

Die Figur der Erde.

Von Dipl. Ing. F. Klein.

Vortrag, gehalten in der Monatsversammlung der k. k. Geographischen Gesellschaft zu Wien am 27. März 1883.

(Mit einer Tafel.)

Hochansehnliche Versammlung!

»Jener Zweig des Wissens, den wir heute hier in festlicher Versammlung ehren, gehört mit zu den wichtigsten Gebieten geistiger Arbeit.«

»Er ist es, der die Lust nach Abenteuern, den Wandertrieb zu vereinigen weiss mit wissenschaftlicher Forschung, der die gefahrvollen Beobachtungen in den Eismeeeren des hohen Nordens, in den Urwäldern der Tropen, den glühenden Wüsten und endlosen Steppen zu verwerthen versteht für die ernste Arbeit des Studierzimmers.«

Mit diesen Worten des durchlauchtigsten Protector's dieser hochansehnlichen Gesellschaft lassen Sie mich beginnen. Nicht ohne Absicht habe ich sie an die Spitze meiner Ausführungen gestellt; denn ich vermag mich ebensowenig in die hohen Alpenregionen zu erheben, um die Naturschönheiten zu schildern, an denen sich das menschliche Auge weidet, als ich mich Ihnen nicht als Führer anbieten darf, der Sie in das Reich des Berggeistes geleiten könnte; weder von der Farbenpracht der tropischen Fauna und Flora, welche sich unter den versengenden Strahlen der Sonne entwickelt, noch von dem erhabenen Schauspiel treibenden Eises und den Eigenthümlichkeiten des Polarlebens überhaupt kann ich Ihnen erzählen; — ich muss, sofern ich dem gewählten Thema meines Vortrages gerecht werden will, »an der Erdscholle« haften bleiben und Sie bitten, mir in die Studirstube des Geodäten zu folgen.

Es könnte dem zu behandelnden Gegenstande nur zum Vortheile gereichen, wenn ich gleichsam als Einleitung zu den eigentlichen Ausführungen mit einer geschichtlichen Darstellung der in Rede stehenden Frage beginnen wollte. Indessen lässt mich ein so auserwählter Kreis von hervorragenden Fach-

männern auf verwandten Gebieten dieser Versuchung widerstehen, so dass ich mich, des Zusammenhanges wegen, nur mit einem ganz dürftigen Skelett begnüge.¹⁾

I.

Die Mythen und Sagen der alten Dichter lassen uns nur ahnen, welche eigenthümlichen Begriffe unsere Urväter von der Natur und den in ihr wirkenden Kräften hatten. Dass in dem grossen Weltenraume etwas schweben könnte, das war für den auf einer so niedrigen Culturstufe stehenden Menschen nicht leicht fassbar; Alles musste seine directe Unterstützung haben.

Soweit unsere Kenntniss zurückreicht, wissen wir, dass sich die Alten unsere Erde als flache Scheibe dachten, auf welcher sie das Himmelsgewölbe aufruhcn liessen. Homer schildert uns dieselbe vom Okeanos umschlossen und lässt erst diesen an den Himmel grenzen, dessen grössere und kleinere Leuchten in die blauen Wogen des grossen Weltmeeres tauchten, um gebadet wieder emporzusteigen. Aufmerksame Schiffer wollen, nach Aufzeichnungen von Thales von Milet, sogar das Zischen gehört haben, welche das Eintauchen der feurigen Sonnenkugel begleitete, die am nächsten Morgen in gleicher Pracht aus den vergoldeten Pforten emporstieg, welche ihr die Morgenröthe mit ihren rosigen Fingern erschloss.

Anders die Inder; welche Vorstellung sie von der Erdgestalt sich gebildet, ist uns eigentlich nicht bekannt geworden. Wir wissen nur, dass sie diesen Weltkörper von übereinander gereihten Stützen getragen dachten, ohne darüber nachzuforschen, was denn das Fundament der letzten Stütze sei. Mit einiger Sicherheit wissen wir nur, dass dieser durch ebenso hohe Weisheit als hohes Alter berühmte Volksstamm das Problem zu lösen suchte: welchen Weg denn die Sonne in der Nacht einschlage?

