

Werk

Jahr: 1936

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:12

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0012

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0012

LOG Id: LOG_0007

LOG Titel: Der neue statische Schweremesser des Geodätischen Instituts in Potsdam

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

Der neue statische Schweremesser des Geodätischen Instituts in Potsdam

Von **H. Haalek**, Potsdam — (Mit 12 Abbildungen)

Inhalt: a) Beschreibung des Instruments, b) Messungsbeispiele, c) Vergleich von Messungsergebnissen des statischen Schweremessers und des Schwerkraftpendels, d) Schlußfolgerungen in bezug auf Anlage und Durchführung gravimetrischer Landesvermessungen.

Über die bisherige Entwicklung des statischen, auf dem barometrischen Prinzip beruhenden Schweremessers habe ich an dieser Stelle wiederholt berichtet*). Die Messungen wurden bis zum vorigen Herbst mit dem einfachen Versuchsinstrument ausgeführt. Bereits im Herbst 1933 konnte das Hauptziel meiner Versuche, nämlich die Erreichung einer der Pendelmethode entsprechenden Meßgenauigkeit für Messungen auf festem Lande (die zu etwa ± 1 bis 2 mgal angenommen wurde), als gesichert angesehen werden; ebenso konnte die Entwicklung des Instruments für Schweremessungen auf fahrenden Schiffen soweit gefördert werden, daß die Versuchsfahrt nach Finnland im Sommer 1935 die Erreichung einer Meßgenauigkeit von etwa ± 3 bis 5 mgal für ununterbrochene Messungen auf See bewies. Leider standen erst im Herbst 1934 die Mittel für den Bau eines neuen vollständigen Feldinstruments (für Messungen auf festem Lande) zur Verfügung, welches dann im Winter 1934/1935 auf Grund der bisherigen Erfahrungen gebaut und in diesem Sommer in Dienst gestellt werden konnte. Die Einzelteile wurden nach meinen Angaben bei den einschlägigen Firmen hergestellt und in der Werkstatt des Geodätischen Instituts von dem Mechaniker stud.ing. Günther Rebenstorff zusammengesetzt.

a) *Beschreibung des Instruments.* Das neue vollständige Feldinstrument ist in seinem Querschnitt quadratisch und hat eine Höhe von 125 cm, einen Durchmesser von 62 cm. Es enthält vier voneinander unabhängige statische Schweremesser, die einzeln herausgenommen werden können und deren Ablesevorrichtungen auf zwei einander gegenüberliegenden Seiten so angeordnet sind, daß zwei Beobachter gleichzeitig am Instrument tätig sein können. Um auch in der Dunkelheit

*) H. Haalek: Zeitschr. f. Geophys. 7, Heft 1/2 (1931); 8, Heft 1 u. 5 (1932); 9, Heft 1/2 u. 6/8 (1933); 11, Heft 1 u. 2 (1935).

Messungen ausführen zu können, wurden an den Ablesefenstern Beleuchtungs-
vorrichtungen angebracht. Das Gewicht jedes Einzelapparats beträgt etwa 25 bis

30 kg: das Gesamtgewicht des Instru-
ments in meßfertigen Zustand
mit Wasser und Eis gefüllt beläuft
sich auf etwa 7 Zentner. Die Glas-
teile sind technisch so geschützt,
daß Beschädigungen normalerweise
nicht vorkommen können, und
während der letzten 4 Monate Geländemessungen auch nicht vorge-
kommen sind. Die kardanische
Aufhängevorrichtung auf dem
Kraftwagen ermöglicht es, das
Instrument sehr schnell mit Hilfe
zweier seitlich angebrachter Lauf-
gewichte ins Lot zu bringen. Wäh-
rend des Transports wird das Instru-
ment durch eine einfache mit
wenigen Handgriffen zu betätigende
Vorrichtung festgelegt. Das Instru-

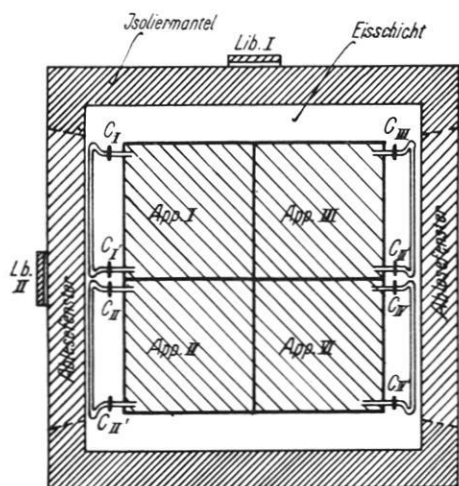


Fig. 1. Anordnung der vier Apparate
im Instrumentenkasten

ment wird während der Messungen ständig unter Eis gehalten: die Isolation ist so
gut, daß es im heißen Sommer genügt, morgens und abends etwas Eis nachzufüllen.



Fig. 2. Messung mit dem statischen Schweremesser im Gelände
(Anschlußmessung in Potsdam)

Der Eisvorrat in der mitgeführten Eiskiste muß dann etwa jeden dritten Tag ergänzt werden; in den kälteren Monaten kommt man naturgemäß mit sehr viel weniger Eis aus. Im Winter wirkt die Isolation umgekehrt: Sie verhindert bei Frostwetter das vollständige Einfrieren des Apparats. Bei länger andauerndem Frost ist es nötig, auf dem Wagen eine kleine Heizvorrichtung (etwa einen Petroleumofen oder eine elektrische Heizung) anzubringen; es genügt aber im allgemeinen, den Wagen des Nachts in einem Raum von nicht unter Null Grad Temperatur unterzustellen. Somit kann der statische Schweremesser auch den Winter hindurch arbeiten.

Die Dimensionen der vier einzelnen Schweremesser sind infolge des beschränkten Raumes etwas kleiner als bei dem ersten einfachen Versuchsinstrument; die Skalenwerte wurden so gewählt, daß eine Schwereänderung von 1 mgal (= 0.001 cgs-Einheit) eine Verschiebung der Menisken um $\frac{4}{5}$ mm hervorruft; Parallaxenfehler oder dergleichen lassen sich bei einer solchen Ablesegenauigkeit leicht vermeiden. Da eine Neigung von 5 Bogenminuten aus der Vertikalstellung heraus erst eine Schwereänderung von 1 mgal bewirkt, so ist ein Neigungsfehler bei den Messungen nicht zu befürchten. Die *experimentelle Skalenwertsbestimmung**, welche mittels Neigung des Instruments um etwa 1° aus der Vertikalstellung heraus ausgeführt wird, erfolgt nicht mehr mit Hilfe der Fußschrauben (wegen des leichteren Transports auf dem Boden sind diese durch Rollen ersetzt worden), sondern auf dem Kraftwagen selbst in der Aufhängevorrichtung und kann zu jeder Zeit vorgenommen werden.

Es gilt für den Skalenwert C die Formel

$$C = \frac{g}{2} \cdot \frac{\delta^2}{dx},$$

wo dx den Ausschlag der Menisken, δ die Neigung des Instruments aus der Vertikalstellung heraus, g den absoluten Wert der Schwerkraft bedeuten.

Vor der Skalenwertsbestimmung werden die beiden *Libellen* in der bekannten Weise einzeln *justiert*, daß man das Instrument erst ein wenig nach der einen und dann nach der anderen Seite neigt, dabei die Ausschläge der Menisken beobachtet und die Libellen dann so in die Horizontalstellung bringt, daß gleiche Neigungen des Instruments nach der einen und nach der anderen Seite gleiche Ausschläge der Menisken zur Folge haben. Da die vier Schweremesser in dem Instrument nicht absolut parallel zueinander sind, so muß man die Skalenwertsbestimmung jedes einzelnen Apparats für sich durchführen und jedesmal vorher die Libellen neu justieren, was sehr einfach durchzuführen ist, da es sich nur um kleine Korrekturen handelt. Nach Beendigung der Skalenwertsbestimmung gibt man den Libellen eine mittlere Lage und hat dann nur dafür Sorge zu tragen, daß sie sich während einer Messungsreihe nicht verändern.

*) Vgl. Zeitschr. f. Geophys. 8, Heft 5 (1932).

