

Werk

Jahr: 1941

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:17

Werk Id: PPN101433392X_0017

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X_0017|LOG_0021

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

Über einige Gravimeter-Vergleichsmessungen

Von St. v. Thyssen*). — (Mit 4 Abbildungen)

Es werden Gravimetervergleichsmessungen im Meßgebiet Pommern-Süd, die mit verschiedenen Geräten und Meßtrupps von verschiedenen Basispunkten aus durchgeführt wurden, einer Prüfung auf Reproduzierbarkeit der $\Delta g''_0$ -Werte sowie auch auf die Meßgenauigkeit unterzogen. Ferner wird die Fehlerverteilung und deren Abhängigkeit von der Meßentfernung untersucht.

Über Vergleichsmessungen mit dem Thyssen-Gravimeter ist schon verschiedentlich veröffentlicht worden. So wurden insbesondere Vergleiche mit der Theorie**), anderen gravimetrischen Verfahren [Pendel, Drehwaage***)] und Meßmethoden (wie direkte und Schleifenmessungen†) sowie auch zwischen Messungen verschiedener Gravimeter††) gezogen. An dieser Stelle soll nun über einige Vergleichsmessungen im Rahmen von großangelegten Schwereaufnahmen in Norddeutschland berichtet werden, die zwar auch mit verschiedenen Geräten aber von verschiedenen Basispunkten aus durchgeführt wurden†††).

Da die gleichen Punkte von verschiedenen Basen aus vermessen wurden, war die Meßentfernung Basis-Feldpunkte jedesmal eine verschiedene. Dieses Moment wird berücksichtigt und ein eventueller Einfluß auf die Meßgenauigkeit untersucht werden.

I. Auf den Meßtischblättern 1156, 1247/48, 1332/33 im Meßgebiet Pommern-Süd haben im Mai 1938 Vergleichsmessungen an 15 verschiedenen Schwerepunkten stattgefunden, an denen schon im August und November 1937 gemessen war. Die älteren sind mit dem Gravimeter Th 46 teils vom Punkt 1. Ordg. Kallies-O, teils Köntopf 105,0 aus gemessen worden und wurden dann im Mai 1938 mit dem

*) Dr. Stephan Baron v. Thyssen-Bornemisza, Hannover, Gellertstr. 25 A.

***) St. v. Thyssen u. F. Lubiger: „Über eine gravimetrisch und theoretisch bestimmte Schwereanomalie.“ Beitr. angew. Geoph. 7, Heft 4, 366–391 (1939).

***) A. Schleusener: „Neuere Erfahrungen über die Genauigkeit der Gravimeter- und Pendelmessungen.“ Öl u. Kohle, Heft 36 u. 43, 635–640 (1935); St. v. Thyssen: „Relative Schweremessungen an einer tiefen Salzstruktur usw.“ Zeitschr. f. Geoph. 11, 212–220 (1935).

†) St. v. Thyssen: „Vergleiche zwischen direkten und Schleifenmessungen mit dem Thyssen-Gravimeter.“ Beitr. angew. Geoph. 7, Heft 3, 218–229 (1938).

††) A. Schleusener: „Über die Reproduzierbarkeit von Messungen mit Thyssen-Gravimetern.“ Beitr. angew. Geoph. 6, Heft 1, 1–6 (1936).

†††) Es handelt sich ausschließlich um direkte und keine Schleifenmessungen.

Gravimeter Th 45 von dem zum Punkt 1. Ordg. Kallies-O gehörigen Punkt 2. Ordg. Gutsdorf aus gemessen, dessen Bezugswert aus den Verbindungsmessungen Gutsdorf—Kallies-O und Gutsdorf—Köntopf 105,0 ermittelt wurde. Die Schwere-
werte sind also mit zwei verschiedenen Geräten von zwei verschiedenen Meßtrupps

