

Werk

Jahr: 1934

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:10

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0010

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0010

LOG Id: LOG_0084

LOG Titel: Messungen mit transportablen statischen Schweremessern

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

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 these 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

Messungen mit transportablen statischen Schweremessern

(Die Messungen wurden ausgeführt von der Seismos G. m. b. H., Hannover)

Von **A. Schleusener**, Hannover — (Mit 12 Abbildungen)

Redner berichtete über eigene Arbeiten bei der Entwicklung des Berrothschen Bifilargravimeters und des Thyssengravimeters. Bei beiden Geräten gelang es, den Temperatureinfluß so klein zu machen, daß ohne Eishülle und meist sogar ohne Temperaturkorrektion gearbeitet werden kann. Beide Geräte wurden durch Turmversuche geeicht. Das Thyssengravimeter ist zu einem feldfähigen Gerät entwickelt worden. Es werden Messungen der Seismos G. m. b. H. mit dem Thyssengravimeter an einem Salzdom und am Ricklinger Schwerehoch beschrieben. Der mittlere Fehler war bei den Messungen kleiner als ± 1 Milligal.

Schon vor fast 60 Jahren hat W. Siemens*) mit seinem eisgekühlten Bathometer das Problem der Beseitigung der Pendelmessungen energisch verfolgt und zur Eichung Turmversuche ausgeführt. Er glaubte mit seinem Gerät auch Meerestiefen bestimmen zu können und hat es zu diesem Zwecke auf Seereisen arbeiten lassen. Das Problem des Baues eines statischen Schweremessers ist seit diesen Zeiten immer wieder in Angriff genommen worden, denn die Umständlichkeit, Unsicherheit und Kostspieligkeit der Pendelmessungen verhinderte häufig die Ausführung von Schwerkraftsmessungen.

Die Messungen, über die hier berichtet werden soll, wurden anläßlich der Bemühungen der Firmen Seismos G. m. b. H. und Exploration G. m. b. H. zur Schaffung eines statischen Schweremessers ausgeführt. Diese Bemühungen reichen bis in das Jahr 1924 zurück, jedoch gelang mit den ersten Vorschlägen keine Messung, insbesondere, weil ausreichende Erfahrungen über das Verhalten der zu verwendenden Materialien noch nicht vorlagen.

Im Winter 1925/26 führte uns Prof. Berroth**) auf dem Geodätischen Institut Potsdam an einem Modell die hohe Empfindlichkeit eines Bifilargravimeters mit Torsionsdraht statt Feder vor. Wir studierten dann in gemeinsamer Arbeit mit Herrn Professor Berroth an einem Versuchsgerät die Konstruktionsbedingungen für ein feldfähiges Bifilargravimeter. Die Untersuchungen erstreckten sich in erster Linie auf Temperaturabhängigkeit, Neigungsempfindlichkeit und Transportfähigkeit, betrafen also Materialfragen. Die Empfindlichkeit selbst war leicht zu erzielen, nachdem die Befestigungspunkte der Tragdrähte geeignet ausgebildet worden waren. Trotz anstrengender Arbeit und erheblicher Kosten gelang es erst im Frühjahr 1928 so weit zu kommen, daß an eigentliche Meßversuche an Schwerkraftsunterschieden gedacht werden konnte.

*) William Siemens: Das Bathometer. Berlin 1878.

**) A. Berroth: Über die Theorie verschiedener Bifilargravimeter. Zeitschr. f. Geophys. 1932, S. 331—370.

Am 11. April 1928 wurde das Instrument an einer Schwerkräftsdifferenz von 14.5 Milligal am Rathausturm Hannover geeicht. Bei den ersten Messungen hingen die Fäden infolge hoher Luftfeuchtigkeit aneinander, aber die letzten 6 Messungen sind einwandfrei und die Abweichung der Punkte vom Mittel liegt nur wenig über 1 Milligal. Dieses dürfte das erste Mal gewesen sein, daß mit einem statischen Schweremesser Schwerkräftsdifferenzen im Freien mit einer in der Größenordnung der Pendelmessungen liegenden Genauigkeit gemessen worden sind. Das Ergebnis der Messungen zeigt Fig. 1.

