



Geologische Bundesanstalt
Bibliothek

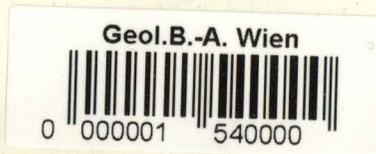
24.714,8

82

24714

1. Auf.

Schwimmer



Über die Gestalt der Erde.

Von Robert Swinnewer in Graz.

Es empfiehlt sich nicht, die Gestalt der Erde als dreiaxiges Ellipsoid anzusehen (bzw. in γ_0 ein Längenglied nach 2λ mitzunehmen). Das Rotationsellipsoid dürfte die geodätischen Daten mit ziemlich der gleichen Genauigkeit darstellen, aber bequemer, und es ist stabile Gleichgewichtsfigur; nur eine solche kann aber weiteren geophysikalischen Untersuchungen (Isostasie z. B.) zugrunde gelegt werden.

Neuestens kann man öfter lesen, es wäre aus den Schweremessungen „nachgewiesen worden“, daß die Erde die Gestalt eines dreiaxigen Ellipsoides hätte. Um das diskutieren zu können, müssen wir uns klar machen, was wir unter „Gestalt der Erde“ verstehen wollen. Sicherlich nicht die Oberfläche der Erd-feste mit allen ihren Unregelmäßigkeiten. Aber auch die Niveaufäche der Schwere, die durch das Meer unmittelbar gegeben und auch unter den Kontinenten ohne Schwierigkeit definiert werden kann (wenn auch theoretisch mehrere Definitionen möglich sind, die aber ziffernmäßig sehr wenig voneinander abweichen) kann nicht ohne weiteres dafür genommen werden; denn diese, das Geoid, ist kaum weniger unregelmäßig als die physische Erdoberfläche; sind die Amplituden ihrer Wellungen auch geringer, die Zahl der relativen Maxima und Minima kann im wesentlichen nur dieselbe bei beiden sein. Unter Gestalt der Erde versteht man aber stets eine ideale geometrisch definierte Fläche, auf welche man dann die physische Oberfläche oder das Geoid beziehen will. Durch direkte Vermessung ist deren Gestalt nicht zu ermitteln, einfach schon deswegen, weil eben diese Fläche in Praxis bei jeder geodätischen Operation als Basis mit einbezogen worden ist. Zu diesem Zweck kann man die Schweremessungen verwenden, und zwar, weil die Richtungsmessungen (Lotabweichungen) noch nicht in ein erd-umspannendes System gebracht worden sind, einzig die Messungen des skalaren Wertes der Schwerebeschleunigung (g). Wie jede über eine kugelförmige Oberfläche verteilte Charakteristik kann man die Werte von g in eine Reihe nach Kugelfunktionen entwickeln, die der Theorie nach stets konvergieren muß. Aber damit ist nicht gesagt, daß man die Reihe nach jedem beliebigen Glied abbrechen kann oder soll*).

*) Untersuchungen über das Restglied kommen hier wohl nie in Betracht.

24.714,8

Zweckmäßig wird man den Schnitt dort legen, wo die Reihe schneller fällt. Das trifft zu für die alte Formel über die Normalschwere (Helmert, 1901), der die Annahme eines abgeplatteten Rotationsellipsoides als Erdgestalt entspricht; denn die Glieder, die nach $\sin^2\varphi$ kommen, sind wesentlich kleiner, und man kann daher sagen, daß das Ziffernmaterial bei der erreichten Genauigkeitsstufe dieser Annahme besser entspricht als irgend einer anderen. Man scheint nun zu meinen, daß das Mitnehmen weiterer Glieder der Reihenentwicklung auf alle Fälle eine Verbesserung bedeuten müsse, also auch die Hinzufügung eines Längengliedes nach 2λ und der entsprechende Übergang zum dreiaxigen Ellipsoid; allerdings ohne Beweis oder auch nur Untersuchung, ob damit die Genauigkeit wirklich erhöht worden wäre. Ich will nicht so sehr darauf bestehen, daß rein formell das Ergebnis der Rechnung alles eher als imponierend ist. Schon der erste Berechner des fraglichen Längengliedes (Berroth) fand es nötig, angesichts des verhältnismäßig sehr großen mittleren Fehlers zu diskutieren, ob dem Resultat überhaupt Realität zuzusprechen sei. Wichtiger ist folgender, im Wesen des Problems begründeter Einwand: Schon beim oberflächlichen Ansehen fällt auf, daß die Erd-feste eine Art dreizählige Drehsymmetrie um die Polarachse aufweist (sonst wäre nicht soviel Unsinn über das Erdtetraeder geschrieben worden). Daher ist zu vermuten, daß von den Längengliedern die nach 3λ oder Vielfachen davon größer als die anderen der Reihe sein werden. Möglich wäre schon, daß die isostatische Kompensation das verwischt, aber ohne spezielle Untersuchung wird man das nicht fest behaupten dürfen. Daher ist es eine Selbsttäuschung, zu glauben, daß die Formel mit Längengliedern, ohne Berücksichtigung dieser evidenten Symmetrie berechnet, besser und das dadurch gewonnene Resultat genauer sein sollte als überhaupt ohne jedes Längenglied.

Wir wollen nun von diesen formellen Erwägungen absehen und auch von der an sich nicht von der Hand zu weisenden Erwägung, daß das Rotationsellipsoid die geometrische Berechnung leichter als eine andere Figur gestattet, und die Frage aufwerfen, ob es vom Standpunkt der Geophysik zweckmäßig ist, die Unregelmäßigkeiten der oberflächlichen Massenverteilung in die Formel für γ_0 (die Normalschwere) hineinzuziehen und durch höhere Kugelfunktionen darzustellen. Als Idealfigur der Erde kann geophysikalisch doch nur eine stabile Gleichgewichtsfigur gelten*).