Beispiel einer Skalenwertsbestimmung: Die Skalenwertsbestimmung erfolgt für jeden Apparat zweifach, indem einmal Libelle I, das andere Mal Libelle II in Nullstellung gehalten wird. Der Neigungswinkel des Instruments wird gemessen dadurch, daß ein unten am Instrument angebrachter Zeiger an einer Skala entlang schwingt (oder besser mit Spiegel und Skala); a bedeutet die Zeigerstellung, l den Abstand der Skala von der Umdrehungsachse des Kardangehanges:

1. Bestimmung (App. I).

	a	x_1	x_2	$\frac{x_1 + x_2}{2}$	
1. Nullstellung.	12.07	9.15	11.65	10.40	$l = 97.0$
2. Neigung nach vorn . .	13.52	0.20	2.65	1.42	$\delta = \frac{da}{l} = \frac{1.48}{97}$
3. Nullstellung	12.07	9.20	11.65	10.42	
4. Neigung nach hinten .	10.63	0.15	2.70	1.42	$dx = 9.03$
5. Nullstellung.	12.07	9.25	11.80	10.52	

Daraus folgt $C_I = 12.2$.

2. Bestimmung (App. I).

	a	x_1	x_2	$\frac{x_1 + x_2}{2}$	
1. Nullstellung.	12.42	9.55	12.05	10.80	$l = 96.0$
2. Neigung nach rechts. .	10.94	0.20	2.80	1.50	$da = 1.48$
3. Nullstellung.	12.42	9.55	12.00	10.78	$\delta = \frac{da}{l} = \frac{1.48}{96.0}$
4. Neigung nach links . .	13.90	0.40	2.80	1.60	
5. Nullstellung.	12.42	9.65	12.10	10.87	$dx = 10.82 - 1.55 = 9.27$

Daraus ergibt sich $C_I = 12.6$.

Insgesamt ergaben die Skalenwertsbestimmungen für die vier einzelnen Apparate:

$C_I = 12.4$	$b_I = 780$ mm
$C_{II} = 12.5$	$b_{II} = 778$ „
$C_{III} = 12.4$	$b_{III} = 772$ „
$C_{IV} = 12.8$	$b_{IV} = 785$ „

d. h. im Mittel bedeutet eine Zunahme der Ablesung um einen Zentimeter eine Schwerezunahme um 12.5 mgal. Der für die einzelnen Apparate angegebene Druck b bedeutet den Druck, welcher in dem Raum des betreffenden Apparats herrscht, der durch einen Hahn mit dem Außenraum in Verbindung gebracht werden kann. Ist diese Verbindung mal geöffnet worden, z. B. wenn der Verbindungshahn neu gefettet wird, so muß nach dem Einsetzen des Hahnes der Druck im Instrument wieder auf den gleichen Betrag (bis auf etwa 3 bis 5 mm genau) gebracht werden. Dann ist der statische Schweremesser wieder eingestellt und der Skalenwert der gleiche. Eine zeitliche Änderung der Skalenwerte ist nicht möglich, da diese durch die Dimensionen des Instruments unveränderlich gegeben sind*).

*) Am besten ist eine Durcheinigung des ganzen Skalenbereiches; durch Wiederholungen läßt sich der Skalenwert wohl auf mehr als $\frac{1}{2}\%$ genau bestimmen.

Da die vier Apparate ziemlich gleiche Dimensionen besitzen, sind ihre Skalenwerte auch nahezu gleich. Bei der Auswertung der Beobachtung genügt es daher, um die Umrechnung in Milligal vorzunehmen, die beobachteten Zahlenwerte nach Ausführung der Mittelbildungen mit dem mittleren Skalenwert $C = 12.5$ zu multiplizieren.

Der gesamte *Meßbereich* beträgt etwa 150 mgal; die Meßmarken können aber entweder mit Hilfe einer besonderen, durch einen Hahn abschließbaren Verbindungskapillaren oder von außen her durch leichte Druckregulierung sehr schnell und einfach nach Belieben eingestellt werden.

Während es sich bei den Messungen mit dem einfachen Versuchsinstrument in erster Linie darum handelte, die physikalischen Eigenschaften des statischen Schweremessers zu erproben und die technischen Einzelheiten der Konstruktion zu entwickeln, einmal für Messungen auf festem Lande, zum anderen für Messungen auf fahrenden Schiffen, lag die Aufgabe nach endgültiger Inbetriebnahme des neuen vierfachen Feldinstruments darin, die dem Instrument entsprechende beste Methode für die praktische Ausführung von gravimetrischen Vermessungen auszuprobieren. Diese richtet man zweckmäßigerweise so ein, daß der zeitliche Gang, den die Nullage des statischen Schweremessers infolge der Erschütterungen durch den Transport von Station zu Station erleidet, eliminiert wird. In dieser Beziehung konnten weitere Fortschritte erzielt werden: Es hatte sich im vorigen Jahre gezeigt, daß der statische Schweremesser längere Zeit hindurch weder einen zeitlichen Gang noch sprunghafte Verlagerungen der Nullage zeigte, und daß diese dann zuweilen wieder in erheblich störender Weise auftraten, ohne daß die Ursache zunächst gefunden werden konnte. Dieselbe Erscheinung zeigte anfangs auch das neue vierfache Instrument. Durch fortwährende Beobachtung gelang es, den Grund dieser Erscheinung, der nur in der Arretiervorrichtung lag, zu finden, und nachdem die Ursache erst bekannt war, bot die Beseitigung dieser Fehlerquelle keine Schwierigkeit mehr. Der *zeitliche Gang* beträgt jetzt nicht mehr als durchschnittlich 1 bis 2 mgal pro Stunde; ein Gang von 2 bis 3 mgal stündlich ist sehr selten und sehr häufig ist mit Sicherheit überhaupt keine Änderung der Nullage festzustellen. Meistens ist der Gang negativ, d. h. im Sinne einer Abnahme der Schwerkraft; doch ist eine Regel in dieser Beziehung nicht festzustellen, ebenfalls nicht, ob die Außentemperatur (Unterschied zwischen Sommer und Winter) einen Einfluß darauf besitzt. Z. B. betrug der zeitliche Gang am 7. Dezember bei der Vermessung einer örtlichen Schwereanomalie:

Apparat	I:	1.1 mgal Zunahme pro Stunde,
„	II:	ohne zeitlichen Gang,
„	III:	2.1 mgal Zunahme pro Stunde,
„	IV:	0.8 mgal Abnahme pro Stunde.

Größere Gänge oder sprunghafte Änderungen der Nullage lassen darauf schließen, daß der statische Schweremesser irgendwie nicht in Ordnung ist und sind in den letzten Monaten nicht mehr vorgekommen. Da sich der Gang als recht gut linear

herausgestellt hat, so ergab sich als einfachste und beste Methode, eine Meßstrecke hin und zurück mit annähernd gleichen Zeitintervallen durchzumessen. Durch einfache Mittelbildung aus den beiden Meßwerten fällt dann der zeitliche Gang heraus*). Vorsichtig muß man im allgemeinen nur zu Beginn einer Meßreihe sein, wenn das Instrument in Ruhe gewesen ist, und nach dem ersten oder den ersten beiden Meßpunkten besser wieder zur Kontrolle nach dem ersten Punkt zurückkehren. Der *Meßvorgang* an den einzelnen Stationen hat sich weiter beschleunigen lassen: Während anfangs noch an jeder Station eine ganze Anzahl von Ablesungen vorgenommen wurden, wobei das Instrument abwechselnd geneigt und erschüttert wurde, hat sich später erwiesen, daß es günstiger ist, gleich nach Anhalten des Autos an einer Station etwa drei bis vier Ablesungen zu machen und dann sofort zur folgenden Station weiter zu fahren. *Eine Messung gestaltet sich also wie folgt:* Der Wagen hält an einem Punkte, an welchem die Höhe bekannt ist, an; die Beobachter stellen das Instrument ins Lot, öffnen die Arretierhähne und lesen vier- bis fünfmal die Stellung der Menisken ab. Dann werden die Arretierhähne wieder geschlossen, das Instrument festgelegt und der Wagen fährt zum nächsten Punkt weiter. Der gesamte Meßvorgang vom Anhalten bis zur Abfahrt des Wagens nimmt höchstens 4 Minuten in Anspruch; nur bei starkem Wind ist mehr Zeit erforderlich, es sei denn, daß der Beobachtungspunkt im Windschutz gewählt werden kann oder der Kraftwagen genügend schwer ist oder hinreichend gut abgestützt werden kann. Bei ruhig hängendem Apparat ist die Beobachtung der Ruhelage der Menisken einfach; gerät das Instrument infolge der Erschütterungen durch die Windstöße in Schwankungen, so erfordert das richtige Einschätzen der genauen Ruhelage einige Übung, da die Bewegung der Menisken nicht symmetrisch zur Gleichgewichtslage verläuft.

Die *Tagesleistung* des statischen Schweremessers ist daraus ersichtlich: Jeder Meßpunkt nimmt bei doppelter Messung insgesamt 8 Minuten in Anspruch; im übrigen hängt die Meßgeschwindigkeit von der Schnelligkeit des Transports und dem Stationsabstand ab. So wurde z. B. bei elfstündiger Arbeitszeit und einem Punktabstand von 3 bis 4 km eine Tagesleistung von 20 Meßpunkten gut erreicht; bei kurzem Abstand von durchschnittlich 1 km wurden bei $7\frac{1}{2}$ stündiger Arbeitszeit 27 Meßpunkte fertig (d. h. mit einfacher Wiederholung) gemessen.

