender Einflüsse.

Man hat als anziehende Massen isolirt gelegene, steile Berge benutzt, deren Masse man aus der Art ihres Gesteins und ihren Dimensionen schätzen konnte, und verglich deren Anziehung mit der Anziehung der ganzen Erde durch die Ablenkung der Lothrichtung in der Nähe solcher Berge. Auch oberflächliche Erdschichten von bekannter Dichte (zu denen auch Wassermassen gerechnet werden könnten, vergl. Rdsch. VIII, 439), benutzte man als anziehende Massen und maass den Unterschied der Fall-Beschleunigung über und unter denselben; doch liefern diese Methoden ungenaue Resultate, weil man die verwendeten Massen nicht genau bestimmen kann. An dem entgegengesetzten Fehler leiden die bis jetzt mit Hülfe der Drehwage ausgeführten Messungen. Hier wird die Anziehung zweier sehr genau bestimmbarer, kugelförmiger Massen compensirt durch die Torsion eines Aufhängungsdrahtes; aber diese Art der Kraftmessung wird wegen der elastischen und thermischen Eigenschaften der verwendeten Drähte sehr ungenau. Erst jetzt scheint durch Anwendung der Quarzfäden, welche sehr schätzbare Eigenschaften vereinigen, die Drehwage neue Bedeutung für Gravitationsmessungen zu gewinnen (vergl. Rdsch. V, 36). Inzwischen hatte

man sich aber wieder dazu gewendet, die Schwerkraft als Maass für die Anziehung zwischen den zum Versuch verwendeten Massen zu benutzen und zwar durch Anwendung des genauesten aller physikalischen Messinstrumente — der Wage. Die erste auf diese Weise ausgeführte Bestimmung hat von Jolly geliefert, indem er die Gleichgewichtsstörung maass, welche eine belastete Wage zeigte, wenn unter die eine Wagschale eine grosse, bekannte Masse geschafft wurde. Damit diese anziehende Masse allein auf die eine Schale und nicht auch auf die andere oder auf den Balken wirke, war das eine Gehänge viele Meter lang, wodurch natürlich Luftströmungen einen starken Einfluss gewannen.

Zu gleicher Zeit begann auch Herr Poynting ohne Kenntniss der Jolly'schen Methode die Vorbereitungen zu der Bestimmung von G , deren definitive Publication in Philosophical Transactions 1891 erschien und über die wir hier berichten wollen.

Poynting bediente sich einer eigens für diesen Zweck von Oertling construirten, grossen Präcisionswage mit besonders starkem Balken und stählernen Schneiden auf stählernen Lagern. Der Balken war 123 cm lang; die Belastung betrug auf jeder Seite 20 kg und bestand in zwei vergoldeten Kugeln aus Antimon-Blei, welche nicht auf gewöhnlichen Wagschalen ruhten, sondern auf dünnen Messingstangen festgeschraubt waren. Die Kugeln hatten zur Durchführung dieser Stangen axiale Durchbohrungen von 0,6 cm Weite; die Stangen hatten an ihren Enden Oesen, mittelst deren sie an die auf den Seitenschneiden ruhenden Gehänge gehakt wurden. Diese Wage nebst ihrer Belastung war in einem mit Stanniol bekleideten Kasten eingeschlossen, welcher auf zwei Schienen ruhend in einem geschützten, fensterlosen, aber, wie es scheint, durchaus nicht erschütterungsfreien Erdgeschosszimmer des Mason College zu Birmingham aufgestellt war, und wurde aus dem darüber gelegenen Zimmer durch ein Loch im Boden mit Fernrohr beobachtet. Das Nähere über die Spiegelablesung später. Unterhalb des Wagekastens und isolirt von demselben befand sich eine Drehscheibe mit verticaler Axe, auf welcher als anziehende Masse eine grosse Antimon-Bleikugel von 153 kg in einer Schale so ruhte, dass dieselbe durch Drehung der Scheibe abwechselnd dicht unter die beiden an der Wage aufgehängten Massen gebracht werden konnte. Da aber die Axe der Drehscheibe durch die excentrische, schwere Belastung Lagenveränderungen erlitt und Bodensenkung verursachte, wurde noch eine zweite Kugel gegenüber der ersten auf die Drehscheibe gesetzt, welche halb so grosse Masse besass und sich im doppelten Abstände von der Axe befand, so dass nun der Schwerpunkt der belasteten Drehscheibe wieder in der Axe derselben lag.