Ich übergehe all' jene für die Culturgeschichte gewiss hochinteressanten Erscheinungen, welche die Vorstellung von der vollkommensten Körperform mit der Form des Erdkörpers identificirten, um sogleich des kühnen Schrittes zu gedenken,

¹⁾ Näheres findet man in meinem Vortrage: »Zweck und Aufgabe der europäischen Gradmessung.« Wien. Seidel. 1882, woselbst man auch reichliche Literaturangaben findet.

welchen der menschliche Geist unternommen, als er sich die Erde kugelförmig und im Raume schwebend dachte und damit gleichzeitig den Weg zu der Erkenntniss bahnte, dass sie den Stützpunkt in sich selbst trage und so auch den Okeanos rings um sich im Gleichgewicht erhalte.

Freilich musste sich mit dieser Vorstellung anfänglich auch jene von der isolirten Stellung unserer Erde im Raume verknüpfen, und es musste ihr auch die Stellung im Mittelpunkte der Welt angewiesen werden. Indessen, als alle Bemühungen, durch concentrische Kreise den Lauf der Planeten zu erklären, scheiterten, und excentrische Kreise die Möglichkeit benahmen, die nicht mehr im Mittelpunkte des Weltalls befindliche Erde im Raume schwebend zu erhalten, da erstand in Copernicus jener geniale Geist, der nachgewiesen hatte, dass die Kugelgestalt der Erde nicht deren centrale Stellung bedinge, weil die Schwerpunkte der anderen Weltkörper nach ihr nicht als dem Mittelpunkte der Gesammtheit, sondern nur als dem Centrum anziehender Massen überhaupt gravitiren. In diesem Gedanken müssen wir unzweifelhaft die ersten Anklänge an das die ganze Weltordnung beherrschende Gesetz der allgemeinen Schwere erkennen.

Damit wurde also die Erde aus ihrer Ruhe aufgerüttelt; nicht sie durfte mehr im Mittelpunkte des Weltalls thronen, sondern musste den ihr zgedachten Platz der Sonne räumen. Dass dem so sein müsse, das konnte ein dem Zeitgeiste voraneilendes Genie erkennen; die grosse Menge widerstrebte solchem »gottcsklästerischen« Beginnen; — und indem man sich hinter Worte der heiligen Schrift verschanzte, glaubte man der Erde Halt gebieten zu können. Fern sei es von mir, von diesem Platze aus irgend welche Reminiscenzen zu wecken, Reminiscenzen, die weder dem Ernste des Gegenstandes, noch der Würde des der hehren Wissenschaft geweihten Ortes angepasst wären; doch das darf ich heute nicht verschweigen, dass am 22. Juni d. J. ein Vierteljahrtausend verflossen sein wird, dass Galilei in derselben heiligen Stadt, der Copernicanischen Lehre abzuschwören genöthigt wurde, in welcher 220 Jahre später ein Jesuit, P. Secchi, in der Kirche des heil. Ignatius den experimentellen Beweis für die Achsendrehung der Erde mittelst des Foucault'schen Pendels erbringen durfte.