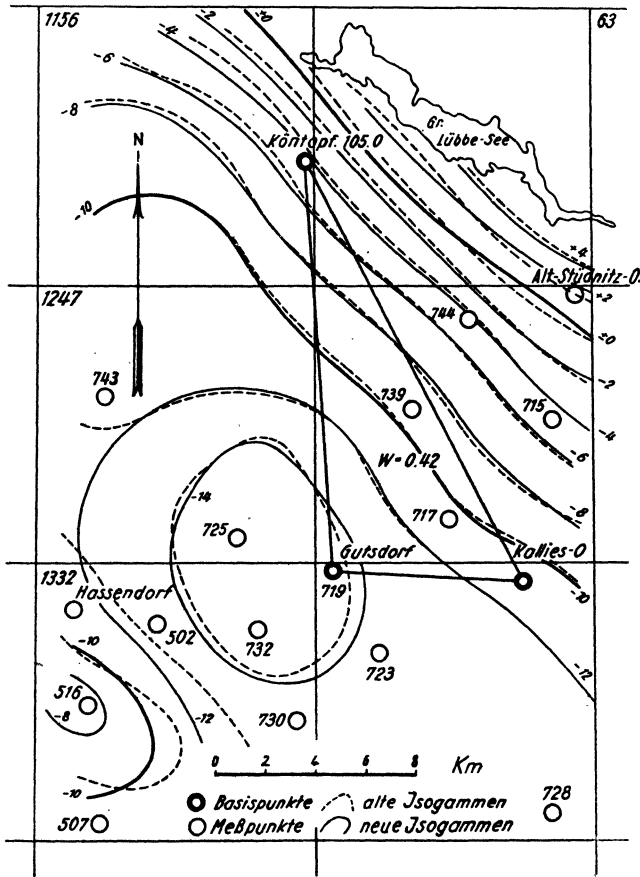


Fig. 1. Isogammenbilder erhalten bei Messungen von zwei Basispunkten

von verschiedenen Basispunkten und schließlich noch zu verschiedenen Jahreszeiten*) gemessen worden.

Unter diesen Umständen hätte man erwarten können, daß die endgültigen $\Delta g'_0$ -Werte etwas stärker voneinander abgewichen wären, als wenn sie mit dem-

*) Ein jahreszeitlich bedingter Temperatureinfluß auf den Skalenwert der Thyssen-Gravimeter konnte, obwohl ohne Thermostat gearbeitet wurde, noch nicht beobachtet werden. Ein jahreszeitlich bedingter Einfluß kann sich aber indirekt z. B. durch verschiedene gute Wegeverhältnisse bemerkbar machen.

selben Gerät von denselben Basispunkten aus und zu ungefähr der gleichen Jahreszeit ermittelt worden wären.

Trotz dieser Gegensätzlichkeiten war die innere Übereinstimmung der Messungen eine recht gute, wie der Vergleich des alten Schwerebildes mit dem neuen an Hand der Fig. 1 erkennen läßt. Aus dem alten und neuen Isogammenverlauf ist zu ersehen, daß sich westlich von Gutsdorf ein ausgesprochenes Schwere-tief befindet und daß in nordöstlicher Richtung der Schwereanstieg am ausgeprägtsten ist, während nach SO zu die Schwerewerte nach einer Zunahme um 1—2 mgal ungefähr gleich bleiben. Die einzelnen Schwerewerte sind in der Tabelle 1 wiedergegeben und können an Hand der Stationsnummern mit den Schwere-

Tabelle 1

Länge λ	Breite φ	Höhe	Meß-tisch-blatt Nr.	Lfde. Nr.	Beobachtungspunkt	Th 45 Δg_0 -Wert	Th 46 Δg_0 -Wert	Unter-schieds-betrag Δg_0 (Th 46) - Δg_0 (Th 45)
		m				mgal	mgal	mgal
15° 50.52'	53° 17.88'	127.9	1333	719	Gutsdorf	-15.65	-15.2	+0.45
52.10	16.03	99.8	1333	723	Denzig	-13.2	-13.3	-0.1
54.59	18.94	120.3	1248	717	Pammin-S	-10.75	-10.4	+0.35
58.48	21.07	120.0	1248	715	Giesen-NO	- 5.2	- 4.7	+0.5
47.89	16.48	87.0	1332	732	Röstenberg-O 87.0	-15.9	-15.3	+0.6
47.02	18.47	83.1	1247	725	Wildforth-SO	-16.25	-15.85	+0.4
49.20	14.51	90.0	1332	730	F. Schradtheide 90.0	-13.2	-12.75	+0.45
42.38	21.52	96.6	1247	743	Rahnwerder 96.6	-11.3	-11.0	+0.3
55.48	23.27	131.6	1248	744	Vw. Neufeld	- 4.8	- 4.25	+0.55
42.34	12.34	94.3	1332	507	Schwarzheide 94.3	-10.8	-10.9	-0.1
12.48	53.32	108.1	1248	739	Gr.-Spiegel-S	- 9.8	- 9.85	-0.05
58.40	12.55	85.0	1333	728	Neukörtnitz	-13.2	-13.1	+0.1
44.27	16.64	104.2	1332	502	Röstenberg-W 104.2	-13.3	-12.75	+0.55
41.75	14.86	93.3	1332	516	Silberberg 93.3	- 7.8	- 8.3	-0.5