Die Diagrammpunkte geben die unkorrigierten Ablesungen wieder. Die Ablesung wurde jeweils 15 Minuten nach dem Entarretieren gemacht, weil das Gerät nach dem Entarretieren in seiner Einstellung meist stark schwankte. Eine Temperaturkorrektur war nicht erforderlich. Die Temperatur schwankte während der Meßzeit um 1° C. Das Gerät war weder isoliert noch eisgekühlt oder wassergekühlt.

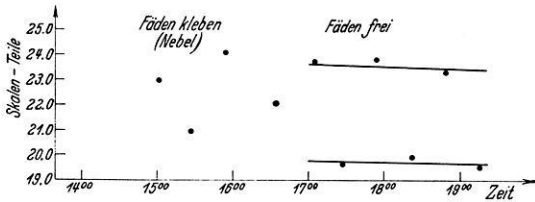


Fig. 1. Bifilargravimetreicheung vom 11. April 1928

Rathausturm:
Höhenunterschied 47.0 m, Skalenunterschied 3.85 Sktle.,
Schwerkräftsdifferenz 14.5 mgal, Skalenwert 3.75 mgal/Sktle.
(ohne Berücksichtigung des Auftriebes)

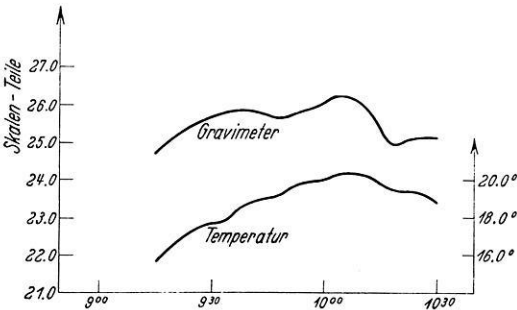


Fig. 2. Heizversuch am Bifilargravimeter

empfindlichere Drehwaage zu denken, bei welcher nach Schleusener*) die Luftströmungen Störungen der Ruhelage von mehr als 10 Eötvös hervorrufen, aber der Meßfehler beträgt trotzdem höchstens ein bis zwei Eötvös, solange keine Temperaturumkehr eintritt.

Für Feldversuche war es erforderlich, ein gut isoliertes Bifilargravimeter zu bauen, dieses ist in Fig. 3 wiedergegeben.

*) A. Schleusener: Beitrag zur Frage der temperaturabhängigen Störung der Gleichgewichtslage der Drehwaagegehänge. Zeitschr. f. Geophys. 1933, S. 301—307.

Das Gerät ist wie eine Drehwaage dreifach isoliert und die beim Versuchsgerät gewonnenen Erfahrungen über Beseitigung der Neigungsempfindlichkeit, Faden-einstellungen, Material usw. wurden berücksichtigt. Ferner wurde es als Doppel-instrument gebaut, um so nach Möglichkeit Sprünge erkennen zu können. Bei den Arbeiten mit dem neuen Gerät zeigte sich dann, daß den Feldmessungen noch erhebliche Schwierigkeiten im Wege standen. Z. B. gelangen keine Autotransporte, auch war die Materialfrage immer nur von Fall zu Fall zu lösen. Das Instrument

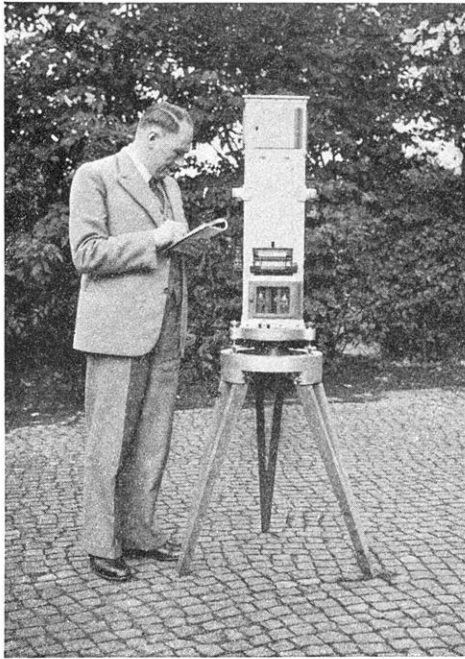


Fig. 3
Bifilargravimeter nach Berroth
(Gebaut von der Seismos G. m. b. H.
Hannover)