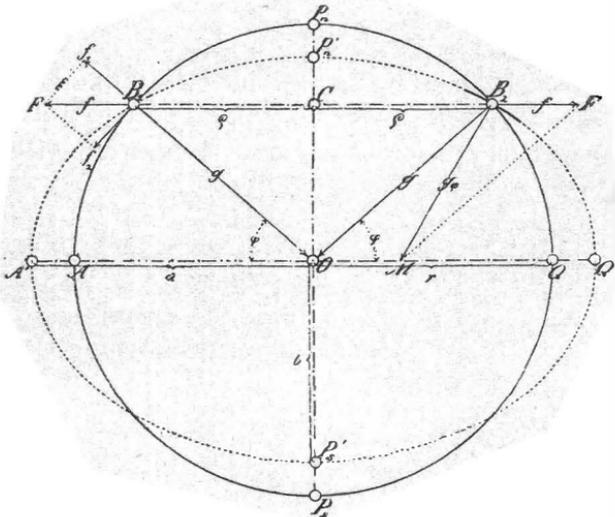
Die Annahme von der Kugelgestalt der Erde musste jedoch bald einer besseren Einsicht weichen. Bald, nachdem Newton das Gesetz der allgemeinen Gravitation (1666) ausgesprochen hatte, begab sich über Auftrag der Pariser Akademie Jean Richer nach Cayenne (5° n. Br.) zur Beobachtung einer Mars-*Opposition* behufs Bestimmung der Sonnen-*Parallaxe*; hier machte er die Bemerkung, dass er das Pendel seiner Uhr um $\frac{1}{4}$ Pariser Linien verkürzen müsse, wenn es ebenso wie in Paris ($48^{\circ} 50'$ n. Br.) Secunden schlagen solle; nach Paris zurückgekehrt, erschien es aber wieder nothwendig, dieses Pendel auf die frühere Länge zu adjustiren. Entgegen der allgemeinen Ansicht, dass dieser Umstand auf Temperatur-Einflüsse zurückzuführen sei, erklärte Newton im Vereine mit Huygens, dass diese Erscheinung nur die Folge der durch die Rotation der Erde erzeugten Schwingkraft sei. Ja Newton bewies nicht blos, dass zufolge der Gesetze der Schwere und der Centralbewegung die Erde ein an den Polen abgeplattetes Sphäroid sei, sondern er berechnete sogar unter Voraussetzung einer gleichförmigen Dichtigkeit der Erdmassen das Verhältniss der Achsen der Rotations-Ellipse mit 230:229, während Huygens unter der Annahme der Concentrirung der gesammten Massen in einem kleinen centralen Kerne von unendlich grosser Dichte dieses Verhältniss zu 578:577 gefunden hatte.

II.

Es dürfte sich vielleicht empfehlen, an dieser Stelle einige Erklärungen anzufügen. Wir betrachten in Fig. 1 den mit dem Halbmesser r gezogenen Kreis als Meridianschnitt der kugelförmig gedachten Erde; AQ ist der Aequator, P_1, P_2 die Rotationsachse. Der in der Polhöhe φ gelegene Punkt B_1 , welcher den Abstand ϱ von der Rotationsachse besitzt, befindet sich unter der Einwirkung zweier Kräfte, nämlich der gegen den Mittelpunkt O gerichteten Schwere $g = B_1O$, und dann der durch die Rotation der Erde bedingten Schwingkraft f , welche letztere das Bestreben hat, denselben vom Mittelpunkte der Erde zu entfernen. Nach Richtung und Grösse ist diese Centrifugal- oder Flihkraft durch die Strecke B_1F dargestellt und kann in die beiden Componenten f_1 und f_2 zerlegt werden, von welchen die eine (f_1) der Richtung der Schwere entgegenwirkt, die andere (f_2) darauf senkrecht steht.

Um den Betrag f_1 wird also die Schwere g vermindert. Für dem Aequator näher gelegene Punkte ist die aus der täglichen Achsendrehung resultierende Umfangsgeschwindigkeit grösser, als für den Polen näher gelegene Orte, daher auch die Fliehkraft f , bez. deren Componente f_1 von den Polen gegen den Aequator hin zunehmen muss. Sie erreicht für diesen ihren grössten Werth und wird an den Polen gleich Null. Demzufolge muss also die Beschleunigung der Schwere vom Aequator gegen die Pole hin zunehmen.

Fig. 1.