$$M. F. = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sum d^2}{n}} \pm 0.2 \text{ mgal}$$

punkten der Fig. 1 in Verbindung gebracht werden. Ferner sind in dieser Tabelle die älteren und neueren Meßergebnisse gegenübergestellt und die Unterschiedsbeträge der Δg_0 -Werte angegeben.

Um das Schwerebild zu vervollkommen bzw. zu berichtigen, wurden zwei neue Punkte eingeschaltet. Der eine Punkt Alt-Stüdnitz-O (Länge 15° 59.38', Breite 53° 23.74') fügt sich gut in das schon früher entworfene Schwerebild ein, während der andere Punkt Hassendorf (Länge 15° 41.30', Breite 53° 16.96') Veranlassung dazu gab, im SW den Isogammenverlauf etwas zu korrigieren. Die zugehörigen Schwerewerte dieser Punkte sind in das Isogammenbild der Fig. 1 eingetragen.

Der Mittelwert der mit dem Gravimeter Th 45 erhaltenen Ergebnisse ergibt sich zu 11.5 mgal, der mit Th 46 erhaltene zu 11.3 mgal. Im Durchschnitt sind also die mit Th 45 gemessenen Werte dem absoluten Betrage nach um 0.2 mgal größer als die mit Th 46 gemessenen. Es mag sich hier um einen kleinen systematischen Fehler handeln, der wohl auf die Basisbestimmung Gutsdorf zurückzuführen ist.

