

Werk

Jahr: 1927

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:3

Werk Id: PPN101433392X_0003

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X_0003 | LOG_0085

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain there Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Literatur.

1) Austin und Thwing: An experimental research on gravitational permeability. Phys. Rev. **5**, 294—300 (1897).

2) Laager: Versuch, mit der Drehwage die Abhängigkeit der Gravitation vom Zwischenmedium nachzuweisen. Dissertation Zürich 1904.

3) Erismann: Zur Frage nach der Abhängigkeit der Gravitationskraft vom Zwischenmedium. Vierteljahrsschrift d. Naturf.-Ges. Zürich **53**, 157—185 (1908).

4) Crémien: Verschiedene Arbeiten seit 1905 in den Comptes Rendues hebdom.

5) Bottlinger: Die Gravitationstheorie und die Bewegung des Mondes. Dissertation München 1912. Zur Frage der Absorption der Gravitation. München. Ber. 1914, S. 223—239.

6) De Sitter: The absorption of gravity and the longitude of the Moon. Amsterd. Procecd. **21** (1912).

7) Majorana: On gravitation. Theoretical and experimental researches. Phil. Mag. (6) **39**, 488—504 (1920) und verschiedene Arbeiten in italienischen Akademieberichten.

Halle (Saale), den 5. November 1927.

Die Schwereverhältnisse auf dem Meere auf Grund der Pendelmessungen von Prof. Vening Meinesz 1926.

Von A. Born, Berlin. — (Mit einer Kartenfigur.)

Es werden die von Vening Meinesz 1926 in Atlantik und Pazifik auf seiner zweiten Unterseebootfahrt gemachten 128 Pendelbeobachtungen geologisch ausgewertet. Die Diskussion nach geologisch gleichwertigen Gebieten zeigt, daß der weite ungestörte Ozean eine gravimetrische Annäherung an Null aufweist, und daß die Anomalien der Inselbögen, Saamtiefen und Vulkaninseln geradezu eine geologische Notwendigkeit sind.

In den „Publications of the Nederland Geodetic Commission 1927“ veröffentlicht Vening Meinesz die $(g_0 - \gamma_0)$ -Werte der 128 von ihm auf der Fahrt im Unterseeboot von Holland über Panama nach Java gemachten Pendelmessungen. Die Kenntnis der Schwereverhältnisse der großen Meere wird hierdurch wesentlich bereichert.

Geologisch lassen diese Werte einige sehr wichtige Schlüsse zu, die hier diskutiert werden sollen. Vening Meinesz*) gibt die Anomalien für die γ_0 -Formel von Helmert 1901, von Bowie 1917 und Helmert-Berroth 1915 an. Ich bediene mich im folgenden lediglich der jetzt ziemlich allgemein verwendeten Formel von Helmert 1915, obwohl infolgedessen die Werte nicht ohne weiteres mit den bisher bekannten, in den Borrasschen Tabellen enthaltenen vergleichbar sind, die auf der älteren Formel für γ_0 von Helmert 1901 basieren.

*) Ich bin Herrn Prof. Vening Meinesz zu sehr großem Danke verpflichtet, da er mir die hier diskutierten Werte schon vor der Publikation überließ, so daß es mir möglich war, die geologische Bedeutung bereits in dem genannten Vortrag zu erörtern.

Der Weg der Unterseebootfahrt war etwa folgender: Holland—Azoren—Kanaren—Portoriko—Curaçao—Panama—Mexikoküste—San Franzisko—Honolulu—Marianen—Yap—Philippinen (Manila)—Celebessee—Molukkenstraße—Mollukken—Bandasee—Timorschelf—Flores—Ostjava (Surabaja). Das so überfahrene Gebiet ist geotektonisch außerordentlich verschiedenartig aufgebaut. Neben weitem, anscheinend ungegliedertem Ozeanboden wurde der problematische Bereich der Atlantischen Schwelle zweimal überfahren; ganz junge Vulkanaufschüttungen wurden in Kapverdischen Inseln, Azoren und Honolulu berührt; die jungen Störungsgebiete der Inselbögen mit den tektonisch zugeordneten Saumtiefen (Tiefseerinnen) wurden mehrfach gekreuzt: Portoriko, Mexikotiefe, Marianen, Yap, Philippinen und die Molukkenbögen. Alle die genannten jungen geologischen Störungen stellen Massenstörungen dar, die, wenn das Prinzip der Isostasie zu Recht besteht, sich als Schwereanomalien zur Geltung bringen müssen. Dagegen müßten den großen weiten Ozeanstrecken, die nach dem augenblicklichen Stand unserer Kenntnis frei von solchen jungen Störungen sind, wesentliche Anomalien fehlen.