Die Pendelschwingungen erfolgen nun unter dem Einflusse der Schwere. Aus der zwischen der Schwingungszeit t , der Pendellänge l und der Beschleunigung g stattfindenden Relation

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \dots \dots (1)$$

folgt, dass die Schwingungszeit t mit der Zunahme von g abnimmt; ein und dasselbe Pendel muss demnach am Aequator schneller, und je näher den Polen langsamer schwingen, oder aber, falls die Schwingungsdauer zweier Pendel an der Polhöhe nach verschiedenen Orten gleich sein soll, muss das dem Aequator näher gelegene kürzer sein, als das von demselben entferntere.

Die zweite Componente der Fliehkraft, die Tangentialkraft f_2 hat offenbar die Tendenz, den Punkt B_1 von den Polen weg gegen den Aequator zu bewegen, also die Ausdehnung in der Richtung der Rotationsachse zu vermindern, jene in Bezug auf

den Aequator zu vergrössern. War die Erde im Urzustande flüssig oder auch nur eine plastische Masse, so konnte sie in Folge dessen die Kugelgestalt nicht bewahrt haben, weil sonst kein Punkt ihrer Oberfläche sich im Gleichgewichtszustande befinden könnte. Dieser kann nämlich nur dann statthaben, wenn die sämmtlichen, an jedem Punkte wirkenden Kräfte sich zu einer Resultirenden vereinigen lassen, deren Richtung senkrecht auf der Oberfläche steht. Wir nennen eine solche Fläche, welcher diese Eigenschaft zukommt, dass die Richtung der Gesamtwirkung für jeden ihrer Punkte mit der diesem Punkte zukommenden Normalen zusammenfällt, eine Gleichgewichts- oder Niveaufläche, und erkennen sohin, dass die allgemeine Figur der Erde nur eine solche Niveaufläche sein kann.

Was von dem Punkte B_1 gesagt wurde, hat selbstverständlich seine Geltung für jeden anderen Punkt, also auch für B_2 . Die auf ihn einwirkenden Kräfte g und f vereinigen sich zu der Resultirenden g_0 , auf welcher für den Zustand des Gleichgewichtes das Flächenelement in B_2 normal gerichtet sein muss. Die Erdmeridiane können daher nicht Kreise sein, vielmehr müssen sie sich im Allgemeinen durch Ellipsen von der in der Fig. 1 durch die gestrichelte Linie gezeichneten Form und Lage darstellen lassen. Die Grösse der beiden Halbachsen ist daselbst mit a und b eingetragen. Die Erde muss also nothwendigerweise die sphäroidische Gestalt besitzen und an den Polen abgeplattet sein. Die dem Aequator näher gelegenen Punkte haben demgemäss eine grössere Entfernung von der Rotationsachse, wesshalb auch zufolge des Gravitations-Gesetzes die Anziehung zum Mittelpunkte der Erde (g) kleiner, die Fliehkraft (f), also auch die Componente f_1 wegen der gesteigerten Umfangsgeschwindigkeit grösser wird, sohin die Beschleunigung der Schwere umsomehr vom Aequator gegen die Pole hin zunehmen muss.

Diese von der Theorie aufgestellten Sätze durch Messungen zu erweisen, musste die wissenschaftliche Welt als ihre nächste Aufgabe betrachten. Die von der Pariser Akademie zu diesem Zwecke nach Peru und Lappland zur Vornahme von Gradmessungen ausgerüsteten Expeditionen lieferten Resultate, welche die Newton'sche Behauptung rechtfertigten. Indem man nämlich diese beiden Gradmessungen in Combination gezogen hatte,

erhielt man als Werth der Abplattung $\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{215}$, aus der peruanischen und der Picard'schen im Meridian von Paris aber $\alpha = \frac{1}{304}$.

Aber auch die Schweremessungen bestätigten diese Hypothese. Von einem Rechnungsfehler abgesehen, erhielt nämlich La Place in seiner »*Mécanique céleste*« aus den bis zu jener Zeit bekannt gewordenen Resultaten für die Abplattung den Werth $\alpha = \frac{1}{315}$.