Die *Berechnungsarbeiten* bestehen lediglich darin, daß nach den Mittelbildungen der Ablesungen diese mit dem Skalenwert multipliziert werden. Die übrigen Reduktionen (wegen der Höhe und der geographischen Breite) sind einfach aus Tabellen zu entnehmen, so daß die gesamten Berechnungen sehr einfach und schnell ausgeführt werden können. Hervorzuheben ist außer den geringen Betriebskosten noch die einfache Handhabung des Instruments, die es jedem Nichtfachmann nach kurzer Instruktion ohne weiteres ermöglicht, mit dem statischen Schweremesser zu arbeiten.

*) Bei anderer Punktanordnung muß man naturgemäß ein dementsprechendes — am besten graphisches — Verfahren zur Ermittlung des zeitlichen Ganges benutzen.

Die *Genauigkeit*, mit welcher der Schwereunterschied zwischen zwei Punkten mit dem statischen Schweremesser gemessen wird, hängt entsprechend dem Fehlergesetz von der Häufigkeit der Wiederholungen ab. Infolge der Einfachheit der Handhabung des statischen Schwermessers ist die Möglichkeit gegeben, die Messungen beliebig oft zu wiederholen. Wird ein Meßpunkt etwa vier- bis fünfmal gemessen, so liegt der mittlere Fehler des Messungsergebnisses etwa in der Größenordnung von ± 0.25 bis ± 0.5 mgal. Bei der angegebenen Meßmethode mit einfacher Wiederholung beträgt er etwa ± 1 mgal. Es sind meistens bessere Übereinstimmungen erzielt worden, doch auch Abweichungen bis zu 3 mgal, jedoch nur ganz vereinzelt, so daß ein mittlerer Fehler von ± 1 mgal als Durchschnitt angegeben werden kann. Meistens liegt der mittlere Fehler jedoch darunter, besonders bei guten Beobachtungsverhältnissen (Beschaffenheit der Straßen, Windverhältnisse und dergleichen) und kurzem Punktabstand; z. B. betrug bei der erwähnten Tagesleistung von 27 Stationen in 1 km Abstand der mittlere Fehler bei einmaliger Wiederholung durchschnittlich ± 0.5 mgal; bei der kürzlichen Vermessung eines mit dem statischen Schweremesser neu entdeckten örtlichen Schwereminimums ergab sich für die einfach wiederholten Meßpunkte ein mittlerer Fehler von ± 0.6 mgal, für die zwei- bis vierfach wiederholten Punkte ein mittlerer Fehler von ± 0.2 bis 0.3 mgal.

Es wird häufig übersehen, daß neben dem mittleren Fehler eines Meßpunktes der *Punktabstand* ein ebenso wichtiger — häufig sogar entscheidender — Faktor für die Genauigkeit der gravimetrischen Vermessung eines Untersuchungsgebietes ist. Die Rückschlüsse auf die geologischen Ursachen der Schwereanomalien ziehen wir aus dem durch die Messungen gefundenen Verlauf der Schwereänderung in dem betreffenden Gebiet. Ergibt sich z. B. bei einem Stationsabstand von 10 km; daß ein einzelner Meßwert eine Differenz gegen die Nachbarpunkte zeigt, so sind alle weiteren geologischen Schlußfolgerungen von der Sicherheit der Messung dieses Meßpunktes abhängig. Ist dagegen der Stationsabstand z. B. 2 bis 3 km, so wird man erst dann auf eine geologische Ursache schließen, wenn mehrere benachbarte Messungen die Anomalie im gleichen Sinne zeigen. Die Vermessung ist in letzterem Falle also eine weit genauere, auch wenn der einzelne Meßpunkt einen größeren mittleren Fehler besitzt. Aus diesen Erwägungen heraus und unter Berücksichtigung der Tatsache, daß lediglich dadurch, daß der Meßwagen an einem Punkte bei der Hin- und Rückfahrt 4 Minuten anhält, eine neue Schwerestation geschaffen wird, bin ich grundsätzlich dazu übergegangen, als Stationsabstand für die statischen Messungen nicht über durchschnittlich 3 km hinauszugehen. Erst dadurch wird die Überlegenheit des statischen Schwermessers, welche in der großen Meßgeschwindigkeit liegt, voll ausgenutzt und auch lokale Schwerestörungen von kleiner Erstreckung können bei der Vermessung weniger leicht übersehen werden.

b) *Messungsbeispiele*. Der neue statische Schweremesser des Geodätischen Instituts wurde in diesem Sommer in Betrieb genommen. Im Rahmen der gravimetrischen Landesvermessung wurde der größte Teil Mecklenburgs und der Prignitz

vermessen, und zwar begrenzt im Osten etwa von der Linie Potsdam—Kyritz—Rostock, im Süden von der Linie Potsdam—Genthin, bis zur Elbe, im Westen von der Elbe und der mecklenburgischen Landesgrenze, im Norden bis zur Küste. Außerdem wurde das Meßprofil Stendal—Magdeburg—Braunschweig—Celle—Wittingen—Kalbe—Stendal durchgemessen. Insgesamt liegen die Meßergebnisse von mehr als 700 Schwerestationen vor*). Die Gesamtkosten betragen etwa 20 000 RM, wobei zu beachten ist, daß ein erheblicher Teil dieser Kosten nicht zu den eigentlichen Betriebsunkosten gehören und künftighin wegfallen. Geophysikalisch haben die Messungen recht interessante Ergebnisse gezeigt, welche für die Erforschung des tieferen Untergrundes sowohl von wissenschaftlicher als auch von praktischer

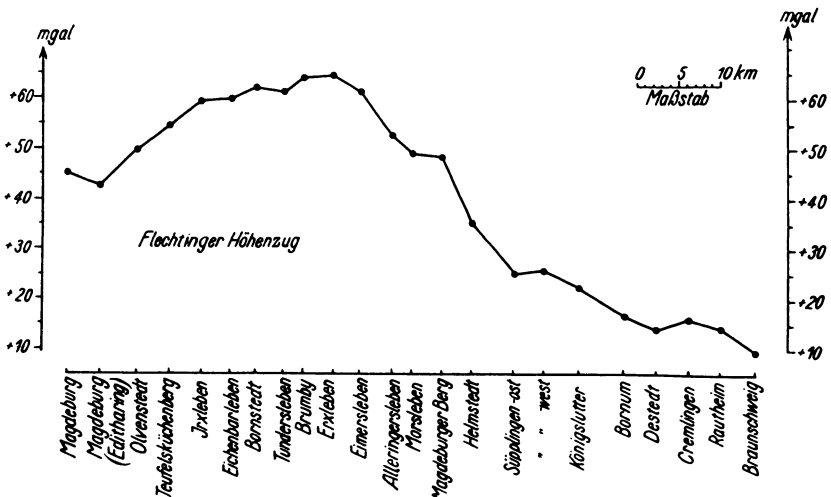


Fig. 3
Verlauf der Schwerestörung längs der Meßstrecke Magdeburg—Braunschweig

Bedeutung sind. Das Meßbild läßt durch den Schleier des überdeckenden Diluviums nicht nur die großen Leitlinien der Untergrundformen erkennen, sondern es wurden auch eine Reihe von — bisher noch nicht bekannten — örtlichen negativen Schwerestörungen festgestellt, von denen einige geologisch wohl nur durch das Vorhandensein von Salzhorsten erklärt werden können. Da die Ergebnisse der gravimetrischen Landesvermessung nicht der Öffentlichkeit zugänglich sind, können Einzelheiten — außer den folgenden Beispielen, deren Veröffentlichung ohne Ortsangabe mir von der Kommission für die gravimetrische Landesaufnahme freundlicherweise gestattet wurde — an dieser Stelle nicht mitgeteilt werden.

*) Die Messungen selbst wurden ausgeführt von den Diplomingenieuren F. Haack u. R. Meinhold, denen ich für ihre unermüdliche Arbeit an dieser Stelle meinen Dank aussprechen möchte. Ebenso möchte ich den Kraftwagenführern Ranglack, Neumann und Jäger für ihre stetige Hilfsbereitschaft herzlich danken.