Es wäre natürlich völlig verfehlt, etwa aus den gesamten Beobachtungswerten oder aus Gruppen von ihnen den Mittelwert zu bilden, um so ein Urteil über die Schwere auf dem Meere zu bekommen. Dadurch würden beobachtete Anomalien eventuell völlig verschleiert. Es werden daher im folgenden die Schwerewerte der einzelnen geologisch unterscheidbaren Bereiche getrennt voneinander behandelt.

Die Schwerewerte werden hier unreduziert als $(g_0 - \gamma_0)$ -Werte diskutiert, da der regionale Schwerecharakter in ihnen am klarsten zum Ausdruck kommt. Alle isostatischen Reduktionen bringen, selbst wenn dabei Voraussetzungen gemacht werden, die als geologisch oder geophysikalisch plausibel gelten dürfen, hypothetische Werte in Rechnung, welche den Wert des Endergebnisses herabsetzen. Im übrigen hat sich herausgestellt, daß bei der Annahme plausibler Voraussetzungen für die isostatischen Reduktionen stets ein sehr wesentlicher Betrag der Anomalie bestehen bleibt. Sieht man aber den Zweck der isostatischen Reduktion darin, die Anomalien zu beseitigen und durch Reduktion Werte zu gewinnen, die möglichst nahe an Null liegen, so ist es, wie von mancher Seite gezeigt wurde, ein leichtes, die — dann allerdings sehr unwahrscheinlichen — Voraussetzungen entsprechend zu wählen. Ein Wert für die Beurteilung des Schwereszustandes der Station kommt solchen Resultaten dann allerdings nicht mehr zu.

1. Die Atlantische Schwelle wurde zweimal berührt. Die beiden ungefähr W—O liegenden Stationsprofile A. und B. sind:

Nr.	Ort	Breite	Länge westl. v. Gr.	Echotiefe m	$[g_0 - \gamma_0]^*)$ 0.001 cm
A. 3	Östlich der Atlant. Schwelle . . .	41° 33.4'	21° 37'	4000	+ 27
4	Über " " " . . .	39 48	24 57	3540	+ 47

*) Sämtliche Schwerewerte werden in Einheiten der dritten Dezimale von g in Zentimetern angegeben.

Nr.	Ort	Breite	Länge westl. v. Gr.	Echotiefe m	$(g_0 - \gamma_0)$ 10^{-3} cgs
B. 18	Östlich der Atlant. Schwelle . . .	24° 03.8'	39° 38.7'	5730	— 10
19	Ostrand " " " . . .	23 44.5	43 03.7	3950	+ 9
20	Über " " " . . .	23 20.6	47 02.1	3530	+ 26
21	Westlich " " " . . .	23 04	50 42.2	4850	+ 10
22	" " " " . . .	23 45.2	54 34.5	5880	— 18

Besonders das Profil B. zeigt klar das Ansteigen der Anomalie mit wachsen der Höhe der Atlantischen Schwelle. Allerdings ist die Anomalie hier nur gering (+ 26) gegenüber Profil A. (+ 47). Eine Klärung erfährt das Problem der Atlantischen Schwelle durch diese wenigen Messungen naturgemäß nicht. Im Zusammenhang mit anderen Untersuchungen dürfte man vielleicht der Antwort auf die Frage nach dem Charakter der Schwelle näherkommen. So hat einerseits die Deutsche Atlantische Expedition des „Meteor“ ein unerwartet lebhaftes Relief der Schwelle nachgewiesen*). Andererseits kommt nach Untersuchungen von E. Tams**), entgegen bisheriger Auffassung, der Schwelle eine erhöhte Seismizität zu, wenn schon diese nicht von der Größenordnung der pazifischen Großbebenherde ist. Immerhin erwecken alle diese Anzeichen den Eindruck, daß in der Schwelle ein tektonisches Gebilde relativ jungen Charakters vorliegt.

2. Vulkanische Inseln. Hierher werden solche Vulkaninseln gerechnet, die nach unserem Stande der Kenntnisse als rein vulkanische Aufschüttungskegel dem Ozeanboden unmittelbar aufgesetzt, und die nicht an irgendwelche Auffaltungszonen geknüpft sind, wie die ostasiatischen Inselbögen. Nr. II., Station 14, Las Palmas, Kanaren kommt hier jedoch nur bedingt in Betracht, da die Kanaren einen Unterbau aus alten metamorphen Gesteinen besitzen. Die folgende Tabelle gibt die vermessenen Gebiete an:

Nr.	Ort	Breite	Länge westl. v. Gr.	Echotiefe m	$(g_0 - \gamma_0)$ 10^{-3} cgs
I. 5	Horta, Azoren	38° 31.78'	28° 37.45'	0	+ 110
II. 14	Las Palmas, Kanaren	28 09.3	15 25.2	0	+ 192
III. 71	Dicht östlich Honolulu	21 45	156 15	5420	— 99
72	Nahe Honolulu	21 09	157 28	520	+ 163
73	Honolulu	21 18.45	157 52	0	+ 211
74	Südwestlich Honolulu	20 48.8	158 36.5	4290	— 17
IV. 76	Südwestlich der Hawaii-Inseln	19 58	165 02.6	4950	+ 10
77		19 30.7	168 28.2	3520	+ 43
78		19 06.7	171 34.8	2640	+ 63
79		18 39.1	174 57.7	1790	+ 85
80		18 06	178 13.5	3820	+ 3
			östl. v. Gr.		
81		17 46.8	179° 33.6'	4890	— 11
82		17 01.7	176 23.7	3080	+ 50
83		16 12.1	171 53.4	5600	— 10

*) A. Defant: Diese Zeitschr. 3, 340 (1927).

**) E. Tams: Ebenda S. 361.

Die Anomalien stehen in enger Beziehung zur zugehörigen Meerestiefe, ein Umstand, der sich schon früher*) bei Auswertung der Heckerschen Schwere-messungen**) auf dem Ozean feststellen ließ.

Die Ursache der großen Überschüsse dieser Vulkaninseln liegt wohl im wesentlichen in der Anhäufung der vulkanischen Massen auf dem Ozeanboden, deren Kompensation noch nicht erfolgt ist. Der Umstand, daß die Anomalie von Honolulu größer als die von Horta und die von Las Palmas, wird vielleicht dadurch verständlich, daß im Gegensatz zu den beiden letztgenannten im Falle Honolulu ausgesprochen basische Ergüsse vorliegen.

Beachtenswert ist das Auftreten der relativ hohen Defizitwerte um die Hawai-Inselgruppe herum (bei Vening Meinesz Stationen Nr. 71 und 74). Auch Hecker konnte bereits zahlreiche Defizitwerte feststellen:

Nörtl. Breite	Länge westl. v. Gr.	Tiefe m	$[\gamma_0 - \gamma_0]^{***})$ 0.001 cm
24° 7'	153° 52'	> 5000	— 36
8 10	163 0	4200	— 165
33 57	134 54	5100	— 61
36 5	129 19	4800	— 28
33 40	135 8	5100	— 28
25 42	150 24	5300	— 64
24 53	151 38	5500	— 34

Diese Beobachtungen legen den Schluß nahe, daß hier ein Randgebiet vom Charakter der Saumtiefen vorliegt, ein Gebiet, das bei Absinken des überlasteten Inselrückens passiv mit in die Tiefe gezerzt wurde, wie Kossmat es für die Saumtiefen der mediterranen Kettengebirge gezeigt hat. Bei den Faltengebirgen liegt Überlastung durch Zusammenschub, hier durch Anhäufung vulkanischen Materials vor.

Submarine Aufragungen wirken ebenso wie die Vulkaninseln, indem sie einen wesentlichen Überschuß erkennen lassen. Das spricht dafür, daß diese Aufragungen gleicher geologischer Entstehung sind.

Die großen Überschüsse der Vulkaninseln halten den Methoden der isostatischen Reduktion stand. So hat Heiskanen †), auf zwei Schwereanomalien der Hawaii-Inseln die isostatische Reduktion angewendet, den Mittelwert + 103 erhalten.

3. Inselbögen und Saumtiefen. An der tektonischen Zusammengehörigkeit der jungen Störungsbögen des ostasiatischen und ostindischen Inselarchipels und der vor- bzw. hintergelagerten „Tiefseegräben“ (= Saumtiefen) besteht kein Zweifel mehr. Während bisher nur Kermadec- bzw. Tongaplateau und Tongarinnu auf 4 Stationen der Heckerschen Fahrt abgependelt waren,

*) A. Born: Lit.-Verz. Nr. 1, S. 24.

**) Hecker: Lit.-Verz. Nr. 5 und 6.

***)) Die Werte basieren auf der γ_0 -Formel von Helmert 1901, sind also zum Zwecke des Vergleiches um etwa 16 bis 20 Einheiten zu verkleinern.

†) Heiskanen: Lit.-Verz. Nr. 7, S. 215. Die Schwerewerte Heiskanens basieren auf seiner Formel für

$$\gamma_0 = 978.052 [1 + 0.005285 \sin^2 \varphi - 0.000007 \sin^2 2\varphi + 0.000027 \cos^2 \varphi \cos 2(\lambda - 180^\circ)].$$

wurden von Vening Meinesz 8 Inselbögen zum Teil mit zugeordneten Saumtiefen überquert:

Nr.	Ort	Breite	Länge	Echotiefe m	(g ₀ - γ ₀) 0.001 cm
			westl. v. Gr.		
A. 26	Portorikotiefe	19° 30'	66° 50.5'	8030	— 341
27	Monapassage (Plateau)	18 23.7	67 42.3	290	— 15
B. 29	Curaçao	12 06.38	68 56.10	0	+ 152
C. 45	Mexikotiefe	17 30.6	103 26.4	5020	— 97
46	"	18 00	103 26.4	3050	— 90
			östl. v. Gr.		
D. 91	Ostrand der Marianenvortiefe .	12 15	146° 00.9'	6690	— 84
92	Über " "	12 46.2	145 38.7	8740	— 247
93		13 04.5	145 18.3	2850	+ 84
94		13 26.8	144 39.8	0 (Guam)	+ 207
95	Marianenplateau	13 41.5	142 52.7	3610	+ 49
96		10 35	140 22.2	2600	+ 79
97		9 56.8	140 04.7	2340	+ 80
E. 98	Yapvortiefe	9 23.3	138 31.3	7720	— 159
99	Yap	9 30.71	138 10.36	0 (Yap)	+ 281
F. 105	Philippinenvortiefe	10 21.2	126 43.8	8740	— 207
106		10 14.8	126 00	52	+ 267
107	Philippinenplateau	13 19	121 37	541	+ 10
108		14 35.18	120 57.92	0 (Manila)	— 17

In allen diesen Fällen hat sich gravimetrisch das gleiche gezeigt: über den Tiefseerinnen ein sehr hohes Defizit, über dem zugehörigen Inselbogen ein Überschuß von gleicher Größenordnung. Damit wird das bestätigt, was Hecker seinerzeit über Kermadec- und Tongaplateau und über Tongarinne festgestellt hatte. Eine Ausnahme von dieser Regel bildet lediglich bei A. der Wert der Monapassage, der mit — 15 im Bereich des Portorikoplateaus noch schwach negativ ist.

Im Falle B. ist nur die Schwere des Gebirgsbogens (Curaçao — 152), im Falle C. nur die der Mexikorinne (mit — 97) festgestellt worden.

Am klarsten ist das Schwerebild der Marianen (D.) und der vorgelagerten Tiefe. Dem maximalen Defizit von — 247 entspricht ein Überschuß der Insel Guam von + 207. Die Marianen sind als die Fortsetzung des im mittleren Japan abgespaltenen Zuges der Bonininseln anzusehen, die sich gravimetrisch als gleichartig gestört erweisen, indem bereits früher auf Ogiura (Bonininsel) ein Überschuß von + 339*) beobachtet wurde. Der Charakter der großen Schwereüberschüsse bleibt auch in Japan bestehen.

Die Insel Yap (E.) mit ihrer kleinen Vortiefe weist die gleichen gravimetrischen Verhältnisse auf, ebenso die Gruppe der Philippinen, deren Vortiefe östlich der Inseln Mindanao und Leyte gekreuzt wurde. Das Plateau zeigt zwischen diesen Inseln einen entsprechenden Überschuß. Im nördlichen Teile der Philippinengruppe herrscht anscheinend größere Ausgeglichenheit, da die Station Nr. 107 und 108 (Manila) + 10 bzw. — 17 aufweisen. Es ist

*) Vgl. Borrás: Lit.-Verz. Nr. 2.

hiermit in Übereinstimmung, daß dem nördlichen Teile der Philippinen im Osten keine Tiefseerinne mehr vorgelagert ist.

Dem Gebiet der Molukken-, der Banda- und Sundasee (vgl. Karte, Fig. 1) kommt der gleiche tektonische Charakter zu wie den eben besprochenen Inselbögen, insofern zum mindesten, als es ein Feld ganz junger Störungsvorgänge darstellt. Die jungen bogenartig verlaufenden Bewegungsachsen sind [nach H. A. Brouwer*)] auf der genannten Karte besonders zur Darstellung gebracht.