Daneben fand er aber auch, indem er die Beziehungen zwischen der Figur der Erde und der Anordnung ihrer Massen, der Grösse der Anziehung zwischen ihr, der Sonne und dem Monde, sowie endlich der Bewegung der Erdachse in Bezug auf die Theorie der Mondbewegung aufgestellt hatte, dass sich aus denjenigen Störungen der Mondbahn, welche in der nicht vollkommenen Kugelgestalt der Erde ihren Grund haben, die Abplattung der letzteren im Mittel zu $\alpha = \frac{1}{304.5}$ ergibt.

Indem La Place auch die Resultate der bis dahin ausgeführten Gradmessungen zu verwerthen suchte, stellte er sich die Aufgabe, jenes Ellipsoid zu finden, welches sich den Beobachtungsdaten so nahe als möglich anschliesst. Wiewohl ihm eine ziemliche Annäherung gelang, so zeigten sich doch Differenzen, welche das Ellipsoid wohl als Hypothese gelten, die mathematische Oberfläche der Erde jedoch nicht ohneweiters als solches definiren lassen.

III.

Bevor wir in diesen Betrachtungen weiter schreiten, dürfte es nothwendig erscheinen, auf das Wesen der Gradmessungen und Pendelbeobachtungen, oder die Bestimmung der Intensität der Schwere überhaupt, etwas näher einzugehen.

Der Gradmessung selbst liegt ein Triangulirungsnetz zu Grunde, welches durch Messung einer Basis, der Dreieckswinkel, sowie durch auf astronomischem Wege zu ermittelnde Coordinaten, sei es Polhöhe, Azimuth oder Länge, festgelegt erscheint. Dieses so gebildete Polyeder mit den durch Zenith-

distanzen gebildeten Verticalsystem liegt auf der physischen Oberfläche der Erde.

Die Beziehung auf das Rotations-Ellipsoid, dessen kleine Achse in die Erdachse fällt, erfolgt in der Art, dass man sich durch die einzelnen Netzpunkte Normalen gezogen denkt und deren Fusspunkte in richtiger Weise zu ellipsoidischen Dreiecken verbindet. Durch entsprechende Reduction findet man aus den gemessenen Dreieckswinkeln die Winkel der ellipsoidischen Dreiecke, deren Auflösung endlich die geodätischen Abstände liefert, welche zu den, den astronomischen Stationen correspondirenden Parallelkreisen des Ellipsoides gehören. Von allen anderen Einflüssen abstrahirt, wird von der Wahl der Grösse und Form dieses letzteren die Grösse der sich ergebenden Differenzen zwischen den astronomisch bestimmten und geodätisch ermittelten Coordinaten der einzelnen Punkte abhängen. Um die letzteren in möglichste Uebereinstimmung zu bringen, wurden zwei Wege eingeschlagen. Legendre berechnete nämlich sein Ellipsoid unter der Bedingung, dass die Summe der Quadrate der Differenzen zwischen den beobachteten und berechneten Polhöhen der einzelnen Punkte ein Minimum werde; nach dieser Methode ging auch Bessel vor, der bekanntlich Anfang der Vierziger-Jahre 10 der besten Gradmessungen zur Ableitung der Form und Dimension der Rotations-Ellipse verwendete und damit Daten lieferte, welche sich seither in Deutschland als die wahrscheinlichsten Werthe der Dimensionen des Erdkörpers Geltung zu verschaffen wussten. Walbeck hingegen bestimmte das Ellipsoid so, dass die Quadratsumme der Differenzen der Amplituden ein Minimum werde.

Den relativen Werth dieser beiden Methoden gar nicht in Betracht ziehend, hat für uns das Ergebniss derselben insofern einen Werth, als uns dasselbe zur Evidenz darlegt,

1. dass sich das Rotations-Ellipsoid für die meisten Zwecke der Praxis hinreichend genau an die streng mathematische Figur der Erde anschliesst, und

2. dass die Differenzen zwischen den astronomisch bestimmten und auf Grund der Hypothese gerechneten Coordinaten zwar gering sind, in vielen Fällen jedoch so bedeutend werden, dass sie nicht der Beobachtung in die Schuhe geschoben, also nicht als unvermeidliche Beobachtungsfehler betrachtet werden

dürfen, vielmehr ihren Grund in anderen Umständen haben müssen.