Als erstes Beispiel (Fig. 3) betrachten wir das Ergebnis des Meßprofils über die bekannte positive Schwerestörung des Flechtinger Höhenzuges von Magdeburg bis Braunschweig, welches zu Beginn der Messungen dieses Sommers durchgemessen wurde. Das Meßprofil wurde 6 Wochen später nochmals durchgemessen. An zwei

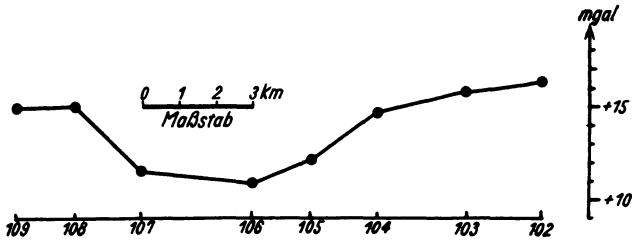


Fig. 4. Meßprofil über den Salzhorst von Conow

Meßpunkten zeigte sich ein Unterschied zwischen den beiden Meßwerten von etwa 3 mgal, im Durchschnitt ergab sich aber damals bereits ein mittlerer Fehler von ± 0.8 mgal.

Fig. 4 zeigt ein Meßprofil über einen bekannten Salzhorst im südwestlichen Mecklenburg*).

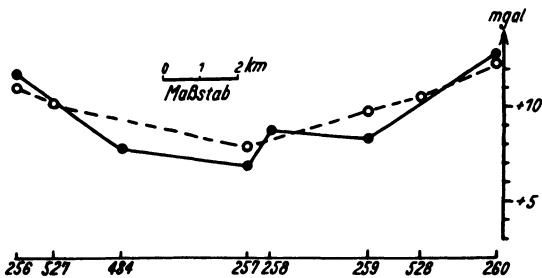


Fig. 5

Aufgefundene örtliche Schwereanomalie in Norddeutschland

Ausgezogene Kurven = Meßprofil im Oktober 1935
 Gestrichelte " = " " " Januar 1936

Die Fig. 5—9 und 12 zeigen einige Meßprofile über örtliche negative Schwerestörungen, welche mit dem statischen Schweremesser aufgefunden wurden. Ihre geologische Ursache sind vermutlich Salzhorste, deren Existenz bisher nicht bekannt war. Besonders Fig. 6 zeigt eine recht beträchtliche negative Störung (am Rande größerer positiver Schwerewerte) von etwa 10 mgal. Zu den Profilen 5 bis 9

*) Es stellte sich erst nachträglich, nachdem die örtliche Schwereanomalie mit Hilfe des statischen Schweremessers aufgefunden worden war, heraus, daß sie zu dem bekannten Salzhorst von Conow gehörte.

ist noch zu bemerken, daß die Meßpunkte nicht auf gerader Strecke liegen, so daß einzelne Minima (besonders in Fig. 9) dadurch auseinandergezogen erscheinen.

Ein größeres Meßprofil durch eine positive regionale Schwerestörung zeigt Fig. 10. Es ist ein Profil senkrecht über den herzynisch streichenden *Mecklenburger Hauptrücken*, welcher von F. Schuh durch seine magnetische Vermessung Mecklen-

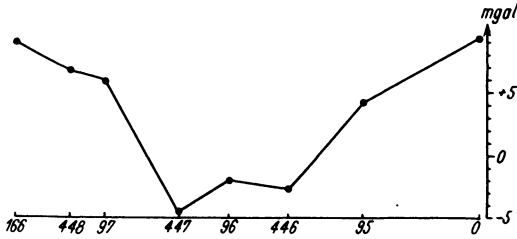


Fig. 6

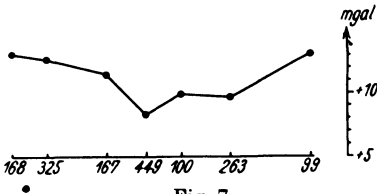


Fig. 7

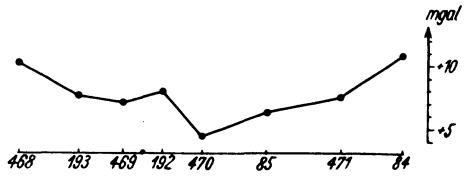


Fig. 8

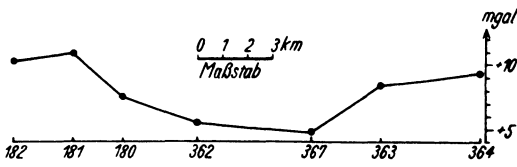


Fig. 6 bis 9

Mit dem statischen Schweremesser neu aufgefundene örtliche Schwere-
minima ($g''-\gamma_0$) in Norddeutschland

burgs*) gefunden worden ist. Der in der Figur eingetragene Verlauf der vertikalen magnetischen Störungskomponente dZ ist der Isanomalienkarte von F. Schuh entnommen.

Dieses Beispiel ist typisch für die zwischen magnetischen und gravimetrischen Anomalien bestehenden Beziehungen. Der Störungskörper, den wir uns als Horst denken können, besitzt eine größere Dichte und stärkere Magnetisierbarkeit als das Nebengestein bzw. das Deckgebirge. Die positive Schwerestörung befindet sich senkrecht über dem Horst. Unter der Annahme, daß die Magnetisierung der

*) F. Schuh: Isanomalienkarte der magnetischen Vertikalintensität in Mecklenburg. Rostock 1934.

geologischen Körper — von ganz wenigen lokal eng begrenzten Ausnahmen abgesehen — der Induktion durch das magnetische Erdfeld entspricht, muß die positive Störung in der Vertikalintensität mehr über der südlichen, die (in ihrer Intensität erheblich kleinere) negative Störung auf der Nordseite des Horstes

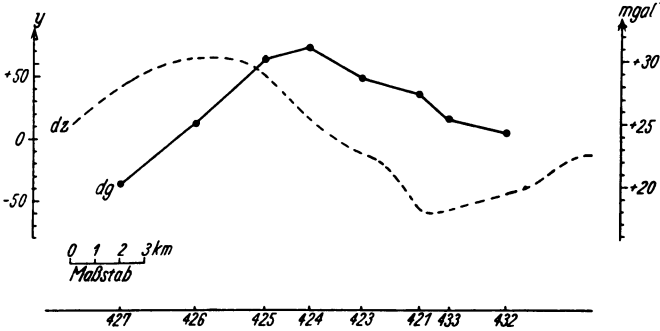


Fig. 10. Gravimetrische und erdmagnetische (vertikale Komponente) Störung über dem Mecklenburger Hauptrücken

liegen, wie Schuh (vgl. a. a. O., S. 35) richtig hervorhebt. Fig. 9 kommt dieser Zusammenhang zwischen gravimetrischer und magnetischer Anomalie ganz klar zum Ausdruck. Ein derartiges eindeutiges Bild findet man meistens nur bei

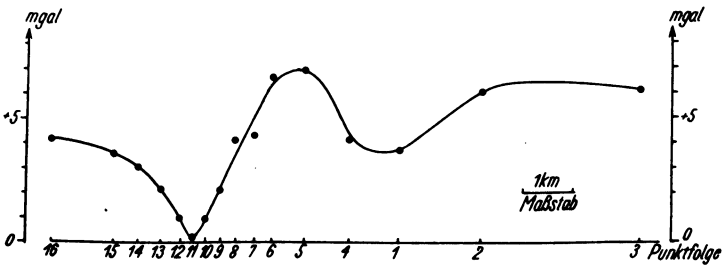


Fig. 11
Detailvermessung mit dem statischen Schweremesser über einen kleinen Salzhorst (10. September 1935). (Halbe Tagesleistung)

stärkeren magnetischen und gravimetrischen Lokalstörungen; bei regionalen besonders schwächeren Anomalien sind die Zusammenhänge in der Regel weniger deutlich zu erkennen, häufig auch gar nicht vorhanden.

Ein Beispiel einer *Detailvermessung* zeigt Fig. 11. Das Profil*) enthält 16 Meßpunkte, die in reichlich 4 Stunden mit einer Genauigkeit von etwa ± 0.5 mgal hin

*) Die Messungen wurden mit einem zweiten Instrument von meinem Bruder in privatem Auftrage ausgeführt. Veröffentlicht mit freundlicher Genehmigung des Auftraggebers.

und zurück durchgemessen wurden. Dieses Beispiel läßt erkennen, daß der statische Schweremesser sich wegen seiner rationellen Arbeitsweise nicht nur für gravimetrische Großaufnahmen, sondern auch für Detailvermessungen an lokal eng begrenzten Objekten (es handelt sich in diesem Beispiel um einen kleinen Salzhorst

von nur 800 m Breite) eignet und für die Drehwaage eine so weitgehende Vorarbeit zu leisten imstande ist, daß diese nur noch an besonders wichtigen Stellen angesetzt zu werden braucht.