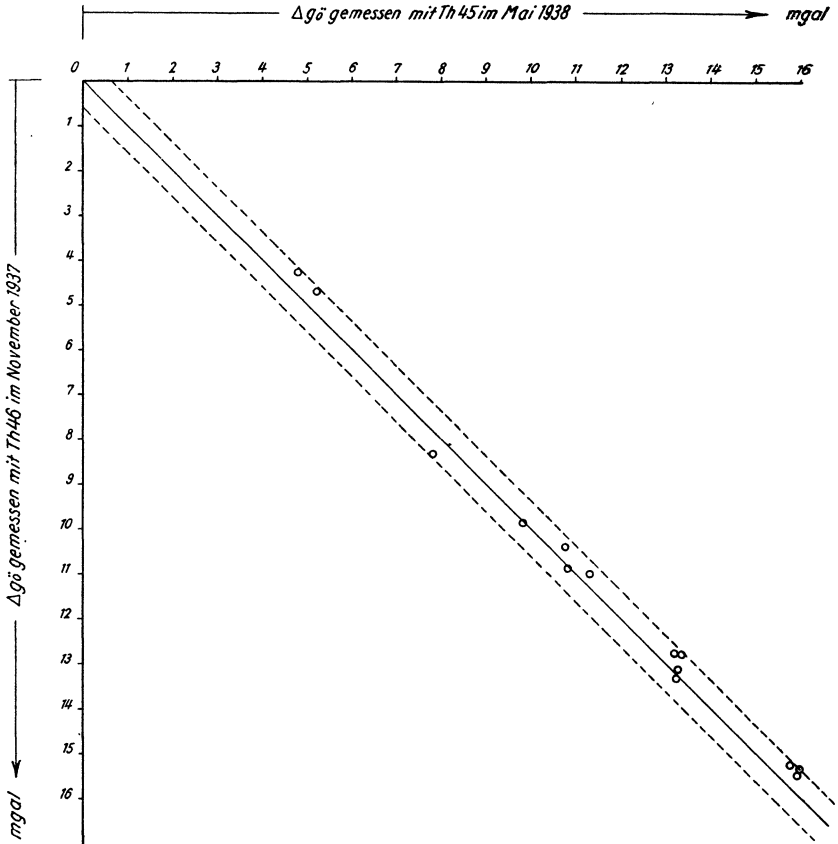


Fig. 2. Korrelationstafel

Um den Grad der Übereinstimmung der Ergebnisse aus den beiden Meßperioden zahlenmäßig auszudrücken, kann der Korrelationsfaktor r [$\Delta g''_0$ (Th 45), $\Delta g''_0$ (Th 46)] berechnet werden. Dieses ergibt sich zu

$$r = \frac{\sum \left[\left(\frac{\sum \Delta g''_0 (\text{Th 45})}{N} - \Delta g''_0 (\text{Th 45}) \right) \cdot \left(\frac{\sum \Delta g''_0 (\text{Th 46})}{N} - \Delta g''_0 (\text{Th 46}) \right) \right]}{\sqrt{\sum \left(\frac{\sum \Delta g''_0 (\text{Th 45})}{N} - \Delta g''_0 (\text{Th 45}) \right)^2 \cdot \sum \left(\frac{\sum \Delta g''_0 (\text{Th 46})}{N} - \Delta g''_0 (\text{Th 46}) \right)^2}} = +0.996.$$

Da es sich hierbei nur um eine geringe Anzahl von Messungen handelt, ist noch der wahrscheinliche Fehler w. F., der die Unsicherheit des Korrelationsfaktors angibt, zu berechnen. Er wird ermittelt nach

$$\text{w. F.} = \frac{0.67449(1-r^2)}{\sqrt{N}} = \pm 0.002.$$

Der endgültige Wert für r ist also

$$r = + 0.996 \pm 0.002.$$

Die Korrelation muß also gut bezeichnet werden, da der Wert $+ 1$ fast erreicht wird.

Die mit den beiden Geräten Th 45 und Th 46 gemessenen Werte sind der Anschaulichkeit wegen in eine Korrelationstafel Fig. 2 eingetragen worden. Man erkennt, wie gut die im Mai 1939 gemessenen $\Delta g''_0$ -Werte mit den im August und November 1937 ermittelten Schwerewerten übereinstimmen, da alle bei einer noch als gering zu bezeichnenden Schwankung von ± 0.55 mgal innerhalb der im Schaubild eingetragenen Grenze liegen.

Diese Vergleichsmessungen ermöglichten noch die benutzten Bezugswerte, die von grundlegender Bedeutung für die $\Delta g''_0$ -Werte sind, auf ihre Zuverlässigkeit zu prüfen. Man erhält nämlich eine Schar von Dreiecken bzw. Vierecken, wie aus Tabelle 2 ersichtlich, von denen ein oder zwei Seiten mit dem Gerät Th 46 und die restlichen mit Th 45 gemessen worden sind.

Tabelle 2

a) Dreiecke:	Widerspruch W
Gutsdorf—Denzig—Kallies-O	0.54
„ — Pammin-S—Kallies-O	0.11
„ — Giesen-NO—Kallies-O	0.07
„ — Röstenberg-O—Kallies-O	0.17
„ — Wildforth-SO—Kallies-O	0.05
„ — F. Schradtheide—Kallies-O	0.00
„ — Neukörtnitz—Kallies-O	0.34
„ — Rahnwerde—Köntopf 105.0	0.60
„ — Vw. Neufeld—Köntopf 105.0	0.92
„ — Gr. Spiegel-S—Köntopf 105.0	0.21
	$\Sigma W_1 = 3.01$ mgal
b) Vierecke:	Widerspruch W
Gutsdorf—Neuwedell 83.6*)—Kölpin 92.5—Kallies-O	0.58
„ — Röstenberg-W—Kölpin 92.5—Kallies	0.40
„ — Silberberg—Kölpin 92.5—Kallies	0.67
„ — Schwarzheide—Kölpin 92.5—Kallies	0.26
	$\Sigma W_2 = 1.91$ mgal

*) Der Punkt Neuwedell 83.6 konnte in der Fig. 1 nicht mit eingezeichnet werden. Der $\Delta g''_0$ -Wert beträgt 11.0 mgal (Länge $15^\circ 45.30'$; Breite $53^\circ 13.66'$).

