

Werk

Jahr: 1935

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:11

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0011

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0011

LOG Id: LOG_0059

LOG Titel: Relative Schweremessungen an einer tiefen Salzstruktur der norddeutschen Tiefebene

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

Relative Schweremessungen an einer tiefen Salzstruktur der norddeutschen Tiefebene

Von Dr. St. v. Thyssen, Hannover — (Mit 3 Abbildungen)

Mit einem Thyssenschen Schweremesser wurde das gravimetrisch gestörte Gebiet von Schneeheide, welches schon früher mit der Drehwaage untersucht worden ist, vermessen. Der Stationsabstand betrug durchschnittlich 500 m. Das auf Grund der Gravimetermessungen konstruierte Isogammenbild vervollständigte und sicherte die früheren Messungen. Der hohen erzielten Genauigkeit der Gravimetermessungen von ± 0.22 mgal ist es zuzuschreiben, daß es gelang, die Spezialgliederungen der verhältnismäßig geringen Schwerestörung herauszuarbeiten. Den relativen Schweremessungen werden dadurch neue Anwendungsgebiete gesichert.

Vor einiger Zeit habe ich in dieser Zeitschrift¹⁾ kurz über die neuere Entwicklung des Thyssenschen Schweremessers, seiner Leistungsfähigkeit und Meßgenauigkeit im normalen Feldbetrieb berichtet. Allerdings bezogen sich die Angaben nur auf Messungen mit einem mittleren Stationsabstände von etwa 8 km. Ausreichende Erfahrung mit geringeren Stationsabständen, wie dieses z. B. für die eingehendere gravimetrische Vermessung von Salzstrukturen erforderlich wäre, lagen damals noch nicht vor. In früheren Veröffentlichungen^{2) 3) 4)} wurden zwar schon Gravimetermessungen auf Salzdomgebieten beschrieben, jedoch handelte es sich bei diesen ersten Arbeiten mehr um das rein qualitative bzw. profilmäßige Erfassen der „Salzdomwirkung“ und wurde auf eine mehr flächenhafte Anordnung der Meßpunkte kein besonderer Wert gelegt. Weiter möchte ich noch darauf hinweisen, daß die Genauigkeit dieser Messungen ± 0.7 bis ± 1.0 mgal betrug, also noch beträchtlich hinter der mit neueren Geräten erhaltenen Meßgenauigkeit von ± 0.2 bis ± 0.5 mgal zurückstand. Erst durch die erhöhte Meßgenauigkeit wurde eine Isogammenführung in einem Abstände von 0.5 mgal und weniger ermöglicht und die Voraussetzung gegeben, derartige Untersuchungen erfolgreich durchzuführen.

Die im nachfolgenden beschriebenen relativen Schweremessungen beziehen sich auf eine flächenhafte Erfassung eines gravimetrisch gestörten Gebietes westlich Walsrode*). Es handelt sich hierbei um die gravimetrische Wirkung der tiefen Salzstruktur von Schneeheide**).

Das Gebiet, dessen Ausdehnung etwa 80 km beträgt, ist im November und Dezember 1932 schon von der Seismos, Hannover, im Auftrage Dritter, vermittelt 266 Drehwaagestationen untersucht worden. Durch die Drehwaagemessungen wurde eine ellipsenförmige gravimetrische Störung von verhältnismäßig geringem Minimumcharakter und N-S gerichteter Achse festgestellt. Das erhaltene Gra-

*) Meßtischblätter: Walsrode Nr. 1600 und Kirchboitzen Nr. 1599.

**) Seismische Untersuchungen zeigen eine Aufwölbung der Schichten.

dientenbild mit Krümmungswerten und die errechneten Isogammen sind in Fig. 1 wiedergegeben.