Ein zweites Beispiel einer *Detailvermessung* mit etwas größerem Punktabstand zeigt Fig. 12. In diesem Falle handelt es sich um eine beträchtliche lokale negative Schwererestörung unmittelbar am Rande einer regionalen positiven Schwererestörung, welche erst kürzlich mit dem statischen Schweremesser entdeckt wurde und deren geologische Ursache vermutlich ebenfalls ein — bisher noch völlig unbekannter — Salzhorst sein dürfte.

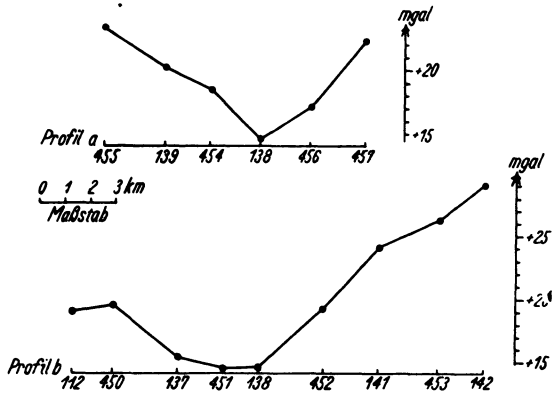


Fig. 12. Längs- und Querprofil durch eine neu entdeckte negative lokale Schwererestörung (Randstörung einer großen regionalen positiven Schwererestörung)

stischen Schweremesser entdeckt wurde und deren geologische Ursache vermutlich ebenfalls ein — bisher noch völlig unbekannter — Salzhorst sein dürfte.

c) *Vergleich zwischen statisch gemessenen Schwerestationen und Pendelwerten.*

Basisstation für die statischen Messungen in dem Meßgebiet Prignitz—Mecklenburg ist die Station Potsdam, und zwar wurde der Sicherheit des Anschlusses wegen das Mittel aus den drei Potsdamer Schwerestationen: Geodätisches Institut, Hermannswerder und Artillerie-Kaserne gewählt. Ein unmittelbarer Anschluß war natürlich nur bei den beiden ersten Meßreihen Potsdam—Nauen und Potsdam—Brandenburg möglich; die folgenden Meßreihen mußten sukzessiv an die vorhergehenden angeschlossen werden. Nun treten bekanntlich bei einem solchen Verfahren *systematische Fehler* auf, welche sich einmal aus der Summierung der Anschlußfehler entsprechend dem Fehlerfortpflanzungsgesetz, andererseits mit der Größe der absoluten Schweredifferenzen gegen die Basisstation aus der Ungenauigkeit des Skalenergebnisses ergeben. Die Aufgabe, systematische Fehler jeglicher Art bei den gravimetrischen Landesvermessungen zu vermeiden, sollen nun die Pendelstationen erfüllen, besonders die neueren mehrfach kontrollierten Stationen, die als Punkte erster Ordnung dienen sollen. In dem Meßgebiet sind die statischen Messungen unmittelbar an 40 ältere und neuere Pendelstationen angeschlossen worden*). Bei der Auswertung sind die Pendelwerte jedoch in keiner Weise be-

*). Außerdem sind im letzten Jahre (1935) in dem Meßgebiet verschiedene neue Pendelmessungen ausgeführt worden, deren Ergebnisse noch nicht vorliegen.

nutzt worden, sondern die einzelnen statischen Meßreihen wurden immer nur in der angegebenen Weise auf vorhergehende statische Stationen bezogen. Die Absicht war, einmal nach Beendigung der Vermessung zu prüfen, wie die Pendelwerte mit dem statisch gemessenen Werten übereinstimmten, zweitens wie weit bei einer gravimetrischen Vermessung die kostspieligen Pendelstationen entbehrt werden können. In der folgenden Tabelle sind die Störungswerte $g''_0 - \gamma_0$ zusammengestellt, und zwar sind die Pendelwerte nach den Messungsreisen und der numerierten Reihenfolge, in der sie gemessen wurden, geordnet.

Vergleich der Meßergebnisse des Schwerkraftpendels und des statischen Schweremessers in Mecklenburg und Brandenburg

Nr.	Station	Pendelwert		Stat. Meßwert $g''_0 - \gamma_0$	Differenz, stat. Wert—Pendelwert	Bemerk.
		$g''_0 - \gamma_0$	Beob.			
	Potsdam	+ 16.8	Berroth 1923	+ 17.8	+ 1.0	
	Werder	+ 20.4		+ 18.0	— 2.4	
	Hermannswerder	+ 17.8		+ 15.8	— 2.0	
	Potsdam, Art.-Kas. . . .	+ 16.4		+ 17.5	+ 1.1	
3, 26, 46	Wilsnack. . . .	+ 18.3	von Flotow- Berroth	+ 21.4	+ 3.1	
(4	Werben	+ 22.9	von Flotow 1924	+ 26.0	+ 3.1)	
6	Stendal	+ 2.5		+ 4.8	+ 2.3	
(23	Pevestorf	+ 16.9		+ 11.0	— 5.9)	
24	Steesow	+ 17.6		+ 14.9	— 2.7	
25	Retzin	+ 30.3	Berroth 1924	+ 34.2	+ 3.9	
27	Putlitz	+ 30.2		+ 30.7	+ 0.5	
28	Ludwigslust . .	+ 13.1		+ 15.0	+ 1.9	
(29	Catemin	+ 5.0		+ 7.0	+ 2.0)	
41	Boitzenburg . .	+ 10.8		+ 13.1	+ 2.3	
42	Lübtheen	— 0.9		— 0.3	+ 0.6	
43	Hagenow	+ 13.5		+ 13.6	+ 0.1	
44	Schwerin. . . .	+ 18.2		+ 16.8	— 1.4	
45	Prislich	+ 14.8	+ 15.3	+ 0.5		
2	Göttin	+ 5.2	von Flotow- Schmehl 1925	+ 6.2	+ 1.0	
11	Heiddorf	+ 11.8		+ 15.0	+ 3.2	
(12	Dallmin	+ 28.4		+ 28.0	— 0.4)	
13	Ziegendorf . . .	+ 32.5		+ 28.0	— 4.5	
14	Parchim	+ 26.6		+ 20.8	— 5.8	
(15	Retzow	+ 33.0		+ 34.0	+ 1.0)	
16	Plau.	+ 35.7		+ 34.9	— 0.8	
17	Güstrow	+ 36.2		+ 26.8	— 9.4	
1	Markau	+ 9.6	Berroth 1925	+ 9.8	+ 0.2	
2	Nennhausen . .	+ 18.9		+ 18.0	— 0.9	
(7	Laage	+ 23.7		+ 21.0	— 2.7)	
9	Rostock	+ 18.6		+ 14.6	— 4.0	
10	Neubuckow . . .	+ 26.0		+ 22.9	— 3.1	
11	Warin	+ 30.3		+ 24.8	— 5.5	
12	Goldberg. . . .	+ 35.4		+ 29.5	— 5.9	

Fortsetzung der Tabelle

Nr.	Station	Pendelwert		Stat. Meßwert $g''_0 - \gamma_0$	Differenz. stat. Wert— Pendelwert	Bemerk.
		$g''_0 - \gamma_0$	Beob.			
14	Redlin	+ 25.5	Berroth 1925	+ 22.7	— 2.8	
16	Pritzwalk . . .	+ 46.5		+ 47.4	+ 0.9	
17	Tüchen	+ 46.1		+ 43.8	— 2.3	
18	Demerthin . . .	+ 39.4		+ 42.0	+ 2.6	
19	Perleberg . . .	+ 25.5		+ 26.0	+ 0.5	
(20)	Tacken	+ 38.4		+ 38.0	— 0.4)	
21	Wittenberge . .	+ 15.0	+ 15.2	+ 0.2		
	(Hitzacker . . .)	Beob. II 1934	{	+ 10.0	+ 0.3)	
	Havelberg . . .)			+ 30.0	+ 5.0	
	Dalberg)	Beob. III 1934	{	+ 19.0	— 2.9	
	Zarrentin . . .)			+ 12.0	— 1.8	
	Ferchland . . .)	Beob. I 1934	{	+ 2.1	+ 1.8	
	Tangermünde . .)			+ 3.3	+ 0.3	
	Milow)			+ 12.6	— 3.1	} stat. Wert
	Schollene)			+ 24.1	+ 4.5	

Für die Station Göttingen habe ich nicht den von Flotow angegebenen Störungswert + 1.9 eingesetzt, sondern den verbesserten Wert + 5.2, weil die Nachprüfung ergab, daß von Flotow für die Höhenreduktion irrtümlicherweise einen um etwa 14 bis 15 m zu geringen Höhenwert angenommen hatte. Die eingeklammerten acht Stationen wurden nicht direkt an die statischen angeschlossen; die ihnen entsprechenden statischen Werte sind dem Isanomalenbild entnommen; man kann sie also für den Vergleich nur bedingt bewerten. Da die Ergebnisse der von den Instituten Potsdam, Jena und Göttingen im Jahre 1934 ausgeführten Pendelbeobachtungen noch nicht veröffentlicht sind, so habe ich diese mit Beob. I, II usw. bezeichnet (vgl. auch Tabelle S. 16).