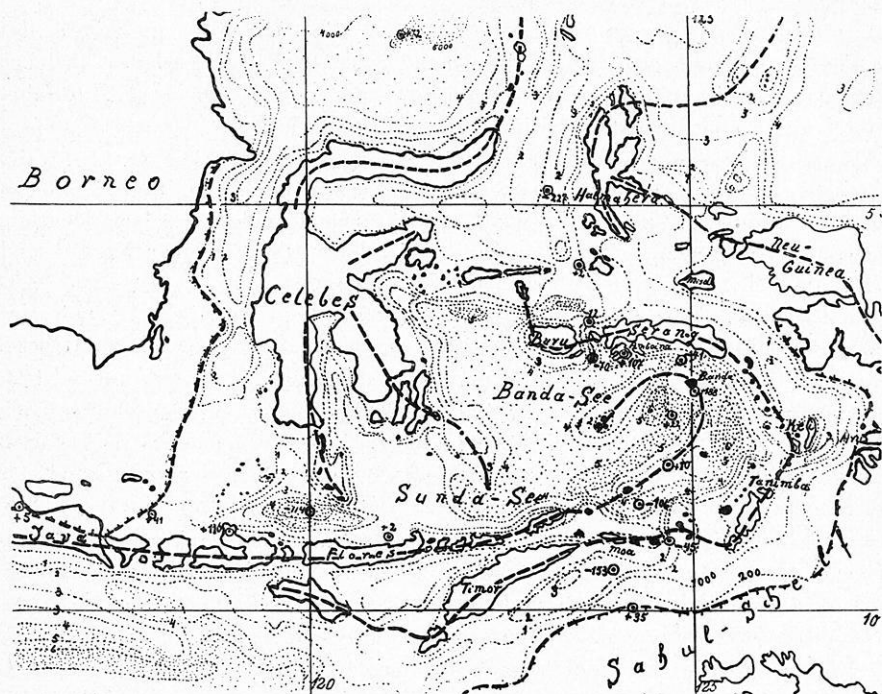


Fig. 1. Strukturkarte des ostindischen Archipels. (Tektonik nach A. H. Brouwer.)

— — — junge Störungsachsen. T T T Begrenzung des Borneo- und des Australischelfes, zwischen diesen der ostindische Geosynkinalbereich. Isobathen: erst die 200-m-Linie, dann 1000 zu 1000 m Abstand. (P) Schwerestationen.

Die Verteilung der Schwerewerte ist hier die gleiche gesetzmäßige, wie sie im Bereich der diskutierten Inselbögen festgestellt werden konnte. Es ist dabei bemerkenswert, daß trotz geringer Tiefe der Rinnen das Defizit relativ hoch ist.

Die Rinne westlich Halmahera weist bei 2380 m Tiefe ein Defizit von — 227 auf. Die Station Nr. 112 südöstlich davon befindet sich bei 1440 m Tiefe schon am Übergang zur Antiklinalachse, was den Wert + 2 verständlich macht. Am Nordausgang der Straße zwischen Buru und Serang stellt Station Nr. 113 bei 5180 m Tiefe über der zur Antiklinale Buru-Serang gehörenden

*) Brouwer: Lit.-Verz. Nr. 3 und 4.

Vortiefe mit -12 einen relativ geringen, aber doch den Erwartungen entsprechend orientierten Wert dar. Am Südausgang der genannten Straße liegt Station Nr. 114, die bei 3540 m Tiefe ein Defizit von -70 aufweist. Die allgemeinen Tiefenverhältnisse sind hier nicht ganz geklärt. Geologisch verständlich ist der große Überschuß von Amboina ($+107$) auf der Antiklinale. Die Rinne zwischen den beiden Antiklinalen von Serang und Banda weist sinngemäß bei 4500 m Tiefe ein Defizit von -41 auf, und entsprechend besitzt die Insel Banda $+188$ Überschuß.

Die nächste, weiter südlich gelegene Station (Nr. 118) innerhalb des inneren Molukkenbogens zeigt abweichend vom sonstigen Verhalten solcher Tiefen bei 4840 m Tiefe einen Überschuß von $+22$. Dieser Fall erfährt weiter unten eine besondere Diskussion.

Die auf der inneren Molukkenantiklinale gelegene Station Nr. 119 weist dementsprechend $+10$ auf. Zwischen den Achsen der beiden Molukkenbögen liegt die Station Nr. 120 über 4600 m Tiefe mit einem Defizit von -106 . Jenseits der südlich folgenden äußeren Molukkenachse liegen die Stationen Nr. 121 und 122, die bei 1060 bzw. 2100 m Tiefe Defizite von -45 bzw. -153 festgestellt haben. Die Station Nr. 123 mit $+35$ liegt bereits am Rande des stabilen Sahulschelfes, also im Randgebiet des australischen Kontinentalblocks.

Auf der Fahrt von hier aus nach Ostjava wurde an der Station Nr. 124, dicht nördlich Flores, also an der Antiklinalachse $+2$, über der nordwestlich davon gelegenen Tiefseerinne bei 4990 m dagegen -114 gemessen. Die Station Bima auf der Achse zeigt einen Überschuß von $+110$, der Schelfrand des großen Borneoschelfes $+41$ und Ostjava mit der Endstation Surabaja $+5$.

Ich habe die Schwereverhältnisse dieses ostindischen Archipels etwas eingehender erörtert, um zu zeigen, daß die Schwereanomalien nicht regellos verteilt sind, sondern auch hier eine feste Abhängigkeit von einer bestimmten geotektonischen Anordnung aufweisen.