Obwohl das Drehwaagebild sich auf eine große Zahl von Meßergebnissen stützt, ist nur an einigen Profilen die bekannte Salzdomflankenwirkung zu erkennen. Im N und NO fehlen klare Salzfluchtwirkungen. In Ost-West-Richtung

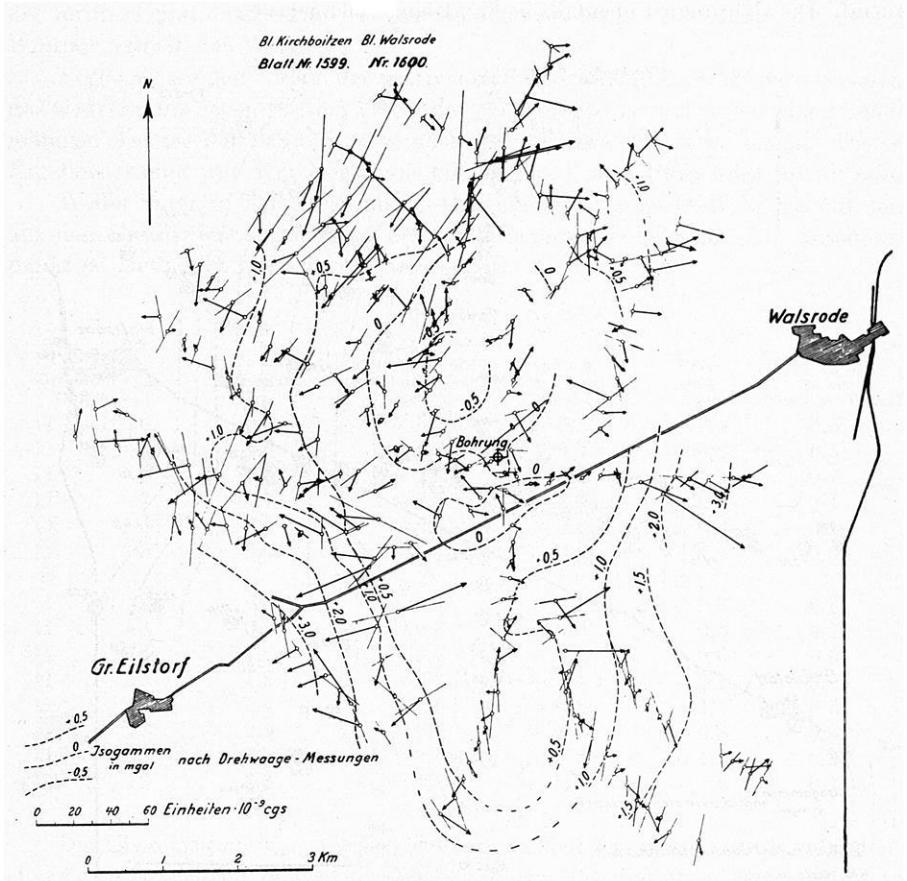


Fig. 1. Isogammenbild aus Drehwaagemessungen

verläuft zwar ein ziemlich regelmäßiges Profil, aus dem eine als reell anzusprechende Schwereanomalie von etwa 3 mgal Amplitude abgeleitet werden kann. In Nord-Süd-Richtung dagegen ist eine Ableitung von Schweredifferenzen aus dem Drehwaagebild kaum möglich und eine Isogammenführung im S- und NO-Gebiete höchst unsicher.

Das Gesamtbild macht also einen vielerorts lokal gestörten Eindruck, weil verschiedene zusätzliche Schwerewirkungen auftreten, die zum Teil auf Dichte-

unterschiede der Gesteine oberflächennaher Horizonte zurückzuführen sind. Daher ist auch der Isogammenkonstruktion eine beträchtliche Unsicherheit zuzuschreiben.

Auf Grund der Drehwaagemessungen wurde im Zentrum des gravimetrisch negativ gestörten Gebietes eine Tiefbohrung angesetzt, welche in 2247 m Salz antraf. Die Bohrung ist ebenfalls in Fig. 1 eingezeichnet.