Fig. 4. Geländefähiges Gravimeter
nach Thyssen-Schleusener
(Gebaut von der Seismos G. m. b. H.
Hannover)

konnte deshalb nicht bei Geländearbeiten eingesetzt werden. Hinzu kam noch, daß gleichzeitig die Referenzpendelmethode von uns erfolgreich entwickelt worden war. Dadurch stiegen auch die Anforderungen, die wir an das Gerät stellen mußten.

Im vorigen Jahre machte Dr. St. v. Thyssen seine ersten Messungen im Gelände mit dem nach ihm benannten Thyssen-Gravimeter. Diese Messungen waren erfolgversprechend und es gelang uns dann auch, das Gerät in verhältnismäßig kurzer Zeit zu einem feldbrauchbaren Meßgerät zu entwickeln. Dabei wurden natürlich die bei den Arbeiten an dem Berrothschen Bifilargravimeter gewonnenen Materialerfahrungen ausgenutzt.

Das Thyssen-Gravimeter (Fig. 4) benötigt ebenfalls keine Eishülle. Es wiegt etwa 15 kg, hat geringe Ausmaße und eine Messung ist in wenigen Minuten beendet.

Fig. 5 zeigt einen Temperaturversuch. Die Temperatur steigt und fällt bei diesem Versuch schneller als es in einem isolierten Gerät in der Praxis geschieht. Größte Temperaturschwankung $+6^{\circ}\text{C}$ in 1.5 Stunden. Größte Schwankung der Einstellung 7.8 Milligal. 1 Skalenteil entspricht 4.6 Milligal.

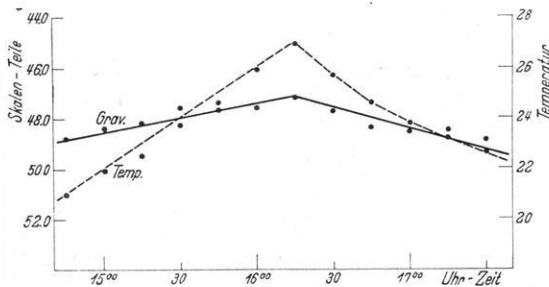


Fig. 5. Temperaturversuch mit Thyssen-Gravimeter

Gestrichelte Kurve = Temperatur, ausgezogene Kurve = Gravimeter-einstellung, 1 Skalenteil = 4.6 Milligal

Fig. 6 gibt einen Eichversuch*) im Anzeiger-Hochhaus in Hannover wieder. Höhenunterschied 33.95 m. Schwereunterschied 10.4 Milligal. Skalenwert 5.02 Milligal ± 0.2 . 6 Wochen später ergab eine Wiederholung des Hochhausversuches 9.9 Milligal ± 0.4 Milligal.

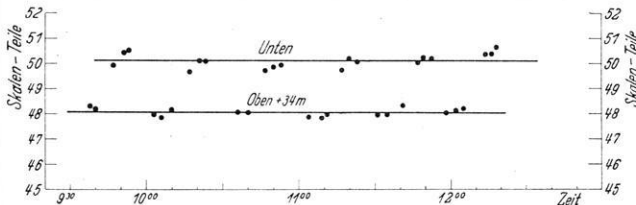


Fig. 6

Skalenwertbestimmung für das Gravimeter Th III am 27. Juli 1934

1 Skalenteil = 5 Milligal

Im Anschluß an diese Messungen wurde das Thyssen-Gravimeter im Gelände an einem norddeutschen Salzhorst erprobt.