Der Fehler $M. F.$ berechnet sich zu

$$\frac{\frac{\Sigma W_1}{\sqrt{3}} + \frac{\Sigma W_2}{\sqrt{4}}}{14} = \pm 0.192 \text{ mgal.}$$

Dem mittleren Fehler aus den Widersprüchen dieser Vielecke ist nun deshalb eine besondere Bedeutung beizumessen, weil in ihm im Gegensatz zu dem aus den d -Werten berechneten mittleren Fehler nicht die Differenzen, sondern die Summen der unbekanntem Fehler ε in Erscheinung treten.

Denn ist Δg der wahre unbekannte Schwereunterschied zwischen zwei Punkten:

Δg_1 die mit dem Fehler ε_1 behaftete erste Messung,
 Δg_2 die mit dem Fehler ε_2 behaftete zweite Messung,

so ist

$$\Delta g = \frac{\Delta g_1 + \Delta g_2}{2} + \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2}$$

und somit der Widerspruch W in einem Dreieck, wenn die unbekanntem wahren Schwereunterschiede der drei Seiten mit $\Delta g'$, $\Delta g''$ und $\Delta g'''$ bezeichnet werden:

$$W = \frac{\varepsilon'_1 + \varepsilon'_2}{2} + \frac{\varepsilon''_1 + \varepsilon''_2}{2} + \frac{\varepsilon'''_1 + \varepsilon'''_2}{2}.$$

Der mittlere Fehler aus den Widersprüchen dieser Vielecke aber, was damit gleichbedeutend ist, aus den Summen der unbekanntem Fehler, beläuft sich auf ± 0.192 mgal, paßt also gut zu dem mittleren Fehler der Unterschiedsbetragswerte der Tabelle 1 zu ± 0.200 mgal.

II. Die durchschnittliche Entfernung Basis—Feldpunkte belief sich in der älteren Meßperiode zu 10—12 km. Die neueren Messungen konnten wegen der günstiger liegenden Basis Gutsdorf mit einer durchschnittlichen Entfernung Basis—Feldpunkte von 7—8 km durchgeführt werden. Dieser verhältnismäßig große Unterschied der Meßentfernungen in den beiden Meßperioden hat einen, wenn auch geringen Einfluß auf die jeweilige Meßgenauigkeit. An anderer Stelle habe ich schon früher aus größeren Meßreihen die Abhängigkeit der Genauigkeit festgestellt*). Da inzwischen die Meßgenauigkeit gesteigert worden war, verdient eine diesbezügliche Untersuchung, die im Meßgebiet Pommern-Süd zur gleichen Zeit als die oben mitgeteilten Vergleichsmessungen vorgenommen wurde, besonderes Interesse.

Um zu erkennen, inwiefern die Fehlerdifferenzen $d = \Delta g_1 - \Delta g_2$ mit durch die Entfernungen der Feldpunkte von ihren zugehörigen Basispunkten bedingt sind, wurde für das Gerät Th 54 im Meßgebiet Pommern-Süd**) jedem Wert die

*) St. v. Thyssen: „Über die Überbrückung von größeren Entfernungen durch das Thyssen-Gravimeter.“ Beitr. angew. Geoph. 6, Heft 1, 7—13 (1936).

**) Das Gravimeter Th 54 war ebenfalls für Großraumvermessungen in diesem Meßgebiet eingesetzt.

ihm entsprechende Entfernung e in km gegenübergestellt und daraus der Korrelationsfaktor

$$r(\bar{d}, e) = \frac{\Sigma xy}{\sqrt{\Sigma x^2 \cdot \Sigma y^2}}$$

bestimmt.

Hierin bedeutet x die Abweichung eines bestimmten \bar{d} von seinem Mittelwert, also $x = \bar{d} - \frac{\Sigma \bar{d}}{n}$ und y die Abweichung des ihm zugehörigen e von seinem Mittelwert,

also $y = e - \frac{\Sigma e}{n}$. Ist x positiv und y desgleichen, dann ist auch das Produkt xy positiv, und es besteht dann eine positive Korrelation zwischen \bar{d} und e . Ist x dagegen positiv und y negativ oder umgekehrt, dann besteht eine gegensätzliche Beziehung zwischen \bar{d} und e . Bei denkbar größter Übereinstimmung ist $r(\bar{d}, e) = +1$; besteht zwischen \bar{d} und e gar keine Beziehung, dann ist $r(\bar{d}, e)$ näherungsweise gleich Null.