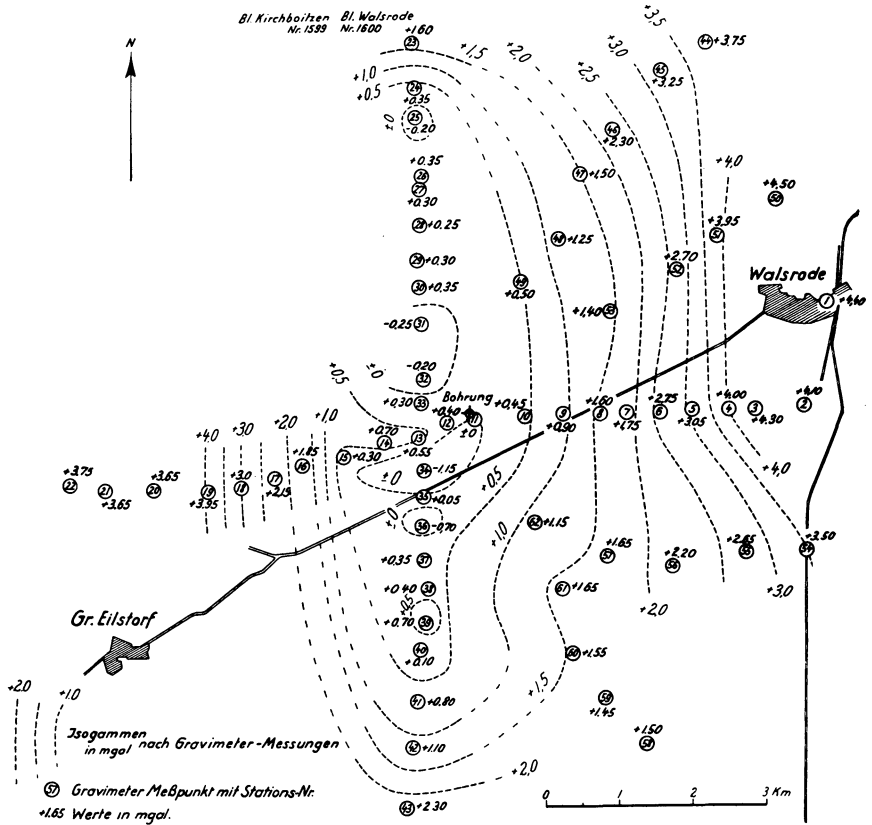


Fig. 2. Isogammenbild aus Gravimetermessungen

Gerade dieses an sich schwierige Gebiet erschien mir geeignet, um mit einem der neueren Thyssenschen Schweremesser eine Spezialvermessung durchzuführen, einmal, um festzustellen, ob in solchen Gebieten überhaupt mit relativen Schwere-messungen gearbeitet werden kann, weiter zu erfahren, wie weit das als unsicher zu betrachtende Isogammenbild aus Drehwaagemessungen reell ist und gleichzeitig die Isogammenführung im S- und NO-Untersuchungsgebiete sicherzustellen. Das Gravimeter wurde also für eine Aufgabe verwandt, die bisher ausschließlich der

Drehwaage vorbehalten war. Die gravimetrische Vermessung des Schneeheider Gebietes erstreckte sich über die Zeit vom 5. bis 29. April 1935.

Es wurden zuerst zwei Gravimeterprofile in O-W- und N-S-Richtung über das gesamte Gebiet hinweg gelegt. Das O-W-Profil, in welchem sich auch die Tiefbohrung befindet, hat eine Länge von etwa 10 km und enthält 23 Stationen, so daß der mittlere Stationsabstand weniger als 500 m beträgt. Der Meßpunkt an der Bohrung erhielt den Wert ± 0 .

Verfolgen wir den Verlauf der relativen Schwerkraftsunterschiede der Stationen des O-W-Profiles gegen Station 11 bei der Bohrung, so bemerken wir einen regelmäßigen Anstieg der Schwerewerte nach den Flanken von etwa 4 mgal. Dieses Ergebnis stimmt mit dem Isogammenbild in Fig. 1 verhältnismäßig gut überein.

Weiter unten in Tabelle 1 sind die Gravimeterwerte des O-W-Profiles mit den aus den Gradienten abgeleiteten Schweredifferenzen verglichen. Als Anschlußpunkt ist Meßpunkt 11 (Bohrung) verwendet.