Nun ist das dreiaxige Ellipsoid wohl eine Gleichgewichtsfigur; aber bei der gegebenen Winkelgeschwindigkeit nicht stabil, wohl aber das Rotationsellipsoid, und wir wissen auch, daß das reale Geoid von einem solchen nie viel, gewöhnlich nur wenige Meter abweicht.

Man verstehe recht, die bisherigen Messungen haben ergeben, daß die Massenverteilung an der Erdoberfläche ziemlich so ist, wie sie für den Zweck

*) Die Stabilität der Gleichgewichtsfigur als Ausgangssituation müssen wir fordern, weil wir ja von Abweichungen vom Gleichgewicht und Ausgleichsbewegungen handeln wollen. Bei solchen müßte eine instabile Figur zu allererst in die stabile umspringen. Es ist höchst unwahrscheinlich, daß sich bei dem von so vielen Umwälzungen heimgesuchten Erdkörper eine instabile Gleichgewichtsfigur herausbilden oder längere Zeit würde erhalten können, und jedenfalls kann bei allen Vorgängen dieser Art nur die stabile Gleichgewichtsfigur als Norm und Endziel gelten.

möglichster Anpassung eines hydrostatischen stabilen Gleichgewichts sein müßte. Geophysikalisch ist das sehr plausibel. Darum drehen wir jetzt den Gedankengang um, betrachten diesen idealen Gleichgewichtszustand: Rotationsellipsoid (-sphäroid) von „Sima“ mit darauf im Gleichgewicht schwimmenden ungleich dicken salischen Krustenschollen als den Normalzustand der Erde und die feststellbaren Abweichungen als Anomalien. Erst das gibt eine mögliche Basis, die rein geodätischen Daten ins Geophysikalische zu übersetzen: Abweichungen von der Gleichgewichtslage liefern Kräfte, und diese verursachen Bewegungen. Es würde den Sachverhalt ganz undurchsichtig machen, wenn man einen Teil jener Anomalien in der Formel für γ_0 versteckt und derart die bewegenden Kräfte einteilt in solche, die ihren Ursprung hätten in der Abweichung der fingierten Erdgestalt von der stabilen Gleichgewichtsfigur, und in solche, die aus den anderen Bewegungsursachen stammen. Beides setzt sich doch immer zu einer Resultierenden zusammen, und die muß genau dieselbe sein, wie sie sich nach unserer Auffassung unmittelbar ergibt.

Die Trägheitsfigur der Erde, die aus astronomischen Daten unabhängig von den Schweremessungen bestimmt werden könnte, darf man hier nicht heranziehen. Eine solche Vermischung heterogener Daten würde nichts nutzen. Beispiel: Eine Kugel aus schwerem Sima, auf dem eine leichtere Salkontinenttafel isostatisch ausbalanciert schwimmt. Denkt man nun die g wie gebräuchlich darauf gemessen und dann isostatisch auf die ursprüngliche Kugeloberfläche reduziert, so verschwinden alle Anomalien. (Gewöhnlich allerdings reduziert man mit der aus Nivellement gewonnenen Meereshöhe, d. h. auf das deformierte Geoid. Aber man kann diesen Vorgang ohne weiteres für den korrekten gelten lassen; denn der Unterschied zwischen beiden Reduktionen pflegt nicht über die Fehlergrenze der g , γ und verschiedenen Δg hinauszugehen.) Für diesen Fall ist die Kugel immer die gegebene Idealfigur. An ihrer Stelle ein aus den Trägheitsmomenten abgeleitetes Ellipsoid zu benutzen, würde nur mühsamere Rechnung, aber keine Verbesserung der physikalischen Darstellung bringen; denn an diesem einfachen Fall ist klar zu sehen, daß wohl die Kugel einen Gleichgewichtszustand bedeutet, daß jenes Ellipsoid aber mit dem Gleichgewicht gar nichts zu tun hat*).

Mit einem guten Rechenstift kann man ziemlich viel „nachweisen“; richtiger ausgedrückt die Beschreibung recht verschieden ausgestalten. Vernünftigerweise wird man aber diejenige auswählen, die am einfachsten zu handhaben ist, und diesen Gesichtspunkt der Ökonomie im wissenschaftlichen Denken (Mach) möchte ich auch bei dem Problem der Gestalt der Erde in Erinnerung bringen.

*) Damit erklärt sich leicht, daß Schweydars Berechnung der Trägheitsfigur (diese Zeitschr. Jahrg. II, Heft 4, S. 150) mit der aus den Schweremessungen ermittelten „Elliptizität des Erdäquators“ nicht stimmt. Letztere ist eben ein rein formales Rechenresultat ohne physikalische Realität, was übrigens jemand, der sich durch Paradoxe nicht verblüffen läßt, gleich vermuten wird, wenn die große Achse dieser Ellipse an einem Ende einen Kontinent gerade noch streift, am anderen aber im Stillen Ozean, „wo er am tiefsten ist“, ausläuft. Ich möchte hier nur noch aufmerksam machen, daß Schweydars Annahme, daß ganze Kontinente in hydrostatischen Ausgleichsbewegungen begriffen sind, genau mit meinen Ausführungen (R. Schwiner, Zur Verwertung der Schwerestörungen für die tektonische Geologie, diese Zeitschr. II, S. 132) übereinstimmt; bezüglich weiterer Folgerungen verweise ich auf jenen ersten Aufsatz.