Der Vergleich der statisch gemessenen Schwerewerte mit den Pendelwerten läßt erkennen, daß Abweichungen vorkommen, welche Beträge erreichen, die nach dem heutigen Stande der gravimetrischen Meßtechnik nicht mehr tragbar sind. Um diese Abweichungen kritisch zu prüfen, betrachten wir zunächst die Genauigkeit der statischen Vermessung: Den mittleren Fehler innerhalb der einzelnen Meßreihen schätze ich im Durchschnitt auf etwa ± 1 mgal. Es gibt zwar einzelne Meßreihen, die eine größere Unsicherheit besitzen (es sind die nicht wiederholten Reihen, die in der ersten Hälfte des Sommers noch einen zu großen zeitlichen Gang besaßen, oder statt mit dem vollständigen vierfachen nur mit einem drei- bzw. zweifachen Apparat gemessen wurden); doch sind dies nur wenige Ausnahmen und die Zahl der Meßreihen, die einen geringeren mittleren Fehler besitzen, ist bedeutend größer. Es wäre nun zweitens noch möglich, daß die erwähnten systematischen Fehler, welche aus den Messungen selbst nicht erkannt werden können, einen gebietsmäßigen Niveauunterschied zwischen Pendelwerten und statischen Meß-

werten zur Folge haben. Nun wird zwar die Summierung der Anschlußfehler dadurch, daß die Messungen längs mehreren Wegen mit vielen Querverbindungen ausgeführt wurden, erheblich verringert, bleibt aber stets größer als der mittlere Fehler einer Meßreihe; den sich aus der Ungenauigkeit des Skalenwerts ergebenden systematischen Fehler kann man — indem ich die Genauigkeit des Skalenwerts auf etwa 1% schätze und die gemessenen Schwereunterschiede bis auf etwa 170 mgal ansteigen — zu rund ± 2 mgal annehmen, so daß allgemein eine systematische gebietsmäßige Abweichung der statischen Messungen von 3 bis 4 mgal für die entfernteren Gebiete als möglich bezeichnet werden muß. Betrachten wir daraufhin die obige tabellarische Zusammenstellung, so ist es tatsächlich augenscheinlich, daß in dem von der Basis entferntesten nördlichen Teil des Vermessungsgebietes (etwa nördlich der Breite von Schwerin) die statischen Schwerewerte um einen Betrag von durchschnittlich etwa 3 bis 4 mgal tiefer liegen als die Pendelwerte. Außer der Möglichkeit, diese Differenz auf systematische Fehler der statischen Vermessung zurückzuführen, gibt es aber noch eine zweite Erklärungsmöglichkeit (siehe S. 16).

Die im übrigen festgestellten Abweichungen zwischen den statischen Meßwerten und den Pendelwerten sind meines Erachtens in der Hauptsache auf die Unsicherheit der letzteren zurückzuführen. Bei den groben Fehlern wie b. Z. Güstrow, Parchim, Havelberg, welche durch mehrere Meßreihen kontrolliert worden sind, ist ein Zweifel nicht möglich*); aber auch für die übrigen Unterschiede ist es anzunehmen.

Es wäre dann zu untersuchen, ob diese Fehler der Pendelwerte regellos oder systematischer Art sind, d. h. sich einzelnen Meßreihen zuordnen lassen. Dafür liegen aber nur für die lange Messungsreihe von 1924 und für die beiden Reisen von 1925 eine genügende Anzahl von statischen Anschlüssen an die Pendelstationen vor. Die lange Messungsreise von 1924 läßt etwas Systematisches nicht oder nur sehr unsicher erkennen (eventuell die Stationen 3 bis 6 und 25 bis 42); der erste von Flotow vermessene Teil der Meßreihe zeigt stärkere Abweichungen als der zweite von Berroth vermessene Teil, ebenso die erste Messungsreise von 1925 von Flotows. Betrachten wir die zweite von Berroth ausgeführte Pendelreise von 1925, so ist folgendes auffallend: Die ersten Stationen stimmen recht gut mit den statischen Meßwerten überein, die Punkte 7 bis 14 zeigen eine systematische Abweichung von etwa 4 mgal, die folgenden Punkte dann wieder eine ziemlich gute Übereinstimmung. Es wäre also möglich, daß die Pendel während der Reise einen Sprung erlitten haben, der später wieder kompensiert wurde, so daß die Anschlußmessung in Potsdam wieder mit dem ersten Anschluß übereinstimmte. Derartige Sprünge sind verschiedentlich von Pendelbeobachtern festgestellt worden. Nun

*) Daß Pendelstationen erheblich fehlerhaft sein können, wurde bereits mit dem einfachen Versuchsinstrument im September 1934 beim Anschluß der Station Rickensdorf an benachbarte Stationen — gleichzeitig und unabhängig von Messungen A. Schleuseners mit dem Thyssen-Gravimeter — festgestellt.

liegen aber die Punkte 7 bis 14 gerade in dem nördlichen entferntesten Teil des Meßgebiets; es ist also für die systematischen Abweichungen zwischen Pendel und statischem Schweremesser sowohl diese letztere als auch die oben erwähnte Erklärung möglich.

In dem statischen Meßprofil Stendal—Magdeburg—Braunschweig—Celle—Stendal sind die statischen Messungen an eine Anzahl neuerer Pendelstationen, die im letzten Jahre vom Geodätischen Institut vermessen worden sind, angeschlossen; jedoch liegen deren endgültigen Ergebnisse ebenfalls noch nicht vor. Dagegen lassen sich noch folgende Anschlüsse von statischen Messungen an Pendelstationen mit zum Vergleich heranziehen: Es handelt sich um die gravimetrische Vermessung, welche von meinem Bruder mit einem zweiten Instrument im September 1935 in privatem Auftrage ausgeführt wurde*).

Station	Pendelwert		Stat. Meßwert $\gamma''_0 - \gamma_0$	Differenz, stat. Wert— Pendelwert
	$\gamma''_0 - \gamma_0$	Beob.		
(Ummern)			+ 10.8	+ 1.8)
Beedenbostel }			+ 7.2	— 5.8
Wathlingen }		Beob. IV 1934	+ 3.4	— 2.6
(Neuhaus)			+ 10.4	+ 2.4)
(Metzingen)			+ 9.9	+ 4.9)
(Ütze)			+ 6.9	— 5.4)
(Gr. Himstedt)		Beob. I 1934	+ 14.3	+ 5.4
(Bierbergen)			+ 12.5	+ 4.6)
(Immensen)		Beob. II 1934	+ 15.4	+ 2.2)
Wesendorf }	+ 16.1	Flotow 1923	+ 8.2	— 7.9
(Lindwedel)		Beob. V 1934		{ + 6.4
		Beob. VI 1934	— 1.2	{ + 0.1
Scharrel }		Beob. IV 1934	+ 11.4	— 0.6

Die eingeklammerten Stationen sind, da statische und Pendelpunkte nicht zusammenfallen, nur bedingt zu bewerten. Als Basis der statischen Messungen wurde das Mittel aus den zehn Pendelwerten gewählt; das außerhalb der übrigen liegende Meßprofil wurde an das Mittel aus den Stationen Lindwedel und Scharrel angeschlossen. Aus den von mir geprüften statischen Meßergebnissen — den Wiederholungen in verschiedenen Meßreihen, den Anschlüssen, den Schlußfehlern in sich geschlossener Meßwege — kann man auf einen mittleren Fehler der statischen Meßwerte schließen, der ± 1 mgal gut erreicht. Demnach würden die in der obigen Tabelle zum Ausdruck kommenden Unstimmigkeiten zwischen statischen und Pendelwerten in der Hauptsache auf Fehler der Pendelmethode zurückzuführen sein.

Bei der Betrachtung der Differenzen zwischen statischen und Pendelwerten ist zu beachten, daß in ihnen sowohl der mittlere Fehler der statischen als auch derjenige der Pendelmethode enthalten ist. Indem wir den ersteren zu ± 1 mgal,

*) Veröffentlicht mit freundlicher Genehmigung des Auftraggebers.

den letzteren zu ± 2 mgal*) annehmen, ergibt sich aus den obigen Zusammenstellungen — wenn wir von den groben Pendelfehlern in Güstrow, Havelberg und Parchim und der systematischen Abweichung in der Messungsreihe von 1925 absehen —, daß die festgestellten Abweichungen das erlaubte Maß nicht allzu häufig überschreiten, und zwar scheinen die Pendelmessungen von 1934 trotz der Vervollkommung der Apparatur an Meßsicherheit den älteren Messungen etwas nachzustehen.