Tabelle 1

Gemessen von Meßpunkt	Entfernung km	Gravimeter (aus Fig. 2, auf- gerundete Werte) mgal	Drehwaage (aus Fig. 1) mgal	Diffe- renz mgal	Differenz 10 km (absolute Werte)
11 nach 10	0.7	+ 0.5	+ 0.1	- 0.4	0.5
11 „ 9	1.2	+ 0.9	+ 0.3	- 0.6	0.5
11 „ 8	1.6	+ 1.6	+ 0.5	- 1.1	0.7
11 „ 7	2.1	+ 1.8	+ 1.0	- 0.8	0.4
11 „ 6	2.5	+ 2.8	+ 2.2	- 0.6	0.2
11 „ 5	3.0	+ 3.1	+ 2.9	- 0.2	0.05
11 „ 12	0.4	+ 0.4	+ 0.1	- 0.3	0.8
11 „ 13	0.9	+ 0.6	± 0.0	- 0.6	0.7
11 „ 14	1.25	+ 0.7	+ 0.1	- 0.6	0.5
11 „ 15	1.8	+ 0.3	+ 0.4	+ 0.1	0.05
11 „ 16	2.4	+ 1.9	+ 0.8	- 1.1	0.5
11 „ 17	2.9	+ 2.2	+ 1.4	- 0.8	0.3
11 „ 18	3.3	+ 3.0	+ 1.9	- 1.1	0.3
11 „ 19	3.8	+ 4.0	+ 2.4	- 1.6	0.4

Die Übereinstimmung zwischen Gravimeter und Drehwaage ist als zufriedenstellend zu bezeichnen, obwohl vereinzelt Widersprüche von über 1 mgal auftreten. Man muß aber dabei berücksichtigen, daß die Isogammenkonstruktion aus Gradienten bekanntlich unter der häufig nicht zutreffenden Annahme geschieht, daß die an einem Punkte gemessene Änderung der Schwerkraft bis zur halben Entfernung vom nächsten Meßpunkt gleich bleibt. Interessant ist, daß die Differenzen alle*) in demselben Sinne erfolgen, d. h. die Drehwaage-Isogammen immer etwas zu tief erscheinen.

Die letzte Spalte von Tabelle 1 gibt den Betrag an, um den jeder Gradient geändert werden müßte, um die mit dem Gravimeter gemessene Schweredifferenz

*) Mit einer Ausnahme.

zu erhalten*). Bemerkenswert ist, daß die $\frac{\text{Differenzen}}{10 \text{ km}}$ nur um geringes voneinander abweichen und alle ungefähr einem Wert von 0.5 Eötvös-Einheiten gleichkommen.

Das N-S-Profil besitzt eine Länge von etwa 10.5 km und enthält 22 Gravimeter-Stationen. Es läßt sich auch an diesem Profil, im Gegensatz zu den Drehwaage-Ergebnissen, eine gut ausgeprägte Amplitude erkennen, obwohl das Profil von verschiedenen kleinen lokalen Dichtestörungen unterbrochen wird und der Schwereanstieg nach Norden, bezogen auf Meßpunkt 13, nur etwa 1 mgal und nach Süden 1.8 mgal beträgt. Die beiden nördlich und südlich der Bohrung auftretenden lokalen Schwereminima stimmen mit den Drehwaage-Ergebnissen recht gut über-

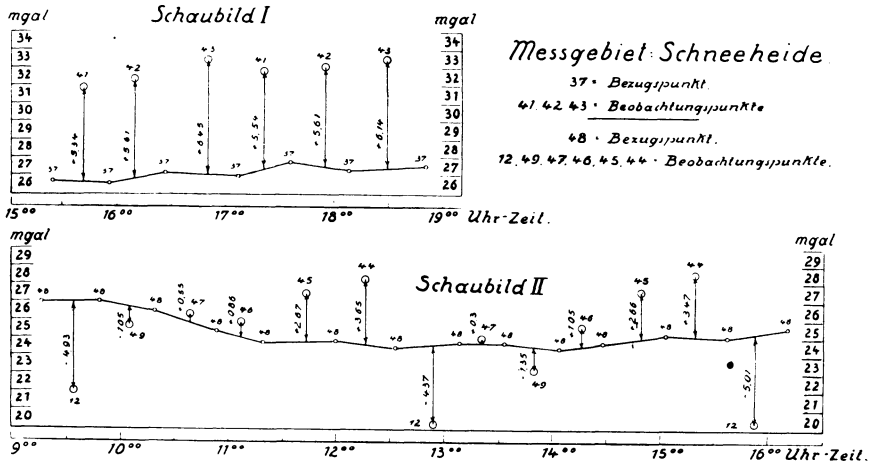


Fig. 3. Graphische Auswertung von Gravimetermessungen

ein. Durch die Gravimeterstationen 40, 41, 42 und 43 konnte ferner die unvollständige Isogammenführung im südlichen Untersuchungsgebiet vervollständigt werden.