Es zeigt sich, daß die Schwereüberschüsse stets auf den jungen Hebungs- bzw. Faltungsachsen gelegen, die Defizitwerte dagegen an die Achsen begleitenden Saamtiefen geknüpft sind. Hiervon gibt es nur zwei Ausnahmen, die weiter unten besonders diskutiert werden. Diese Regel beweist den Zusammenhang einerseits zwischen Antiklinalachsen und Saamtiefen, und andererseits zwischen Tektonik und Schwerezustand. Die genetischen Beziehungen werden durch die von Kossmat*) ausgesprochene Vorstellung zum Ausdruck gebracht, daß die Randsenken von den durch Zusammenstauchung mit Überschuß versehenen und in Senkung begriffenen Faltengebirgen passiv randlich mit in die Tiefe gezerrt werden.

Diese Beziehungen bestehen um so sicherer insofern, als sich erwiesen hat, daß auch dann, wenn man isostatische Reduktionen zur Beurteilung des Schwerezustandes für notwendig erachtet, die großen Anomalien nicht verschwinden.

*) Kossmat: Lit.-Verz. Nr. 9.

Heiskanen*) hat zur Prüfung des Einflusses der isostatischen Reduktion diese auf 80 Schwerestationen der japanischen Inseln angewendet. Die Wirkung der isostatischen Kompensation (nach der Hayfordschen Methode und mit einer Ausgleichstiefe von 113.7 km) schwankt mit einer Ausnahme (von — 85) zwischen den Werten — 4 und — 56. Dabei zeigt sich, daß auf der Hauptinsel Hondo die nördlich von Tokio liegenden Stationen um so mehr positiv sind, je näher sie der Ostküste liegen. Der Mittelwert der Anomalien an 9 nahe der Ostküste gelegenen Stationen beträgt + 72, an 12 im mittleren Teile der Insel gelegenen Stationen + 35, und an 5 Stationen nahe der Westküste + 23. Die gleiche Erscheinung zeigt sich auf der nördlich gelegenen Insel Hokkaido (Jesso), wo von O nach W die reduzierten Werte lauten: + 138, + 91, + 25, — 4, — 36**).

Auch Heiskanen verkennt nicht den sich hieraus ergebenden Zusammenhang zwischen Inselbogen und vorgelagerter Tiefe von über 8000 m, über der er negative Schwereanomalien vermutet. Diese Vermutung ist nun zwar hier noch nicht bestätigt, besteht aber nach den nunmehr über so zahlreichen Tiefseerinnen gemachten Schwerebeobachtungen sicher zu Recht.

Um die Wirkung der isostatischen Reduktion an Stationen über einer Tiefseerinne festzustellen, hat Heiskanen die einzigen bis dahin bekannt gewesenen derartigen Werte, die 2 über der Tongatiefe gemessenen Stationen isostatisch (nach Hayford und mit einer Ausgleichstiefe von 113.7 km) nebst den Werten über dem Tongaplateau reduziert, wobei sich für die Rinne eine Anomalie von — 226, für das Plateau eine solche von + 161 ergab.

Diese Werte bestätigen also vollkommen die Berechtigung der aus den unreduzierten Werten gezogenen geologischen Schlüsse. Dabei sind diese Reduktionen, wie Heiskanen angibt, unter Voraussetzungen gemacht worden, die nicht einmal als besonders wahrscheinlich zu betrachten sind. Wollte man die positiven Schwereanomalien in Nordjapan beseitigen, so müßte man nach Heiskanen die Annahme machen, daß unter dem Meere die Erdkrustendicke sehr groß ist; die seismischen Beobachtungen und die Schwereanomalien in anderen Gegenden lassen aber eine Erdkrustendicke von 10 bis 60 km am plausibelsten erscheinen (nach Heiskanen).

Von den erkannten Gesetzmäßigkeiten machen lediglich 2 Stationen des zuletzt diskutierten Gebietes eine Ausnahme: 1. die erwähnte Station 118 innerhalb des inneren Molukkenbogens (vgl. Karte), die bei 4840 m Tiefe einen Überschuß von + 22 aufweist, und 2. eine bisher unerwähnte Station 110, die in der Celebessee zwischen Philippinen und Nord-Celebes bei 5140 m Tiefe einen Überschuß von + 72 besitzt. Diesen beiden Stationen ist eines gemeinsam, daß sie in einem Gebiet liegen, welches auf drei Seiten von jungen Auffaltungs-

*) Heiskanen: Lit.-Verz. Nr. 7, S. 215.