Fig. 7 enthält die Isogammen der Drehwaagemessungen an diesem Salzhorst. Die Isogammen sind nach dem Gradientenbild berechnet worden und lagen somit bei Beginn der Gravimetermessungen schon fest. Die Messungen decken sich gut im Hauptprofil. Nur im Nebenprofil treten merkliche Abweichungen

*) Siehe auch Dr. St. v. Thyssen und A. Schleusener: Ein neuer statischer Schweremesser“. Öl und Kohle 2, H. 8, 1934.

auf. Der Fehler liegt nicht etwa beim Thyssen-Gravimeter. Bekanntlich ist es nicht immer möglich, den genauen Verlauf der Isogammen senkrecht zur Richtung der Gradienten zu bestimmen, wie aus Schleifenberechnungen mit der Drehwaage bekannt ist. Betrachtet man die Stationen des Nebenprofils als selbständiges

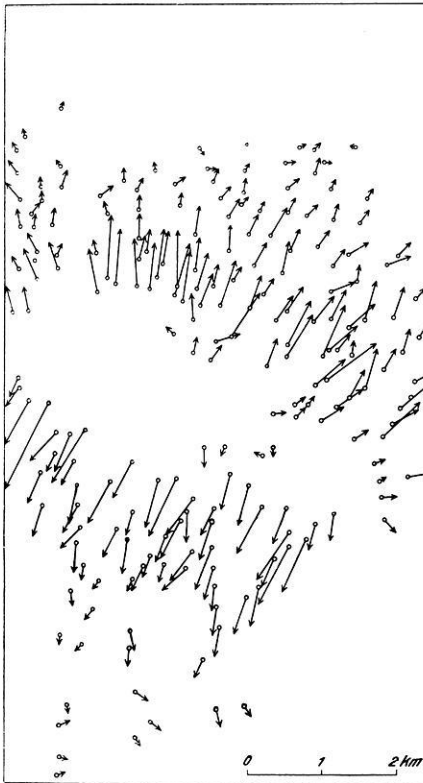


Fig. 7 a

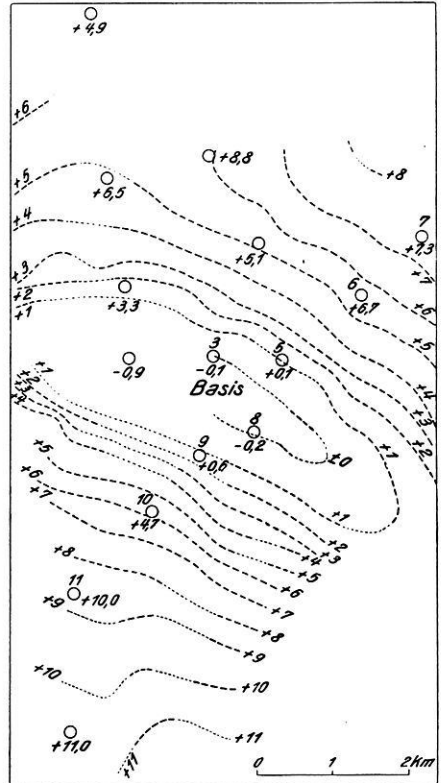


Fig. 7 b

Fig. 7 a. ↗ Gradienten nach Drehwaagemessungen (Seismos G. m. b. H. Hannover)

Fig. 7 b. ⊙ + 30 = Schwerkraftswerte nach Gravimetermessungen
(Messung der Seismos G. m. b. H. Hannover)

Gestrichelte Linie = Isogammen nach Drehwaagemessungen an einem Norddeutschen Salzdom,

Hauptprofil = + 11.0; + 10.0; + 4.7; + 0.6; - 0.2; + 0.1; + 0.7; + 7.3

Nebenprofil = - 0.9; + 3.3; + 6.5

Profil, so ist die Übereinstimmung wieder ausgezeichnet. Nur die Querverbindung beider Profile ist bei der Drehwaage ungenau. Die Messungen sind auf den meisten Stationen dreimal wiederholt worden. Im Durchschnitt war der aus den Wiederholungen berechnete mittlere Fehler des Resultates merklich kleiner als ± 1 Milligal.