Im nordöstlichen Untersuchungsgebiete, wo die Isogammenkonstruktion aus Drehwaagemessungen ebenfalls recht unsicher sind, wurden noch weitere 10 Gravimeter-Stationen, diesmal in etwa 1 km Abstand gelegt, so daß auch dort ein einwandfreies Isogammenbild gezeichnet werden konnte. Auch im SO-Teil des Gebietes wurden mehrere Gravimeter-Stationen flächenhaft verteilt und die Isogammenführung sichergestellt. Es ergab sich dabei, daß das aus Drehwaagemessungen errechnete Isogammenbild im großen bestätigt werden konnte.

Ich will im nachstehenden noch kurz auf das Meßtechnische eingehen und die Ergebnisse von zwei Meßreihen an verschiedenen Tagen, ferner die Ergebnisse der

*) Eine Schweredifferenz von 1 mgal bei 10 km Stationsabstand entspricht einem Gradienten von 1 Einheit · 10⁻⁹ cgs.

Gravimetermessungen mit Kontrollen wiedergeben. An jedem Punkte wurde mindestens zweimal gemessen. Die Wiederholungen fanden am gleichen oder an einem anderen Tage statt.

Im allgemeinen wurde nach dem Schema: Basis-Station A — Basis-Station B — Basis-Station C — Basis- usw. gemessen, worauf die Meßreihe wiederholt wurde. Eine solche Meßreihe enthielt durchschnittlich 4, jedoch selten mehr als 6 verschiedene Stationen. Die graphische Auswertung der Ergebnisse zweier solcher Meßreihen sind in den beiden Schaubildern von Fig. 3 wiedergegeben. Bemerket sei noch, daß keine Korrektur angebracht worden ist.

Schaubild I zeigt drei Punkte 41, 42, 43, wobei gegen Bezugspunkt 37 gemessen wurde. Anschließend daran wurden die Messungen zur Kontrolle noch einmal wiederholt. Eine Meßreihe enthält also 13 Einzelaufstellungen. Im Verlaufe der Messungen änderte sich die Einstellung des Gerätes um ~ 1 mgal in etwa 2 Stunden. Schaubild II bringt eine Meßreihe von 6 Punkten 12, 49, 47, 46, 45, 44, die gegen Bezugspunkt 48 gemessen und anschließend ebenfalls einmal wiederholt wurden, was 27 Einzelaufstellungen entspricht. Die gesamte Meßdauer betrug 7 Stunden, so daß auf eine Einzelmessung mit dem Transport von Meßpunkt zu Bezugspunkt durchschnittlich nur etwa 15 Minuten entfielen. Die Einstellung änderte sich in 4 Stunden um ~ 3 mgal. Man ersieht aus der Abbildung, daß, obwohl sich die Einstellung des Gerätes um ein Mehrfaches der Meßgenauigkeit ändert, die einzelnen Schwerewerte doch sehr gut reproduziert werden. Der Übersichtlichkeit wegen sind in folgender Tabelle 2 die Unterschiede der Wiederholungen aus den Meßreihen der Fig. 3 zusammengestellt.

Tabelle 2

Meßpunkt	Unreduzierte Schweredifferenz			Unterschiede mgal
	1. Messung	2. Messung	3. Messung	
41	+ 5.34	+ 5.54	—	+ 0.20
42	+ 5.61	+ 5.61	—	0.00
43	+ 6.45	+ 6.14	—	— 0.31
12	— 4.93	— 4.37	— 5.01	} + 0.56 — 0.08
49	— 1.05	— 1.35	—	
47	+ 0.55	+ 0.30	—	— 0.25
46	+ 0.86	+ 1.05	—	+ 0.19
45	+ 2.67	+ 2.66	—	— 0.01
44	+ 3.65	+ 3.47	—	— 0.18

Im O-W-Profil wurden als Basispunkte die Stationen 1, 12, 22 verwendet, an welche dann die Nachbarstationen angeschlossen wurden. Zur Sicherung der Basispunkte sind noch die Schleifen 12—22—3—12 und 12—1—3—12 vermessen worden. Die erste Schleife gab die folgenden unausgeglichenen Werte $+ 5.75 - 0.8 - 4.85 = 0.1$ mgal Widerspruch; die zweite Schleife $+ 11.85 - 7.15 - 4.9 = 0.2$ mgal Widerspruch.