**) Im südlichen Teile des japanischen Inselbogens liegen andere Schwere- und tektonische Verhältnisse vor: es steht damit im Zusammenhang, daß hier eine vorgelagerte Tiefseerinne fehlt.

achsen umrahmt ist. Die Anbringung von Reduktionen würde den Überschuß nur noch vermehren und damit den abweichenden Charakter dieser Stationen noch steigern. Der gleiche gravimetrische Charakter in gleicher geologischer Position ist nun bereits mehrfach festgestellt und von Kossmat*) in sehr plausibler Weise erklärt worden. Am Beispiel der Karpathen und des von ihnen umschlossenen Pannonischen Beckens kommt die Erscheinung am klarsten zum Ausdruck, daß die von den Faltengebirgen nach der Auffaltung verdrängte subkrustale Masse in die umschlossenen ungefalteten Felder abfließen und hier durch Anhäufung zunächst einen Massen- und damit Schwereüberschuß erzeugen muß. Auf der Außenseite der Faltengebirge findet sich im Gegensatz dazu stets das Schweredefizit. In dieser unsymmetrischen Anordnung der Schwerewerte, z. B. nördlich und südlich der Karpathen, liegt der beste Gegenbeweis gegen die aufgestellte Behauptung, das Defizit der Randsenken der Faltengebirge könnte durch Reduktionen beseitigt werden.

4. Der weite Ozeanboden. Nachdem so alle Schwerewerte eliminiert wurden, deren Situation eine besondere ist, da sie an irgendwelche jung-geologischen Vorgänge sich gebunden erwiesen, bleiben in Atlantik und Pazifik eine Reihe von Werten übrig, die anscheinend über dem weiten tiefen, geologisch nicht weiter gegliederten Ozeanboden gelegen sind, und die daher allein geeignet sind, über dessen isostatisches Verhalten Auskunft zu geben. Im Atlantik handelt es sich um folgende Werte:

Nr.	Tiefe m	$(g_0 - \gamma_0)$ 0,001 cm	Nr.	Tiefe m	$(g_0 - \gamma_0)$ 0,001 cm
1	5040	— 10	17	5930	+ 3
7	5450	0	18	5730	— 10
8	5140	+ 4	21	4850	+ 10
9	4590	— 2	22	5880	— 18
13	4760	+ 11	23	5840	— 22
14	4960	+ 12	24	5650	+ 3
15	?	+ 31	25	5480	+ 11
16	5900	— 4			

Die zugehörigen Tiefen liegen alle zwischen 4500 und 5900 m, die mittlere Tiefe beträgt 5370 m. Die Schwerewerte liegen alle relativ nahe um Null. Die größte positive Abweichung beträgt über einer unbekannten Meerestiefe + 31, die negative bei 5840 m Tiefe — 22. 8 Pluswerten stehen 7 Minuswerte gegenüber.

Für den Pazifik kommen allein folgende Stationen in Frage. Für den Weg San Franzisko—Honolulu, von O nach W angeordnet:

Nr.	Tiefe m	$(g_0 - \gamma_0)$ 0,001 cm	Nr.	Tiefe m	$(g_0 - \gamma_0)$ 0,001 cm
60	4530	— 19	66	4890	+ 25
61	4940	— 19	67	5210	+ 12
62	5130	— 17	68	5300	+ 11
63	4940	— 9	69	4580	+ 45
64	4830	— 10	70	4510	+ 10
65	4960	+ 12	71	5420	+ 10

*) Kossmat: Liter.-Verz. Nr. 9.

für den Weg Honolulu-Marianen:

Nr.	Tiefe m	$(g_0 - \gamma_0)$ 0.001 cm	Nr.	Tiefe m	$(g_0 - \gamma_0)$ 0.001 cm
75	4580	+ 12	86	5490	— 22
76	4950	+ 10	87	5880	— 28
81	4890	— 11	88	5910	— 29
83	5600	— 10	89	5780	+ 10
84	5600	— 10	90	5610	+ 10
85	5330	+ 7			

Die zugehörigen Tiefen liegen auch bei den Pazifikstationen zwischen 4500 und 5900 m; die mittlere Tiefe ergibt sich zu 5170 m. Es besteht hier die gleiche Annäherung der Schwerewerte an Null wie bei den Atlantikstationen. Die stärksten Abweichungen sind + 45 und — 29. Vielleicht findet sich einmal aus verbesserter Kenntnis der Topographie des Ozeanbodens eine Erklärung für so starke Anomalien. Diese Anomalien sind im übrigen noch weit von der Größe derjenigen entfernt, die wie die oben besprochenen an junge geologische Störungen geknüpft sind.

Auffallend ist im Pazifik die Verteilung der Plus- und Minuswerte. Während diese im Atlantik annähernd abwechselnd auftreten, ist im Pazifik die östliche Hälfte des Weges San Franzisko-Honolulu bis Station 64 lediglich durch Minuswerte zwischen — 9 und — 19 gekennzeichnet. Dann treten noch einmal in fast geschlossener Serie zwischen Hawaii-Inseln und Marianen Minuswerte auf, die zwischen — 9 und — 29 liegen. Hier scheinen große Ozeangebiete gravimetrisch einheitlich schwach negativ orientiert zu sein. Es sind das stets die festlands-, und vor allem inselfernsten Gebiete. Bei Annäherung an die Hawaii-, ja selbst an die Marshallinseln (Nr. 85 + 7) und die Marianen werden die Werte positiv. Es kommt hier also vielleicht die Seitenwirkung dieser Massen zur Geltung.