Es sollte nun durch die Einstellungen der Wage die Anziehung zwischen der grossen Kugel und der jeweilig vertical darüber hängenden bestimmt werden, es ist aber einleuchtend, dass jene zweite Kugel eben-

falls eine Wirkung auf die ihr zunächst hängende Masse haben musste, wie auch die grosse Masse eine Anziehung über Kreuz auf dieselbe ausübte. Diese Kräfte sind indessen so klein, dass sie hinreichend genau als Correctionen berechnet werden konnten.

Die Methode der Messung bestand nun darin, aus den Schwingungen (Umkehrpunkten) der Wage die beiden Ruhelagen derselben zu beobachten, welche den beiden Stellungen der anziehenden Masse entsprechen, und die Differenz dieser beiden Einstellungen zu vergleichen mit der Verschiebung, welche das Auflegen von Zulagegewichten erzeugt. Durch diesen Vergleich wurde die Gravitationswirkung auf absolutes Maass reducirt, denn das Moment eines Reiters ergibt sich in absolutem Maass aus dem Product von dessen Masse, der Beschleunigung der Schwere und dem Hebelarm. Zu diesem Zwecke wurden vier im Bureau international des poids et mesures durch Herrn Thiesen genau bestimmte Reiter benutzt, deren jeder eine Masse von 1 Centigramm besass, weil dies die kleinsten, hinreichend genau zu Eichenden Stücke sein sollten¹⁾. Zwei von diesen Reitern waren auf beiden Seiten der Wage in Gebrauch, die beiden anderen blieben unberührt und dienten bei einer späteren Controlbestimmung als Normalmaasse. Es war nun aus verschiedenen Gründen zweckmässig, dem durch das Auflegen der Reiter entstehenden Ausschlag der Wage ungefähr dieselbe Grösse zu geben, welche der Ausschlag beim Umdrehen der Drehscheibe hat. Da aber diese von der Umkehrung der Gravitationswirkung herrührende Differenz viel kleiner als 1 Centigrammgewicht war, so mussten die Reiter an einem viel kürzeren Hebelarm angreifen, als die Belastung der Wage, und deshalb wurde ein kleiner (2,5 cm langer) Hülfs wagebalken unmittelbar über der Mittelschneide befestigt, dessen durch je zwei Stahlspitzen gebildete Seitenschneiden in einer Ebene mit jener lagen. Auf diesen Spitzen ruhten mittelst Achatplättchen zwei Drahtgehänge, in welche die Reiter durch eine automatische Hebeleinrichtung vom Platze des Beobachters aus eingehängt und aus denen sie abgehoben werden konnten, ohne die Wage arretiren zu müssen. Die Länge dieses Hülfsbalkens musste wegen des daraus zu berechnenden Momentes der Centigrammgewichte mit grosser Genauigkeit gemessen werden.

Der Winkel, um welchen sich der Balken der Wage und somit auch ein starr an demselben befestigter Spiegel drehte, wenn die Stellung der grossen Masse gewechselt wurde, war so klein, dass die gewöhnliche Methode der Spiegelablesung, selbst aus einer Entfernung von 5 m, ihren Dienst versagte. Die mechanische Empfindlichkeit der Wage noch mehr zu steigern, war deshalb unzweckmässig, weil dadurch die Schwingungsdauer derselben und somit auch die ganze Dauer einer Beobachtungsreihe stark

verlängert worden wäre; nicht nur eine Last für den Beobachter, sondern ein Nachtheil für die Wägung selbst, weil thermische Einflüsse und andere Zufälle sich mit der Zeit mehr und mehr breit machen. Es musste daher die optische Empfindlichkeit gesteigert werden, was durch die vermuthlich von Lord Kelvin erfundene, bifilare Spiegelaufhängung erreicht wurde. Der Spiegel hing nämlich an zwei verticalen, um 4 mm von einander abstehenden Coconfäden, deren einer von einem festen Lager herunterhing, während der andere am Ende des 60 cm langen Zeigers der Wage befestigt war. Es ist leicht einzusehen, dass eine sehr kleine Verschiebung des Zeigers genügen musste, um den Spiegel bedeutend zu drehen, der Drehungswinkel desselben war 150 mal so gross, als derjenige des Wagebalkens, und mit Hülfe dieser Spiegelaufhängung konnte man die Umkehrpunkte der sehr kleinen Schwingungen bequem ablesen. Ein Uebelstand dieser Einrichtung waren die Eigenschwingungen des Spiegels, welche dadurch gedämpft wurden, dass man unter dem Spiegel ein Flügelkreuz befestigte, welches in mineralischem Schmieröl badete. Zugleich wurden freilich auch die Schwingungen der Wage selbst so stark gedämpft, dass die gewöhnliche Berechnung der Einstellung aus drei aufeinander folgenden Umkehrpunkten durch eine etwas umständlichere Rechnung ersetzt werden musste. Es war eben wegen des starken Decrementes nicht mehr zulässig, die geometrische Reihe der Schwingungsbogen als eine arithmetische Reihe zu betrachten.