Im N-S-Profil wurden als Basispunkte die Stationen 28, 12, 37 gewählt. Im NO-Meßgebiet wurden Station 48 und im SO-Meßgebiet Station 55 und 62 als Bezugspunkte festgelegt und an Station 12 angeschlossen.

Weiter oben wurde mitgeteilt, daß Kontrollmessungen nicht nur an ein und demselben Tage, sondern auch zu verschiedenen Tagen durchgeführt worden sind. Dieses war zur Sicherung der Ergebnisse besonders wichtig. Es zeigte sich, wie aus Tabelle 3 hervorgeht, daß auch dann die Unterschiede derselben Größenordnung angehören, und die Meßgenauigkeit in beiden Fällen fast die gleiche bleibt.

Tabelle 3

Meßpunkt	Gemessen gegen Bezugspunkt	Unreduzierte Schweredifferenz		Wiederholung		Unterschiede mgal
		Datum	mgal	Datum	mgal	
6	1	5. VI.	— 8.24*)	18. VI.	— 7.69	— 0.55
8	1	5. VI.	— 8.96*)	18. VI.	— 9.22	+ 0.26
13	1	18. VI.	— 11.46	24. VI.	— 11.58*)	+ 0.12
18	22	11. VI.	— 2.25*)	29. VI.	— 1.94	— 0.31
19	22	11. VI.	— 1.45*)	29. VI.	— 2.00	+ 0.55
5	1	13. VI.	— 8.31*)	24. VI.	— 7.66	— 0.65

In Tabelle 4 sind noch sämtliche gemessenen unreduzierten Schwereunterschiede mit den Wiederholungen und Unterschieden in mgal wiedergegeben. Die in Tabellen 2 und 3 gebrachten Ergebnisse sind hier nicht mit angegeben. Die endgültigen reduzierten und ausgeglichenen Werte können aus Fig. 2 entnommen werden.

Tabelle 4

Meßpunkt	Gemessen gegen Bezugspunkt	Unreduzierte Schweredifferenz			Unterschiede (absolute Werte) mgal
		1. Messung	2. Messung	3. Messung	
2	1	— 2.55	— 2.38	—	0.17
3	1	— 7.20	— 7.13	—	0.07
4	1	— 7.90	— 7.90	—	0.00
5	1	— 7.85	— 8.77	—	0.92
6	1	— 8.70	— 7.78	—	0.92
7	1	— 9.60	— 9.53	—	0.07
8	1	— 9.54	— 9.22	—	0.32
9	1	— 10.40	— 10.05	—	0.35
10	1	— 11.32	— 10.89	—	0.43
11	1	— 11.75	— 11.70	—	0.05
12	1	— 12.09	— 11.64	—	0.45
13	1	— 11.00	— 12.15	—	1.15
14	1	— 11.60	— 11.49	—	0.11
16	1	— 9.69	— 9.25	—	0.39
17	1	— 9.63	— 9.14	—	0.49

*) Berechnet als Mittel zweier unabhängiger Messungen an einem Tage (siehe auch Tabelle 4).

Tabelle 4 (Fortsetzung)