Man darf also, um mich eines Vergleiches zu bedienen, sagen: Mit derselben Berechtigung, mit welcher man für Zwecke der niederen Geodäsie, der Feldmesskunst, die Ebene als ideale Oberfläche substituirt, mit derselben Berechtigung darf man in der höheren Geodäsie das Ellipsoid für die mathematische Oberfläche der Erde setzen.

Diese Erkenntniss allein darf jedoch dem Geodäten nicht genügen. Sein Augenmerk muss vor Allem darauf gerichtet sein, der Ursache dieser sich ergebenden Differenzen nachzugehen, um auf solche Weise die Aufgabe nach der Figur der Erde schrittweise ihrer Lösung zuzuführen.

Wenn wir unsere Winkel-Instrumente in's Auge fassen, so erkennen wir sofort, dass dieselben auf der Lothrichtung aufgebaut erscheinen. Mit denselben ermitteln wir die Polhöhe der einzelnen Stationen, ihren Längenunterschied und endlich auch das Azimuth einer Richtung. Wie sollen aber diese astronomischen Coordinaten sich fehlerfrei darstellen, wenn möglicherweise die Lothrichtung selbst eine Ablenkung erfahren hatte? — Dass diese aber nicht unbedeutend ist und zuweilen in ganz regelloser Weise erfolgt, darüber liegen schon sehr instructive Beispiele vor.

Diese Lothablenkungen oder Lothstörungen äussern sich aber gerade in der Nichtübereinstimmung der durch geodätische Uebertragung ermittelten astronomischen Coordinaten. Nicht als ob man erst jetzt zu ihrer Kenntniss gelangt oder gar durch ihr Auftreten überrascht worden wäre; denn schon Newton machte den Vorschlag, die durch Einwirkung der Bergmassen sich ergebenden Ablenkungen der Lothrichtungen für Zwecke der Dichtebestimmung des Erdkörpers zu verwerthen: man hat ihnen aber für Zwecke der Gestaltbestimmung der Erdoberfläche nicht jene weitgehende Bedeutung geschenkt, welche sie eigentlich verdienen; denn indem man sie gleich zufälligen Beobachtungsfehlern behandelte, hat man sich eigentlich nur auf die Constatirung ihres Vorhandenseins beschränkt.

Dass aus den Schwermessungen auf Grund des Clairaut'schen Theorems die Abplattung gefunden werden

kann, ist bekannt. Es ist nämlich das Ergebniss der Theorie, welche uns lehrt, dass zwischen der Abplattung α , dem Verhältnisse der Zunahme der Schwere vom Aequator (g_0) zum Pole (g_{90}) und der Schwerkraft am Aequator (f_0) ein einfaches Verhältniss besteht, welches unabhängig ist von der Vertheilung der Massen im Innern unseres Planeten.²⁾ Es ist nämlich:

$$\alpha = \frac{5}{2} \frac{f_0}{g_0} - \frac{g_{90} - g_0}{g_0} \dots (2,$$

worin f_0 durch Rechnung zu bestimmen ist, g_0 und g_{90} aber durch Pendelbeobachtungen oder in anderer Weise ermittelt werden können.

Was nun zunächst die Pendelbeobachtungen anlangt, so braucht nur auf die bereits unter (1) angezogene Formel für die Schwingungsdauer hingewiesen werden, welche für kleine Elongationen ihre volle Giltigkeit besitzt. Ist nämlich das schwingende Pendel selbst ein Secundenpendel, so ist $t = 1$, und die Schwere des betreffenden Ortes folgt aus der Gleichung $g = \pi^2 l$.