Aus den auf die eben beschriebene Weise angestellten Beobachtungen konnte aber noch nicht die Anziehung zwischen den angewendeten Kugeln rein abgeleitet werden, denn die grosse Masse auf der Drehscheibe übte nicht nur auf die aufgehängten Kugeln, sondern auch auf die Gehänge und den Wagebalken eine anziehende Wirkung, deren Grösse wegen der unregelmässigen Gestalt dieser Körper gar nicht mathematisch aus dem Anziehungsgesetz berechnet werden konnte. Es war aber möglich, die Beimischung dieser unvermeidlichen Einflüsse durch eine sogenannte Differenzmethode bei Seite zu schaffen; die oben erwähnten Aufhängungsstangen, auf deren Ende die angezogenen Kugeln festgeschraubt waren, hatten zu diesem Zwecke nach beiden Enden hin vollkommen symmetrische Gestalt und Einrichtung, so dass man sowohl die Kugeln am oberen statt am unteren Ende dieser Stangen festschrauben konnte, als auch ohne Losschrauben der Kugeln die Stangen in umgekehrter Lage an den Gehängen einhaken konnte. Durch die auf diese Weise ermöglichten Lageveränderungen wurde der Abstand zwischen den Mittelpunkten der anziehenden und angezogenen Kugel ungefähr verdoppelt, die Anziehung also auf den vierten Theil beschränkt, während die unbekannte und störende Anziehung, welche Theile der Wage und Gehänge erfahren, ungeändert blieb. Der Unterschied der Resultate, welche die Wage in beiden Kugelstellungen anzeigte, musste daher allein vom Unterschiede der Attraction auf die Kugeln herrühren,

¹⁾ Uebrigens ist es durch Anwendung der von Stückrath gebauten Spitzenwagen möglich geworden, auch kleinere Massen bis unter 1 mg mit derselben relativen Genauigkeit zu bestimmen.

und würde bei genauer Verdoppelung des Abstandes der Mittelpunkte genau drei Viertel der gesuchten Anziehung betragen; die Wirkung auf die Wage selbst wurde also auf diese Weise „eliminiert“.

Ferner war zu berücksichtigen, dass die beiden aufgehängten Kugeln eine axiale, vertical gestellte Durchbohrung von 6 mm Weite besaßen, daher nicht genau als homogene Kugeln anzusehen waren. Für diesen Umstand aber liess sich eine Correction mathematisch berechnen, da die Attractionswirkung auf einen Cylinder, als welcher die Bohrung anzusehen war, der analytischen Betrachtung zugänglich ist. Wenn man diese Correction am Resultate angebracht hatte, rechnete man mit den aufgehängten Massen als vollkommenen Kugeln; dieselbe war übrigens so klein, dass sie für die höhere Lage der Kugeln, wo die Attraction geringer ist, bereits vernachlässigt werden konnte. Die von diesen Bohrungen herrührenden Inhomogenitäten der Massen waren vermuthlich die grössten, aber auch die einzigen bekannten Unregelmässigkeiten. Anders war es mit den beim Bleiguss häufig vorkommenden inneren Blasen, welche möglicherweise eine Massenvertheilung in den kugelförmigen Räumen verschulden konnten, welche die Annahme, dass die Massen im Centrum vereinigt gedacht werden können, vereitelte. Um Fehler, die hieraus entspringen könnten, im Endresultat zu vermeiden, wurden nach Beendigung der ersten Hälfte der Arbeit sämtliche Kugeln umgedreht, so dass Oben und Unten vertauscht wurde. Etwaige kleine Ungleichheiten in der Dichtigkeit der Kugeln mussten nun entgegengesetzte Abweichungen erzeugen, als vorher, daher war das Hauptmittel aller Messungen von diesen Fehlern so gut wie frei. Sogar an eine unsymmetrische Massenvertheilung der hölzernen Drehscheibe war gedacht worden, weshalb zum Aufsetzen der beiden grossen Kugeln je zwei diametral gegenüberliegende Teller auf der Scheibe angebracht waren, deren Benutzung gleichzeitig mit der erwähnten Umdrehung der Kugeln gewechselt wurde. Es würde hier zu weit führen, alle in der Abhandlung beschriebenen Einzelheiten zur Vermeidung von Fehlerquellen wie Luftströmungen, Erschütterungen, thermischen Einflüssen ausführlich zu beschreiben. Ein grosser Vortheil der Versuchsanordnung war es, dass sowohl die Umdrehung der Drehscheibe wie auch das Aufsetzen der Reiter ohne Arretirung der Wage geschehen konnte, dass also die ziemlich beträchtlichen Veränderungen der Einstellung, welche durch das Abheben und Wiederaufsetzen des Balkens und der Gehänge zu entstehen pflegen, vermieden wurden. Die Wage blieb oft Wochen lang mit der vollen Belastung unarretirt stehen, so dass elastische Nachwirkungen im Balken und in den Schneiden und die daraus folgenden Wanderungen des Nullpunktes völlig verschwanden.