Im vorliegenden Falle ist Σxy durch $\sqrt{\Sigma x^2 \cdot \Sigma y^2}$ dividiert worden, um $r(\bar{d}, e)$ von den benutzten Maßeinheiten zu befreien. Der Mittelwert für \bar{d} beläuft sich auf 0.93 mgal und der für e auf 8.3 km. Für den Korrelationsfaktor r erhält man $r = +0.15$. Dadurch ist rein rechnerisch nachgewiesen worden, daß zwischen den \bar{d} - und e -Werten eine, wenn auch schwache aber dennoch positive Korrelation besteht.

Ferner wurde noch geprüft, inwieweit die mittleren Fehler M. F. durch die Entfernungen bedingt sind. Zu dem Zweck wurden die Entfernungen e in folgende vier Gruppen unterteilt: $3 \leq e \leq 6$ km, $6 < e \leq 8$ km, $8 < e \leq 10$ km, $10 < e < 16$ km ($e = 3$ km war die kleinste und $e = 16$ km die größte Meßentfernung) und Tabelle 3 erhalten:

Tabelle 3

e	$3 \leq e \leq 6$ km	$6 < e \leq 8$ km	$8 < e \leq 10$ km	$< 10 < e < 16$ km
M. F.	± 0.16	± 0.19	± 0.21	± 0.22

Die kurvenmäßige Darstellung in der Fig. 3 rechts oben zeigt eine ähnliche Krümmung, wie ich sie bereits früher gefunden habe mit dem Unterschied, daß die alte (obere) Kurve um eine etwa 0.1 mgal entsprechende Strecke nach oben verschoben ist. Dies bedeutet, daß die Meßgenauigkeit im Meßgebiet Pommern-Süd mindestens 30% besser ist*).

Des weiteren wurde noch untersucht, ob das fast bei allen Fehlerhäufigkeitskurven**) auftretende sekundäre Maximum, entsprechend einem Fehlerintervall

*) Auch andere Meßgebiete zeigen eine gesteigerte Meßgenauigkeit gegenüber früher, so daß eine Verallgemeinerung dieses Befundes auf die meisten Gravimetermessungen der jüngeren Periode berechtigt erscheint.

**) F. Lubiger: „Fehlerhäufigkeitskurven als Meßgenauigkeitskriterium und ihre (Anwendung auf Thyssen-Gravimeter.“ Beitr. angew. Geoph. 7, Heft 3, 230—244 1938).

von etwa 0.2—0.3 mgal, mit von den Entfernungen zwischen Basis- und Feldpunkten verursacht wird. Deshalb wurden, nachdem erst die Fehlerhäufigkeitskurve ohne Rücksicht auf die Entfernungen konstruiert worden war, noch die