Die mittlere Meerestiefe, für die Strecken der Minuswerte ergibt sich zu 5240 m, die für die Strecken der Pluswerte zu 5090 m. Die Differenz (150 m) ist zu gering, als daß man in diesem Falle daraus auf eine Abhängigkeit des Schwerewertes von der Meerestiefe schließen könnte.

Der Mittelwertbildung für Atlantik und Pazifik kommt keine große Bedeutung zu. Es würde sich ergeben, daß der mittlere Schwerewert im Atlantik + 10, im Pazifik — 5 beträgt. Es wird jedoch auf diese Weise ganz die interessante Schwereverteilung im Pazifik verschleiert.

Zusammenfassend läßt sich auf Grund dieser hinreichend exakten Messungen sagen, daß den Ozeanen ein Schwerezustand zukommt, der annähernd dem theoretisch zu fordernden Wert entspricht, und der den Schluß zuläßt, daß die Ozeane von isostatischer Einstellung nicht weit entfernt sind.

Das was ich früher aus den Heckerschen Messungen mit einigem Vorbehalt ableiten konnte, findet sich durch die Messungen von Vening Meinesz voll bestätigt.

Das Problem der Kontinentalrandstörung, d. h. der gegenseitigen Beeinflussung der Schwere auf Ozean und Kontinent in der Nähe der Küste*) hat leider durch die Messungen von Vening Meinesz keine wesentliche Förderung erfahren. Alle Messungen nahe der Küste sind an Längsküsten relativ junger Kettengebirge vorgenommen worden, so die von Mittelamerika, die an der mexikanischen und an der kalifornischen Küste. Das aber sind alles Gebiete junger Störungen und zum Teil voll von Spannungen, die noch im Begriff sind, sich auszulösen (z. B. Erdbeben von San Franzisko), und voll von Anomalien (z. B. westlich von San Franzisko). Hier werden die nicht sehr großen Kontinentalrandstörungen (nach Helmert etwa $+53$ und -47) überprägt von den größeren Anomalien der jungen Gebirgsstörungen. Zur Nachprüfung des Problems sind vor allem Küsten alter Kontinentalblöcke, also vom atlantischen Typ geeignet.

Als wesentlichstes Resultat der Auswertung kann festgestellt werden, daß im Bereich der Ozeane größere gravimetrische Anomalien immer nur dort auftreten, wo sie geologisch zu erwarten sind, d. h. wo junge geologische Vorgänge eine hinsichtlich der Massenlagerung störende Rolle gespielt haben, und daß der Charakter der Anomalie auch stets dem aus geologischen Gründen zufordernden entspricht; daß nach Eliminierung der Gebiete junger geologischer Störung die verbleibenden Gebiete der großen Ozeane eine relativ geringe Abweichung von Null, also eine angenäherte isostatische Einstellung zeigen; und schließlich, daß das Problem der Inselbögen und Saumtiefen qualitativ gelöst ist.

Literatur.

- 1) A. Born: Isostasie und Schweremessung. J. Springer, Berlin 1923.
- 2) E. Borras: Veröffentl. d. Zentralbureaus f. internat. Erdmessung 1911 u. 1914.
- 3) H. A. Brouwer: Some relations on earthquakes to geologic structure in the East Indian archipelago. Bull. seism. soc. Amer. 11, 165 (1921).
- 4) Derselbe: The major tectonic features of Dutch East Indies. Journ. Wash. acad. of sciences 12, 172 (1922).
- 5) O. Hecker: Bestimmung der Schwerkraft auf dem Indischen und Großen Ozean. Veröffentl. d. Zentralbureaus f. internat. Erdmessung Nr. 16, N. F. Berlin 1908.
- 6) Derselbe: Bestimmung der Schwerkraft auf dem Schwarzen Meere und neue Ausgleichung der Schwerkraftmessung auf dem Atlantischen, Indischen und Großen Ozean. Veröffentl. d. Zentralbureaus f. internat. Erdmessung Nr. 20, N. F. Berlin 1910.
- 7) W. Heiskanen: Schwerkraft und isostatische Kompensation in Japan. Zeitschr. f. Geophys. 3 (1927).
- 8) F. Helmert: Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften 4, 1. B., Heft 2 (1910).
- 9) F. Kossmat: Die mediterranen Kettengebirge und ihre Beziehungen zum Gleichgewichtszustand der Erdrinde. Abhandl. d. sächs. Akad. d. Wiss. 38. Leipzig 1921.
- *) F. Helmert: Liter-Verz. Nr. 8.

Berlin-Charlottenburg, Geolog. Inst. d. Techn. Hochschule, Nov. 1927.