Man hat demnach nur nöthig, an einem bestimmten Punkte, dessen Polhöhe bekannt ist oder ermittelt werden muss, die Anzahl Pendelschwingungen zu beobachten und hieraus die Länge des Secundenpendels abzuleiten. Freilich spielt sich der ganze Vorgang in jener Einfachheit, als er hier zur Darstellung gebracht wurde, nicht ab; denn in Folge verschiedener Einflüsse, die theils in der zur Verwendung gelangenden Form des Pendels, theils auch noch in anderen Dingen liegen, müssen eine Anzahl von Reductionsdaten erhoben werden, um schliesslich jene Correctionen an dem Messungsergebnisse anzubringen, welche dasselbe als die richtige Länge des Secundenpendels erscheinen lassen.

Neben dem Pendel hat aber in letzter Zeit ein von William Siemens erfundenes und ursprünglich für Tiefseemessungen bestimmtes Instrument viel von sich reden gemacht; es ist das Bathometer.³⁾ Dasselbe beruht auf der constant

²⁾ Dieser Satz gilt insolange, als man nur die ersten Potenzen der Abplattung in Betracht zieht.

³⁾ Ueber dessen Einrichtung vergleiche man u. A. Dingler's Polytechnisches Journal. Bd. 221. 1876. Pag. 48.

bleibenden Elasticität einer Feder und gestattet zwar nicht die absoluten Beträge der Schwere, wohl aber die Aenderungen derselben zu bestimmen. Zwar sind diesfällige Resultate der Oeffentlichkeit noch nicht übergeben; indessen lässt sich hoffen, dass mit der Ausbildung der übrigens schon von J. W. Herschel⁴⁾ ausgesprochenen Idee, Resultate erhalten werden, die der Pendelmessung an Genauigkeit nicht nachstehen, jedenfalls aber in viel einfacherer Weise und mit viel weniger Aufwand an Zeit und Kraft zu gewinnen sein werden.

IV.

Wenn wir die aus den Gradmessungen und Pendelbeobachtungen gefolgerten Werthe der Abplattung in Betracht ziehen, so gibt sich uns in Bezug auf die Grösse derselben eine Verschiedenheit zu erkennen, die sich folgerichtig in der hieraus abgeleiteten Figur der Erde ausprägt. Vergleicht man die ad 1—11 in der Columne »Abplattung« der nächstfolgenden Tabelle eingetragenen Zahlen, welche sich sämmtlich auf Rotations-Ellipsoide beziehen, welche aus Gradmessungen abgeleitet wurden, so ergibt sich, dass die Rechnung seit Beginn dieses Jahrhunderts für die Abplattung immer grössere Werthe lieferte, die in ihren Extremen um nahezu 14⁰/₁₀ von einander differiren. An der Verschiedenheit dieser Rechnungsergebnisse sind nicht vielleicht die von den einzelnen Rechnern gemachten Hypothesen schuld, vielmehr sind dieselben nur die Folge des Einflusses, welche das Hinzufügen neuer oder das Weglassen älterer Gradmessungen zu üben vermochte. Diese Thatsache spricht wohl ganz deutlich dafür, dass man aus Gradmessungen nicht mehr folgern kann, »als die Bestimmung desjenigen Sphäroides, welches allen zusammengenommen möglichst nahe, sicher aber nicht jeder Stelle der Oberfläche entspricht.«⁵⁾

⁴⁾ Outlines of Astronomy, 1849. Art. 234.

⁵⁾ Bessel F. W. Ueber Mass und Gewicht im Allgemeinen und das preussische Längenmass im Besonderen in: Schumacher, Jahrbuch für 1840. Pag. 139.