Am besten ist wohl auf dem Profil Fig. 8 die Übereinstimmung zu erkennen. Das obere Schaubild mit den Gradienten wurde zur Berechnung der Schwerkraftskurve benutzt. Entnimmt man die zugehörigen Schwerewerte dem Isogammenbild (strichpunktierte Kurve), so wird infolge der beim Zeichnen erforderlichen Ausgleichung die Abweichung der Gravimeterkurve von der Gradientenkurve noch kleiner. Recht interessant ist es, wie sich in der Gradientenkurve an beiden Flanken gehobene Randschichten als sekundäres Maximum und Minimum ausdrücken.

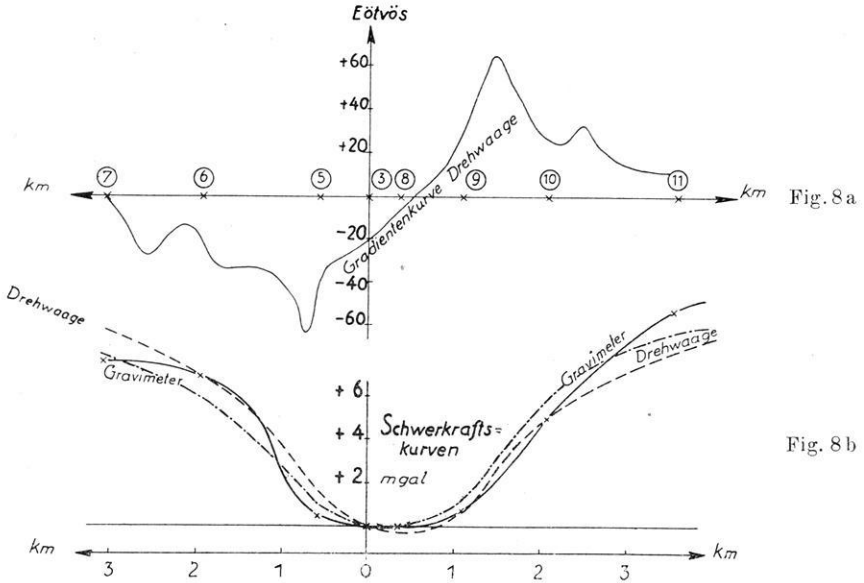


Fig. 8 a. Gradientenkurve über einem Salzdom (vgl. Fig. 7 a) in Norddeutschland (Messung der Seismos G. m. b. H. Hannover)

Man beachte das sekundäre Maximum und Minimum durch die Randschichten

Fig. 8 b. Schwerkraftskurven über demselben Salzdom (Messung der Seismos G. m. b. H. Hannover)

Ausgezogene Kurve = Thyssen-Gravimeter, gestrichelte Kurve = berechnet aus Gradientenkurve (Fig. 7 b), strichpunktierte Kurve = entnommen der Isogammenkarte (Fig. 7 b), also ausgeglichene Kurve

Soweit die Stationen mindestens dreimal wiederholt worden waren, wurde der mittlere Fehler berechnet. Er betrug:

Punkt	1	± 0.6 Milligal	mittlerer Fehler
„	5	± 0.2	„ „ „
„	6	± 0.9	„ „ „
„	9	± 0.1	„ „ „
„	10	± 0.3	„ „ „
„	12	± 0.2	„ „ „
„	15	± 0.6	„ „ „
„	16	± 0.6	„ „ „
„	17	+ 0.85	„ „ „

Bei der Bearbeitung der Stationen wurden sämtliche gemessenen Werte mit gleichem Gewicht berücksichtigt.

Nachdem dieser Vergleich mit Drehwaagemessungen die Feldfähigkeit des Gerätes bewiesen hatte, wurde das durch unsere Pendel- und Drehwaagemessungen *) bekannt gewordene Schwerehoch bei Rickling in Holstein nachgeprüft. Insbesondere legte ich dabei darauf Wert, den Schwerkraftswert von + 32 Milligal für die Station Rickling festzulegen, denn dieser Wert war wegen seiner isolierten Lage gelegentlich angezweifelt worden. Aus diesem Grunde wurde in dem Profil Neumünster—Rickling—Segeberg die Stationszahl gegenüber den Pendelmessungen erheblich erhöht.