Zusammenfassend möchte ich aus den Vergleichen in bezug auf die *Genauigkeit der Pendelbeobachtungen* als vorläufiges Urteil folgern: Pendelmessungen können die ihnen zugeschriebene Genauigkeit von ± 2 mgal auch während einer längeren Beobachtungsreise erreichen; es treten jedoch zuweilen erhebliche Fehler infolge unbekannter Ursachen auf, welche teils unregelmäßig sind, teils eine während mehrerer aufeinanderfolgender Punkte systematische Abweichung verursachen. Da diese Fehler aber verhältnismäßig oft vorkommen und nur durch häufigen Anschluß an die Ausgangsstation vermindert werden können, ist es, um eine Pendelstation mit einer Genauigkeit von innerhalb ± 1 mgal gesichert zu vermessen, erforderlich, die Messung des Schwereunterschieds Basisstation—Feldstation mehrfach zu wiederholen.

Genauere Fehlerberechnungen aus den obigen Daten erscheinen mir als verfrüht, da es sich noch um die ersten praktischen Vergleichsmessungen von Pendel und statischem Schweremesser handelt. Mit dem Fortschreiten der gravimetrischen Landesvermessung wird sich in nächster Zeit für die Beurteilung dieser Fragen beträchtliches Beobachtungsmaterial ansammeln**).

d) *Schlußfolgerungen in bezug auf Anlage und Durchführung gravimetrischer Landesvermessungen.* Die erörterte gravimetrische Vermessung ist die erste zusammenhängende Vermessung eines größeren Gebiets, welche mit dem ersten vollständigen statischen Feldinstrument ausgeführt worden ist. Naturgemäß kann sie noch nicht als Muster für weitere gravimetrische Landesvermessungen angesehen werden. Dazu waren noch zu viel Fragen instrumenteller und methodischer Art zu klären und auszuprobieren, welche besonders im ersten Teil der Messungen hinderten und häufig eine Änderung in der Methode der Durchführung bewirkten, so daß von einer planmäßigen Anlage und Ausführung der Vermessung noch nicht die Rede sein konnte. Vielmehr wurden die einzelnen Meßprofile zunächst ohne besondere

*) Darauf, daß die äußere wirkliche Meßgenauigkeit der Pendelmethode nicht mit dem von Pendelbeobachtern häufig errechneten mittleren Fehler gleichzusetzen ist, wurde bereits von anderen Autoren, die sich praktisch mit Pendelmessungen befaßten, hingewiesen [vgl. K. Mader u. R. Nerz: Vergleich von Pendel- und Drehwaagemessungen. Gerl. Beitr. z. Geophys. 41, Heft 4 (1934)]. Die Genauigkeit der Pendelstationen wird hier zu ± 2.0 mgal angegeben; man vergleiche auch die dort festgestellten Unterschiede zwischen Pendel- und Drehwaagemessungen.

***) Es sei in diesem Zusammenhang auf die Ergebnisse hingewiesen, zu welchen A. Schleusener [Erdöl u. Kohle 11, Nr. 36 (1936)] auf Grund des Vergleiches von Messungen mit dem Thyssen-Gravimeter an 104 Pendelstationen kommt.

Regel durcheinander gelegt; Unterschiede zwischen Punkten erster und zweiter Ordnung wurden noch nicht gemacht, und dergleichen. Erst am Ende der Messungen wurden zur Kontrolle der Verbindung der einzelnen Meßreihen miteinander die Anschlüsse nochmals vermessen, ebenso die Gebiete, in welchen geologisch wichtigere Schwerstörungen festgestellt worden waren, um auf diese Weise die Ergebnisse der Vermessung genügend zu sichern. Die Vermessung hat die erforderlichen praktischen Erfahrungen gebracht, sowohl in instrumenteller als auch in methodischer Hinsicht, so daß wir daraus hinreichend sichere Schlußfolgerungen in bezug auf die gravimetrische Vermessung eines Landes mit dem statischen Schwermesser, was ihre Geschwindigkeit, Genauigkeit und Kosten anbetrifft, ziehen können.

Die jetzige *Leistungsfähigkeit des statischen Schwermessers*, von der wir als Grundlage ausgehen, ist etwa folgende: Bei einem Punktabstand von durchschnittlich 3 km an gut befahrbaren Straßen beträgt bei einmaliger Wiederholungsmessung an jedem Meßpunkt und einer täglichen Arbeitszeit von durchschnittlich 8 Stunden die mittlere monatliche Leistungsfähigkeit mit einem Instrument etwa 150 bis 200 Stationen, wobei die Genauigkeit des einzelnen Meßpunktes im allgemeinen innerhalb von ± 1 mgal liegt*). Die Kosten sind auf höchstens 15 bis 20 RM pro Meßpunkt zu veranschlagen**). Für Detailvermessungen, die einen geringeren Punktabstand und eine höhere Meßgenauigkeit erfordern, kann diese durch häufigere Wiederholungen auf ± 0.2 bis 0.4 mgal gesteigert werden***).

Bei gravimetrischen Vermessungen, soweit sie für ausgesprochen geologisch-bergmännische Zwecke ausgeführt werden, können wir unterscheiden zwischen *gravimetrischen Großaufnahmen* und *Detailvermessungen*. Während die ersteren der Erforschung verdeckter geologischer Großformationen, die sich über große Gebiete erstrecken, dienen, verfolgen die letzteren das Ziel, bergbaulich besonders wichtige lokale Formationen genauer zu erforschen.

Betrachten wir zunächst mal die letzteren, so ist es natürlich, daß ein Maximum an Genauigkeit anzustreben ist, denn je genauer die Punkte vermessen sind und je enger das Punktnetz ist, um so mehr Feinheiten wird man aus dem Isanomalienbild herauslesen können. Je größer die Meßgenauigkeit wird, um so mehr treten aber

*) Die Meßgeschwindigkeit läßt sich naturgemäß unter günstigen Bedingungen und längerer Arbeitszeit, z. B. mit Beobachterwechsel, beträchtlich steigern.

***) Bei der Berechnung dieser Kosten sind die Unkosten eines staatlichen Instituts zugrunde gelegt: 1. Kosten des Apparatetransports (d. h. Miete des Kraftwagens einschließlich Kraftwagenführers). 2. Unterkunft, Verpflegung und Gehalt von zwei Stationsgehilfen (Beobachtern). 3. Unterkunft und Verpflegung des Truppführers (der eventuell auch entböhrt werden kann). 4. Laufende Betriebsunkosten (Eis, Kartenmaterial u. dgl.). Da die Berechnungsarbeiten vom Truppführer im Gelände selbst vorgenommen werden, so entstehen hierfür besondere Kosten nicht.

****) Die Leistungsfähigkeit und Unkosten sind für Detailvermessungen von Fall zu Fall sehr verschieden, da hierbei nicht nur Transporte auf schlechten Wegen, sondern zuweilen auch durch offenes Gelände erforderlich werden, welches vor allen Dingen geländegängige Kraftwagen für den Apparattransport voraussetzt.

die Geländekorrekturen als zusätzliche Mehrarbeit hinzu, d. h. es ist nicht nur ein Nivellement der Meßpunkte, sondern auch eine Berechnung der Korrektur wegen der Unebenheiten des Geländes erforderlich. Dieser Fall tritt im allgemeinen ein, wenn die Meßgenauigkeit ungefähr einige Zehntel mgal beträgt. Damit sind wir aber auch schon in dem *Anwendungsgebiet der Eötvösschen Drehwaage*. Besonders die Kombination von Drehwaage und statischem Schweremesser, der mit einer Genauigkeit von etwa ± 0.2 bis 0.5 mgal für Detailvermessungen eine große Meßgeschwindigkeit verbindet, bedeutet für die gravimetrische Aufschlußmethode eine erhebliche Beschleunigung und Verbilligung: Durch die schnelle Vermessung des Untersuchungsgebietes mit dem statischen Schweremesser findet man in kurzer Zeit die gravimetrische Gesamtstruktur des betreffenden Gebietes und kann dann die Drehwaage in den Teilen ansetzen, welche irgendwie besonders wichtig sind und scharf herausgearbeitet werden sollen.