	Gerechnet von	Jahr	Grosse Axe a	Kleine Axe b	$a - b$	Abplattung α	Mittlerer Erd- halbmesser $r = \sqrt[3]{aab}$	Länge einer geographi- schen Meile
			Meter	Meter	Meter		Meter	Meter
1	Delambre	1800	6,375.653	6,356.564	19.089	1:334	6,369.284	7.418·51
2	Walbeck	1819	6,376.896	6,355.833	21.062	1:302·781	6,369.868	7.419·85
3	Schmidt	1830	6,376.945·4	6,355.520·9	21.424·5	1:297·648	6,369.796	7.419·91
4	Airy	1830	6,377.490·5	6,356.184·3	21.306·0	1:299·33	6,370.380	7.420·55
5	Bessel	1841	6,377.397·16	6,356.078·96	21.318·20	1:299·153	6,370.283	7.420·44
6	Clarke	1856	6,377.935·8	6,356.521·0	21.413·8	1:297·72	6,370.790	7.421·06
7	Clarke	1858	6,378.293·7	6,356.618·0	21.675·7	1:294·26	6,371.060	7.421·49
8	Clarke	1861	6,378.253·6	6,356.614·4	21.639·2	1:294·754	6,371.032	7.421·43
9	Clarke	1863	6,378.288·2	6,356.620·1	21.668·1	1:294·36	6,371.057	7.421·47
10	Pratt	1863	6,378.245·2	6,356.643·3	21.601·9	1:295·263	6,371.036	7.421·42
11	Clarke	1866	6,378.206·4	6,356.583·8	21.622·6	1:294·979	6,370.990	7.421·37
12	Ph. Fischer	1868	6,378.338·3	6,356.229·6	22.108·7	1:288·50	6,370.960	7.421·53
13	Listing	1872	6,377.365·0	6,355.298·0	22.067·0	1:289·00	6,370.000	7.420·40
14	Listing	1878	6,377.377·0	6,355.270·0	22.107·0	1:288·48	6,370.000	7.420·42

Die letzten drei Ellipsoide (12—14) tragen eigentlich, was ihre Form anlangt, den Typus der aus den Schweremessungen sich ergebenden Ellipsoide an sich. Es ist eine durch die Beobachtung zur Evidenz erwiesene Thatsache, dass man in Bezug auf die Abplattung differente Werthe erhält, je nachdem man dieselben aus Gradmessungen oder Schweremessungen ableitet; während die erstere den Werth von rund $\frac{1}{294}$ noch nicht überschritten hat, beträgt letztere im Mittel $\frac{1}{289}$, kommt also dem Verhältnisse der Schwerkraft am Aequator und der Schwere daselbst sehr nahe.

Es ist unbestreitbar, dass, sofern es sich um die Figur der Erde handelte, bis in die jüngste Zeit, die Gradmessungen als zur Lösung dieser Frage in erster Linie geeignet erkannt wurden. Wenn auch nicht der Umstand, dass dadurch unter Einem auch die Frage nach der Grösse der Erde ihre Beantwortung findet, vor Allem massgebend war, so schien er doch nicht eine so untergeordnete Rolle gespielt zu haben. Thatsache aber ist, dass die Schweremessungen erst in der letzten Zeit mehr in den Vordergrund getreten sind.

Schon bei Gründung der europäischen Gradmessung machte Baeyer auf diese Differenz zwischen den aus dem Resultate beider Methoden sich ergebenden Abplattung aufmerksam und erkannte in der Vervielfältigung der Beobachtungen die einzige Möglichkeit, die Ursache zu ergründen.⁶⁾ Seither hat man sich vielseitig dieser Frage bemächtigt; man hat sogar für Zwecke der Ermittlung der Figur der Erde nur die Schweremessungen für geeignet erklärt und wollte die Gradmessungen nur dann mitsprechen lassen, sofern es sich um die Ermittlung der Grösse der Rotations-Ellipse handelt.⁷⁾

⁶⁾ Baeyer J. J. Ueber die Grösse und Figur der Erde. Berlin. Reimer. 1861.

⁷⁾ Fischer Ph. Untersuchungen über die Gestalt der Erde. Darmstadt. Diehl. 1868.