Fig. 9 enthält das Isogammenbild des Meßgebietes nach beiden Messungen. Die Übereinstimmung ist im Bereich des Hauptprofils Neumünster—Rickling—Segeberg und südlich davon gut. Es zeigt sich, daß die dreißiger Isogramme etwas weiter gezogen werden muß als bei der Interpolation nach den Pendelstationen angenommen worden war. Soweit die Isogammen nach den Pendelmessungen festlagen, ist jedoch die Übereinstimmung gut. Die größte gegen Rickling gemessene unreduzierte Schweredifferenz erreichte 35 Milligal. Weniger gut ist die Übereinstimmung im Norden von Rickling. Hier laufen z. B. die 22.5 Isogramme der Pendelmessungen und die 27.5 Isogramme der Gravimetermessungen zusammen. Dadurch wird der SSW—NNO-Verlauf des Schwerehochs bei Gravimetermessungen ausgeprägter.

Dieser Widerspruch zwischen beiden Methoden kann nur so erklärt werden, daß auf diesen Nordstationen während der Pendelreise ein Pendelsprung vorgekommen war, welcher bei den Anschlüssen auf der damaligen Basis Wilster schon wieder abgeklungen war. Bei dieser Gelegenheit möchte ich noch darauf hinweisen, daß die Messungen in Holstein für uns der Grund waren, von den bis dahin üblichen langen Pendelreisen mit 10 und mehr Stationen abzugehen *). Wir schlossen die Pendel trotz der hohen Kosten möglichst nach jeder zweiten Station an die Basis an. Dabei konnten wir dann auch solche langsam verklingenden aus dem mittleren Fehler nicht erkennbaren Pendelsprünge beobachten. Um solchen Sprüngen sicher zu entgehen, verwendeten wir bei unseren Referenzpendelmessungen in U. S. A. (fast 500 Pendelstationen) auf Kosten der Leistung mehr als die Hälfte der Arbeitszeit auf Anschlüsse und Wiederholungen.

Bei der hohen Leistungsfähigkeit des Thyssen-Gravimeters ist es natürlich leicht möglich, alle Stationen zu wiederholen und bei diesen Messungen in Holstein wurden zur Sicherheit eine Reihe von Stationen etwa 1 Woche nach der ersten Messung wiederholt.

*) A. Schleusener: „Vergleiche über Pendelmessungen, Drehwaage- und magnetische Messungen“. Öl und Kohle 2, Heft 7, 1934, S. 313 bis 318.