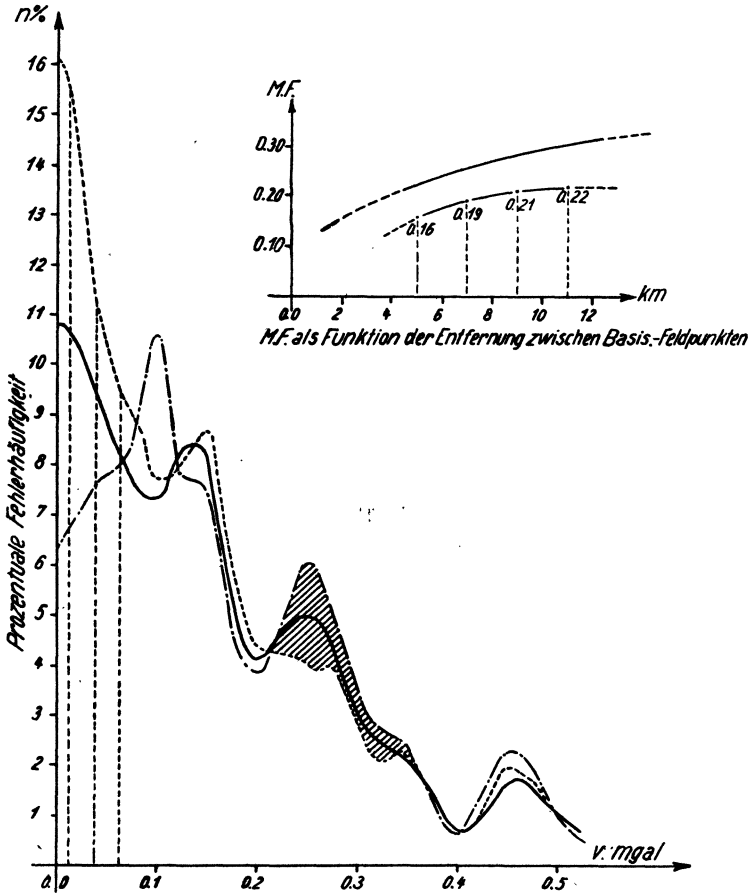


Fig. 3.

- F.-C. für Th 54 im Meßgebiet Pommern-Süd ohne Rücksicht auf die Entfernungen zwischen Basis und Feldpunkten.
- - - - F.-C. für Th 54 im Meßgebiet Pommern-Süd bei Entfernungen bis zu 8 km zwischen Basis und Feldpunkten.
- · - · - F.-C. für Th 54 im Meßgebiet Pommern-Süd bei Entfernungen größer als 8 km zwischen Basis und Feldpunkten

Fehlerhäufigkeitskurven für $e < 8.3$ km und für $e > 8.3$ km (s. Fig. 3) gezeichnet. Sie lassen erkennen, daß bei der Kurve $e < 8.3$ km das sekundäre Maximum ganz verschwunden ist, daß es hingegen bei der Kurve $e > 8.3$ km verstärkt in Er-

scheinung tritt. Schließlich wurden noch die Fehlerhäufigkeitskurven für dieselben Entfernungsgruppen wie oben bei der Berechnung der mittleren Fehler konstruiert