Für *gravimetrische Großaufnahmen**) genügt eine geringere Genauigkeit, doch ist hier der Punktabstand von entscheidender Bedeutung, besonders in gravimetrisch so mannigfaltig gestörten Gebieten wie z. B. Norddeutschland. Wo man nun in bezug auf Punktabstand und Genauigkeit die Grenze zwischen Großaufnahme und Spezialvermessung setzt, ist davon abhängig zu machen, ob die Schwerstörungen des Vermessungsgebietes einen mehr gleichmäßigen oder komplizierteren Verlauf besitzen. Für unsere Verhältnisse in Deutschland scheint mir die für die gravimetrische Landesvermessung bisher angesetzte Genauigkeit von ± 1 mgal bei einem Punktabstand von 3 bis 5 km längs den Fahrstraßen richtig gewählt zu sein. Das entspricht auch ungefähr dem, was meßtechnisch unter Berücksichtigung von Meßgeschwindigkeit und Preisfrage für den statischen Schweremesser am günstigsten ist. Darüber hinausgehende Genauigkeiten und engere Punktabstände können dann den Spezialaufnahmen überlassen werden. Es fragt sich nun, wie weit es nach dem heutigen Stande der gravimetrischen Meßtechnik noch berechtigt ist, die *Pendelmethode* für gravimetrische Landesvermessungen mit heranzuziehen. Es kommen der hohen Kosten wegen nur große Punktabstände in Frage, zumal die geforderte Meßsicherheit nur durch Wiederholungen zu erreichen ist. Der ursprüngliche Plan, mit dem Pendel ein weitmaschiges Netz von Vermessungspunkten erster Ordnung zu schaffen, zwischen welchen die Punkte zweiter Ordnung mit dem statischen Schweremesser eingehängt werden, ist wegen seiner Unwirtschaftlichkeit wohl als überholt anzusehen. Viel vorteilhafter ist es, wenn man die Punkte erster Ordnung mit dem statischen Schweremesser schafft. Bei der Überbrückung großer Entfernungen mit dem statischen Schweremesser ist man auf sukzessive Anschlüsse angewiesen. Die Frage bis zu welchen Entfernungen man auf diese Weise kommen kann, ohne daß die systematischen Fehlereinflüsse die Grenze von ± 1 mgal überschreiten, ist

*) Man könnte noch als weitere Einteilung die gravimetrischen *Übersichtsmessungen*, welche mit größerem Punktabstand (über 10 km) und geringerer Genauigkeit (etwa ± 2 bis 4 mgal), hinzufügen. Doch kommen diese nur für große, gravimetrisch noch unerforschte Gebiete (z. B. Rußland, Amerika) in Frage.

noch offen, da Versuche in dieser Beziehung noch nicht angestellt worden sind. Tatsächlich hat die diesjährige Vermessung gezeigt, daß man — obwohl der Plan der Vermessung ursprünglich nicht darauf angelegt worden war — Entfernungen bis rund 200 km (z. B. Dalberg, Zarrentin) überbrücken kann, ohne daß die Abweichungen von den Pendelstationen sehr erheblich wurden. Der sich aus der Ungenauigkeit des Skalenwerts ergebende einseitige Fehler spielt nur eine Rolle (die Genauigkeit des Skalenwerts kann durch einige Wiederholungen wohl auf $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ % gesteigert werden) wenn der Schwereunterschied gegen die Basisstation mehr als 180 bis 200 mgal beträgt, also hauptsächlich bei großen Höhenunterschieden und bei Abständen in nord-südlicher Richtung von der Ausgangsstation. Die aus der Summierung der Anschlußfehler (durch eine einzelne Messungsreihe lassen sich Entfernungen von etwa 60 bis 100 km überbrücken) herrührenden systematischen Fehler können durch richtige Wiederholungen bzw. durch Messungen längs verschiedenen Wegen sehr herabgemindert werden. Ich halte daher bei richtiger Anlage und Durchführung eine Vermessung mit dem statischen Schweremesser bis zu 200 bis 300 km Abstand von der Basisstation für möglich, ohne daß die systematischen Fehler das erlaubte Maß überschreiten. Zur Kontrolle wird es jedoch vorläufig noch das zweckmäßigste sein, die Abstände der Basispunkte nicht größer als etwa 300 km zu wählen.

Als Folgerungen aus diesen Überlegungen ergibt sich für die *Anlage und Durchführung einer gravimetrischen Landesvermessung folgender Plan*:

1. *Basispunkte*: Es werden mit Hilfe von Pendelmessungen durch direkten Anschluß an die Zentralstation des Landes (Geodätisches Institut in Potsdam) Basispunkte in durchschnittlichen Abständen von 300 km geschaffen. Die Lage dieser Basisstation ist am günstigsten in der Nähe der Kreuzungspunkte der Hauptautostraßen, damit sie leicht und ohne große Umwege für die weiteren Anschlüsse erreichbar sind. Die Basispunkte müssen, entsprechend ihrer Bedeutung als Fundamentalpunkte, durch mehrfache Wiederholung der Messung Basispunkt-Zentralstation hinreichend gesichert sein. Die Kosten eines Basispunktes sind dementsprechend auf 800 bis 1000 RM zu veranschlagen.

2. *Punkte erster Ordnung*: Die Punkte erster Ordnung werden mit dem statischen Schweremesser gemessen und zwar in der Weise, daß die Basispunkte längs den Hauptautostraßen miteinander verbunden werden. Als mittlerer Punktabstand erscheint 3 bis 4 km als passend. Die Messungsreihen werden mindestens einmal (bei auftretenden Unstimmigkeiten noch ein zweites Mal) wiederholt, wobei die Anschlüsse bei der Wiederholung möglichst in die Mitte der vorigen Meßreihen gelegt werden. Die Wiederholungen bzw. die Schlußfehler geben dann ein sicheres Urteil über die Genauigkeit der Punkte erster Ordnung, die ebenfalls unbedingt innerhalb von ± 1 mgal liegen muß. Die Kosten eines Punktes erster Ordnung würden sich demnach auf 30 bis 50 RM belaufen.

3. *Punkte zweiter Ordnung*: Als Punkte zweiter Ordnung bezeichnet man schließlich die Meßpunkte in den dazwischenliegenden Gebieten des Landes, welche man

mit dem statischen Schweremesser durch einfache Meßreihen erhält, die an Punkte erster Ordnung (möglichst doppelt, am Anfang und am Ende jeder Meßreihe) angeschlossen werden. Die Kosten eines Punktes zweiter Ordnung betragen etwa 15 bis 20 RM.

Detailvermessungen an besonderen geologischen Objekten, ebenso Drehwaagemessungen, können dann an die Punkte erster und zweiter Ordnung angeschlossen werden.

Anmerkung: Nachdem die Entwicklung des statischen Schweremessers in dem vierfachen vollständigen Feldinstrument zu einer hinreichenden Vervollkommnung geführt hat, haben die Askania-Werke, Berlin-Friedenau, den fabrikmäßigen Bau des Instruments übernommen, und stellen sowohl Instrumente her für Messungen auf festem Lande als auch Instrumente für Messungen auf fahrenden Schiffen (vgl. Zeitschr. f. Geophys. 1935, Heft 1/2), wobei der technische Bau erheblich verbessert wird.

Quarzuhren

Bericht von W. Uhnk in Potsdam

Angaben über den grundsätzlichen Aufbau einer Quarzuhr. Die Untersuchung der inneren Genauigkeit hat die Überlegenheit über beste Pendeluhren gezeigt. Die Untersuchung der äußeren Genauigkeit hat einen Effekt geliefert, der wohl durch eine Ungleichförmigkeit der Erdrotation hervorgerufen sein kann.

Auf allen Gebieten der Meßtechnik ist in den letzten Jahren eine immer weiter getriebene Genauigkeit erstrebt und zum Teil erreicht worden. Die Zeitmessung hatte nicht immer mit den Fortschritten auf anderen Gebieten Schritt halten können. Einmal lag das daran, daß naturgemäß astronomische Zeitbestimmungen nur eine Genauigkeit von höchstens 0.01^s haben können und daß andererseits eine Häufung von Zeitbestimmungen zur Steigerung der Genauigkeit nur dann Zweck hat, wenn die so erhaltene höhere Genauigkeit über Schlechtwetterperioden hinweg mit einer Uhr festgehalten werden kann. Deshalb haben sich die Bestrebungen, die Genauigkeit der Zeitmessung zu steigern, auf die Verbesserung der Uhren gerichtet. Die beachtenswerten Erfolge in der Verbesserung der Pendeluhren (Shortt, Schuler) werden jedoch noch übertroffen durch die von Scheibe und Adelsberger in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt entwickelten Quarzuhren*). Das Geodätische Institut Potsdam hat auf Veranlassung seines Direktors E. Kohlschütter in eigener Werkstatt vier solcher Uhren nach Scheibe und Adelsberger gebaut, von denen zwei seit April 1934 in Betrieb

*) A. Scheibe u. U. Adelsberger: Die technischen Einrichtungen der Quarzuhren der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Hochfrequenztechnik und Elektroakustik 43, 37—47, 1934.