Meßpunkt	Gemessen gegen Bezugspunkt	Unreduzierte Schwereendifferenz			Unterschiede (absolute Werte) mgal
		1. Messung	2. Messung	3. Messung	
18	22	— 2.84	— 1.66	—	1.18
19	22	— 1.75	— 1.14	—	0.61
20	22	— 2.04	— 1.91	—	0.10
21	22	— 0.53	— 0.86	—	0.33
3	22	— 0.70	— 0.36	—	0.34
3	12	+ 4.66	+ 5.06	—	0.40
15	12	+ 1.34	+ 0.56	—	0.78
22	12	+ 5.79	+ 5.67	—	0.12
33	12	+ 0.42	— 0.17	—	0.59
34	12	— 1.25	— 1.45	—	0.20
55	12	+ 8.02	+ 8.54	+ 8.33	{ 0.52
12	24	— 3.52	— 3.84	—	{ 0.31
23	24	— 0.22	— 0.80	—	{ 0.32
25	24	+ 0.08	+ 0.16	—	{ 0.58
12	28	— 3.30	— 2.92	— 2.62	{ 0.08
26	28	+ 0.24	+ 0.22	—	{ 0.38
27	28	— 0.01	— 0.29	—	{ 0.68
29	28	— 0.30	— 0.39	—	{ 0.02
30	28	— 0.21	— 0.36	—	{ 0.28
31	18	— 1.39	— 0.92	—	{ 0.09
12	37	— 0.25	+ 0.55	— 0.73	{ 0.15
35	37	+ 0.25	— 0.21	—	{ 0.47
36	37	+ 2.12	+ 2.13	—	{ 0.48
38	37	+ 0.22	+ 0.04	—	{ 0.01
39	37	+ 2.75	+ 2.87	—	{ 0.18
40	37	+ 4.17	+ 4.45	—	{ 0.12
50	48	+ 3.42	+ 3.27	—	{ 0.28
51	48	+ 1.55	+ 1.72	—	{ 0.15
52	48	+ 1.11	+ 1.68	—	{ 0.17
53	48	— 1.20	— 0.95	—	{ 0.57
54	55	+ 0.48	+ 0.57	—	{ 0.25
56	55	— 1.50	— 1.95	—	{ 0.09
12	62	— 0.29	+ 0.31	—	{ 0.45
57	62	+ 1.38	+ 1.39	—	{ 0.60
58	62	+ 4.65	+ 5.57	—	{ 0.01
59	62	+ 6.14	+ 6.29	—	{ 0.92
60	62	+ 6.21	+ 6.27	—	{ 0.15
61	62	+ 1.73	+ 1.50	—	{ 0.06
					{ 0.23

Bemerkenswert ist, daß von 73 Kontrollmessungen die Widersprüche nur zweimal mehr als 1 mgal (1.15 und 1.18 mgal) und nur 17mal mehr als 0.5 mgal betragen. Aus den Tabellen 2, 3 und 4 läßt sich der mittlere Fehler aller doppelt gemessenen Gravimeterpunkte auf dem Gebiet „Schneeheide“ zu rund

± 0.22 mgal berechnen*). Der mittlere Fehler einer Einzelmessung beträgt demnach

$$m \cdot F \cdot = \sqrt{\frac{\varepsilon d^2}{2n}} = \pm 0.31.$$

Die tägliche Durchschnittsleistung in einem Meßgebiet, wie das vorliegende, mit Stationsabständen von etwa 500 m ist bei günstigen Wegeverhältnissen mit etwa 4 bis 5 Stationen anzusetzen. Die gesamten Messungen im Schneeheider Gebiet, wozu auch Wiederholungen und Schleifen gehören, benötigten eine Zeit von etwas über 3 Wochen. Weitere 18 Gravimeter-Meßpunkte wären nötig gewesen, um auch die Isogammenführung im N-W und S-W des Meßgebietes sicherzustellen. Auf Grund der Ergebnisse von 80 Gravimeter-Stationen würden sich dann Isogammen bedeutend vollständiger und zuverlässiger zeichnen lassen, als mit Hilfe der 266 Drehwaagestationen. Auch die erforderliche Zeit ist bei dem Gravimeter drei- bis viermal geringer anzusetzen. Wichtig ist an sich, wie aus Fig. 2 hervorgeht, daß schon ein kleiner Teil dieser Stationen einen guten Aufschluß über die Lage des Salzdomes geben kann.

Die neueren Thyssenschen Schweremesser eignen sich also zum Suchen und isogammenmäßigen Erfassen gravimetrisch verhältnismäßig gering gestörter Gebiete, sowie zum Lokalisieren von örtlichen Dichteunterschieden des Untergrundes. Allein oder in Verbindung mit der Drehwaage eröffnet das Gravimeter, dank der hohen Meßgenauigkeit, den relativen Schweremessungen neue Anwendungsmöglichkeiten in der angewandten Geophysik.

Literatur

- 1) St. v. Thyssen: Zeitschr. f. Geophys. **3** (1935).
- 2) A. Schleusener: ebenda **8** (1934).
- 3) A. Berroth: Berg- und Hüttenmänn. Zeitschr. „Glückauf“ Nr. 45, S. 34.
- 4) St. v. Thyssen: Gerlands Beitr. f. Geophys. **5**, Heft 2 (1935).

*) Berechnet aus den Unterschieden von je zwei Messungen unter Benutzung der Formel

$$M \cdot F \cdot = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\varepsilon d^2}{n}}.$$