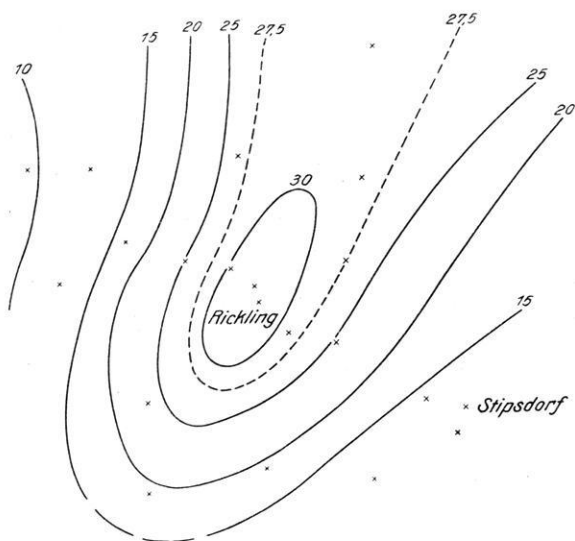


Fig. 9 a

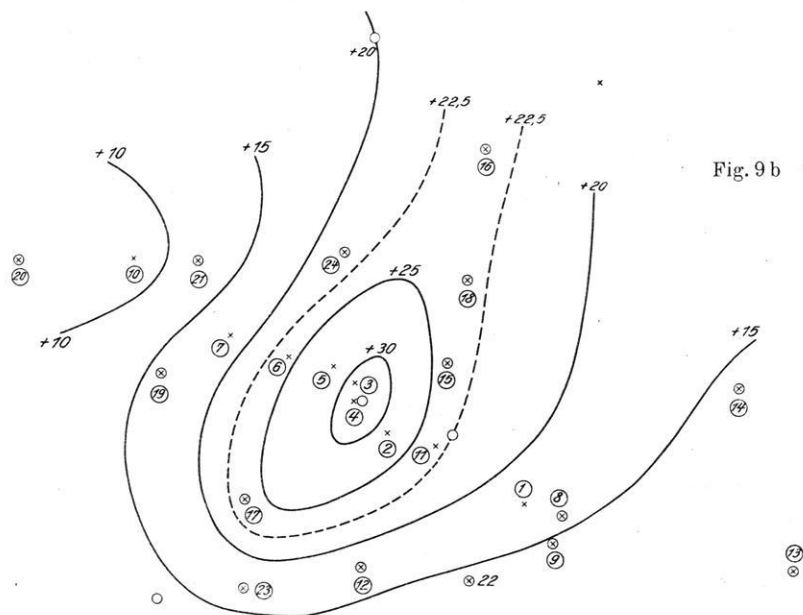


Fig. 9 b

Fig. 9. Schwerkraftmessungen in Holstein am Ricklinger Hoch

Fig. 9 a. Messung mit Thyssen-Gravimeter (Seismos G. m. b. H. Hannover, 1934)

Fig. 9 b. Messung mit Sterneckpendel (Seismos G. m. b. H. Hannover, 1926/27)

⊙ Pendelstationen 1926/27, × Gravimeterstationen 1934

Linien = Isogammen in Milligal

Bei den Wiederholungen ergaben sich folgende Unterschiede:

Station	Unterschied	
Willingrade	0.1 Milligal	} gegen dieselbe Bezugsstation
Stipsdorf	0.1 „	
Wasbeck	1.7 „	
Segeberg	1.2 „	} gegen verschiedene Bezugsstationen
Fehrenboetel	1.7 „	
Rickling II	0.1 „	
Neumünster	1.8 „	
Daldorf	1.6 „	
Kalübbe	1.6 „	
Tarbeck	0.5 „	

Berechnet man aus den Differenzen den mittleren Fehler, so erhält man für den Wert einer Station ± 0.7 Milligal. Dieser Wert hätte sich noch verringert, wenn die Werte auf Grund der sich überdeckenden Meßschleifen ausgeglichen worden wären. Der Ausgleich wird jedoch erst nach Abschluß der Arbeiten durchgeführt werden. Bei den 24 in Holstein vermessenen Stationen und 11 Wiederholungen wurde nur eine einzige Messung mit einer Differenz von 3.2 Milligal verworfen. Wahrscheinlich war aber auch hier nicht das Gerät, sondern die anfangs noch geringe Übung bei Beobachtungen im Freien die Fehlerursache.

Bei den Messungen wurde das Gerät an windgeschützten Stellen oder in einem einfachen Leinenzelt aufgestellt. Die größte Entfernung zwischen Bezugsstation und Feldstation betrug entsprechend den Anforderungen der Praxis 30 km. Um einen Anhalt über Übertragungsfehler zu bekommen, wurde eine Kette von 85 km Länge vermessen. Der Schlußfehler der unausgeglichenen Werte beträgt nur 0.1 Milligal. Es lag natürlich eine zufällige Fehleraufhebung vor. Eine andere Kette lieferte bei 55 km Länge 1.8 Milligal Schlußfehler. Diese Ketten wurden auf Wunsch von Herrn Prof. Berroth vermessen. Aus den insgesamt 6 Ketten leitet Herr Prof. Berroth einen mittleren Fehler der Gravimeterstation in Holstein von ± 0.7 Milligal ab. Es ist somit durchaus berechtigt, den mittleren Fehler bei den Messungen mit dem Thyssen-Gravimeter mit kleiner als ± 1 Milligal anzunehmen.