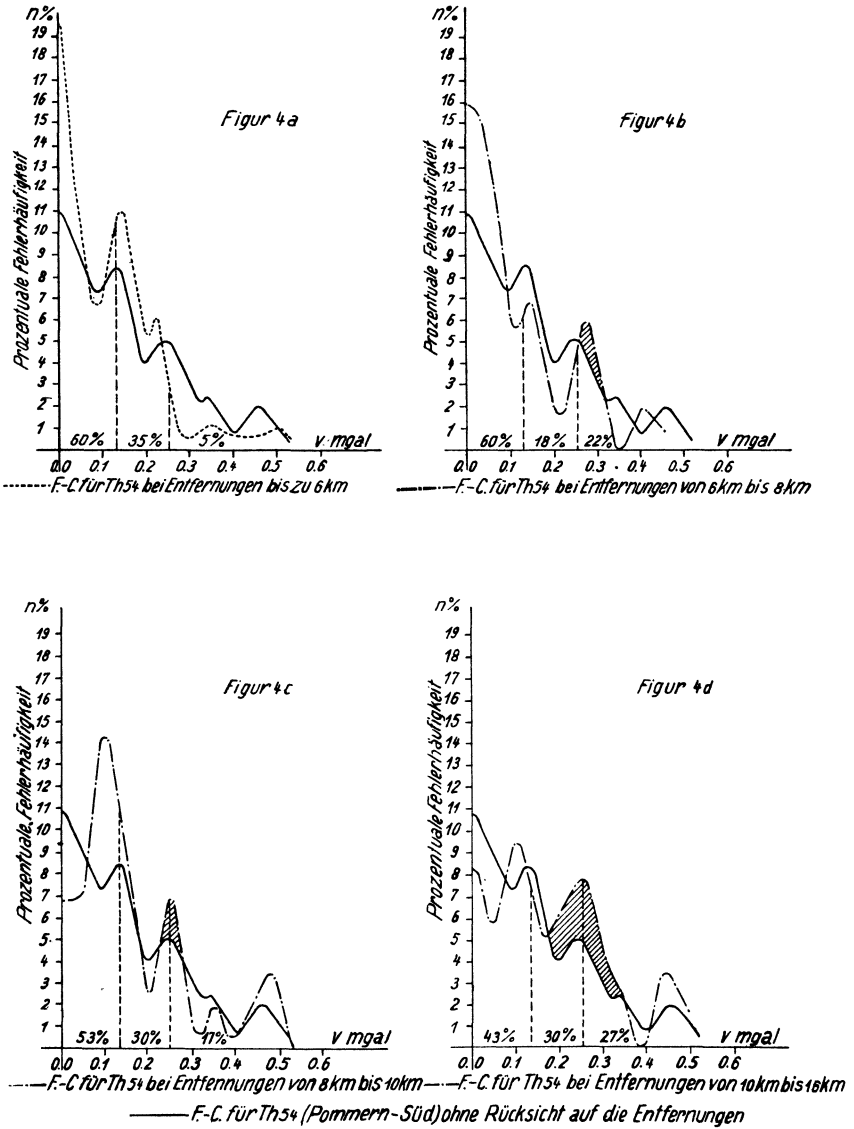


Fig. 4

und in der Fig. 4 wiedergegeben. Die gestrichelte Kurve der Fig. 4a ($3 < e \leq 6$ km) läßt erkennen, daß das primäre Maximum bis auf $n = 20\%$ angestiegen und das

sekundäre Maximum um 0.15 mgal nach links gerückt ist. In den Fig. 4b und 4c entsprechend ($6 < e \leq 8$ km, $8 < e \leq 10$ km) tritt das sekundäre Maximum an ungefähr derselben Stelle wie bei der Ursprungskurve, d. h. für alle Entfernungen schwach und endlich bei der Kurve der Fig. 4d entsprechend ($10 < e < 16$ km) sehr verstärkt in Erscheinung.

Aus diesen Untersuchungen ergibt sich zwar eine Abhängigkeit der Meßergebnisse von der Entfernung Basis—Feldpunkt, die aber, wie schon hervorgehoben, bei den Vergleichsmessungen Pommern-Süd kaum ins Gewicht fällt. Den Messungen von der Basis Gutsdorf müßte demnach im Vergleich zu den anderen Messungen im Durchschnitt eine um nur einige hundertstel Milligal höhere Genauigkeit zukommen.

Abgesehen hiervon sind Fehlerhäufigkeitsuntersuchungen bei verschiedenen Entfernungen lehrreich und nützlich. Sie können in Verbindung mit den zufälligen Fehleranordnungen, wie diese bei größeren Meßreihen auftreten können*), eine wertvolle Hilfe bei der Auffindung von Messungen mit systematischen Fehlern sein.

An dieser Stelle möchte ich die sorgfältige und gewissenhafte Arbeit von Herrn Dr. F. Lubiger, der als Truppführer das Material zusammenstellte, besonders hervorheben und meinen Dank aussprechen.

Neuere Untersuchungen der Reichsanstalt für Erdbebenforschung über bautechnische Erdbebensicherung

Von A. Sieberg, Jena. — (Mit 13 Abbildungen)

Diese Versuchsreihe vertieft die früheren des Verfassers, die Klarheit über die mechanischen Vorgänge bei der Zerstörung von Bauwerken durch Erdbeben bringen und gleichzeitig helfen sollen, eine Lücke in den Grundlagen erdbebenkundlicher Bautechnik zu schließen. Aus den Ergebnissen werden eine Reihe von Folgerungen für die Praxis gezogen.

Schwere Erdbeben schädigen das Volkswohl nicht allein durch ihre unmittelbaren Wirkungen, sondern auch durch ihre Nachwirkungen, die monate- und selbst jahrelang die Volkswirtschaft stören können. Hauptschadenbringer ist die Zerstörung von Bauwerken mit allen ihren Folgen, zu denen auch die Menschenopfer gehören; denn die zusammenbrechenden Gebäude wirken als Menschenfallen.

Begreiflicherweise wurde man sich unter diesen Umständen frühzeitig der Vorteile einer gewissen bautechnischen Erdbebensicherung bewußt. Dahin

*) St. v. Thyssen: „Der Einfluß von Fehleriterationen usw.“ Beitr. angew. Geoph. 8, Heft 3, 267—300 (1940).