Die Verwerthung dieser Messungen für die Bestimmung der Gravitationsconstante verlangte nun eine sehr genaue Kenntniss des Abstandes, d. h. der verticalen Distanz der anziehenden und angezogenen

Kugeln. Diese wurde mit einem Kathetometer gemessen, dessen Fernrohr mit horizontalem Faden auf die höchsten und tiefsten Punkte der Kugelprofile eingestellt wurde. Aus diesen Ablesungen konnte der gesuchte Abstand der Mittelpunkte sehr genau gefunden werden. Um den unteren Rand der auf der Drehscheibe liegenden Kugel anvisiren zu können, waren die Böden der zur Aufnahme der Kugel dienenden Teller ausgeschnitten, so dass man dieselbe von der Seite unten hervorragen sah. Die durch die sehr kleinen Schwingungen der Wage und Einstellungsdifferenzen beim Umdrehen der Scheibe verursachten Veränderungen dieser Abstände (höchstens 0,005 mm) waren hierbei vollkommen verschwindend, da die Genauigkeit der kathetometrischen Ablesung etwa 0,02 mm betrug. Diese Längenmessungen wurden nach Schluss jeder abgeschlossenen Reihe von gleichartigen Beobachtungen, also vor jeder Veränderung der Kugelstellungen vorgenommen und für die specielle Reihe von Wägungen, welche voranging, verworther.

Da jede Einstellung der Wage aus vier Umkehrpunkten gefunden wurde, Arretirung der Wage nicht vorkam, und das Aufsetzen der Reiter und das Drehen der Scheibe in kurzer Zeit ausgeführt war, so war jede Einzelbestimmung in wenigen Minuten beendet, und es konnten an jedem Arbeitstag in einigen Stunden durchschnittlich 25 Beobachtungen gemacht werden, wobei immer abwechselnd Gravitationswirkung und Reiterwirkung gemessen wurde. Die erste Gruppe der zu den Resultaten benutzten definitiven Messungen bestand aus neun Arbeitstagen; an fünf derselben waren die aufgehängten Kugeln in der unteren Lage, an den übrigen in der oberen. Darauf wurde die oben auseinandergesetzte Umdrehung aller Kugeln nach oben und unten und zugleich deren Vertauschung nach rechts und links vorgenommen. Die darauf folgende Gruppe bestand nur aus vier für die Resultate benutzten Arbeitstagen, zwei mit unterer, zwei mit oberer Kugelstellung¹⁾. Diese zweite Gruppe giebt in der That ein etwas anderes Mittel, als jene erste, und rechtfertigt deshalb die Vermuthung einer unsymmetrischen Massenvertheilung in den Bleikugeln.

Aus dem Hauptmittel beider Gruppen fand Herr Poynting als Werth der Gravitationsconstante:

$$G = 6,6984 \times 10^{-8} \frac{\text{centim}^3}{\text{gramm} \cdot \text{sec}^2}.$$

Um nun die mittlere Dichtigkeit des Erdkörpers mit gleicher Genauigkeit zu finden, genügt es nicht, wie wir zu Anfang dieses Artikels der einfacheren Darstellung wegen gethan haben, die Erde als vollkommenere Kugel anzusehen, auch muss berücksichtigt werden, dass die irdische Schwere nicht ganz so gross ist, als sie nach der Massenanziehung sein sollte, weil nämlich die Umdrehung der Erde eine Centrifugal-

¹⁾ Diese 13 definitiven Arbeitstage der mehrere Jahre erfordernden Bestimmung sind ein lehrreiches Beispiel dafür, wie viel länger die Vorbereitungen zu physikalischen Messungen zu dauern pflegen, als deren Ausführung.