

## Werk

**Jahr:** 1930

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:6

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN101433392X\_0006

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X\\_0006](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0006)

**LOG Id:** LOG\_0023

**LOG Titel:** Über den Horizontalabstand von Pendelstationen

**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](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

Gesteine nachgegangen werden muß, um auf solche Weise in die Materie einzudringen.

Nicht laut genug kann die Forderung erhoben werden, auch von Naturgesteinen, ähnlich wie es schon seit langem bei Stahl und Eisen geschieht, den Elastizitätsmodul zu bestimmen und auch Gesteine auf ihren Widerstand gegen schwingende Beanspruchungen zu prüfen. Auf diesem Wege wird es möglich sein, die technische und wirtschaftliche Aufgabe zu lösen, das Material zu finden, das den erhöhten Ansprüchen, die die vermehrten und höheren Verkehrslasten stellen, gewachsen ist.

---

## Über den Horizontalabstand von Pendelstationen

Von Robert Schwinner

Für die geologische Deutung ist es wesentlich, daß die Differenz zwischen zwei benachbarten Schwerestationen nie das falsche Vorzeichen bekomme. Daher wird vorgeschlagen, die Pendelstationen im Querprofil nicht näher aneinander zu rücken, als daß die mutmaßliche Differenz das 6-fache des mittleren Fehlers der einzelnen Messung ist.

Das Netz von Schwerestationen, wie es uns von den älteren Vermessungen her vorliegt, kann sozusagen als „zufällig“ in der Auswahl der Stationsorte bezeichnet werden; wenigstens in geologischer Hinsicht sind systematische Beeinflussungen dabei nicht im Spiele gewesen. Den Horizontalabstand der Pendelstationen zu diskutieren, war da wenig Anlaß, man mußte zufrieden sein, wenn man überhaupt welche antraf. Erst in neuerer Zeit ist diese Frage aufgeworfen worden, anscheinend zuerst im Gefolge von bergmännischen Untersuchungen. Aber auch bei den neueren Landesvermessungen spielt dieses Problem bereits eine Rolle. Die Aufgabe, in einem konkreten Falle eine Art geologischer Prognose zwecks Auswahl der Stationen auszuarbeiten, führte mich darauf, diese Frage auch vom Gesichtspunkt der regionalgeologischen Deutung der Schweremessungen aus zu betrachten.

Die Binsenwahrheit, daß viele Messungen besser sind als wenige und immer irgendwie zu einer Erhöhung der Genauigkeit verwendet werden können, muß natürlich auch für die Häufung von Pendelstationen gelten; aber es gibt da einige Einschränkungen. Liegen die Stationen z. B. sehr nahe zusammen, so wird man zwischen die zickzack gestreuten Punkte leicht eine kontinuierliche Kurve des  $g$ -Verlaufes interpolieren können, welche die Unsicherheit der einzelnen Messung weitgehend korrigiert. Wie das bei einer etwas geringeren, wenn auch immer noch großen Stationsdichte steht, ob da in der Ermittlung der sonst noch unbekanntenen Kurve nicht auch prinzipielle Unsicherheiten auftreten können, ist eine offene Frage — die aber offen bleiben kann; denn eine solche Häufung von Pendelstationen

ist nicht zweckmäßig, da nimmt man besser gleich die Drehwaage. Die Pendelstation ist ihrem Wesen nach ein Individuum, sie wird für sich beurteilt und verarbeitet entweder im Absolutwert, meist aber mit dem Relativwert, das ist mit der Differenz ihres Wertes (in  $g$  oder besser in der Anomalie, das ist irgend ein reduziertes  $g$  minus Normalschwere:  $g_0 - \gamma_0$  oder  $g''_0 - \gamma_0$  usw.) von dem der Nachbarstation.

Am allerunerwünschtesten von allen Fehlerkonsequenzen ist offenbar der Fall, wenn eine solche Differenz das falsche Vorzeichen bekommt; denn das führt zu einem qualitativen, wesentlichen Irrtum. Versucht man nämlich eine solche Anomalie, die das falsche Vorzeichen bekommen hat, durch Unterlegung einer störenden Masse zu erklären, so kommt diese auf die falsche Seite zu liegen und die geologische Deutung muß ganz verkehrt ausfallen. Jung (Zeitschr. f. Geophys. 3, 152, 1927) hatte gemeint, man könnte die Stationen mit Vorteil so nahe aneinander rücken, daß die theoretisch größtmögliche Schwankung der Schwereintensität zwischen ihnen gleich der Genauigkeit\*) der einzelnen Pendelmessung wird. Aus seinen Beispielen geht hervor, daß er dabei nur an Fälle der Praxis denkt, in denen der allgemeine Gang der Schwerestörung von vornherein feststeht; da mag es auch angehen. In unserem allgemeineren Falle dürfte diese Wahl gerade zwischen zwei Stühle treffen. Gegenseitig korrigieren und kontrollieren können Messungen dieses Horizontalabstandes einander nicht mehr, dagegen werden sie häufig die verpönten falschen Vorzeichen liefern: bezeichnen wir mit  $\bar{r}$  einen Fehler, der größer ist als der wahrscheinliche ( $r$ ), so hat das Vorkommen von  $g_1 + \bar{r}$ ,  $g_1 - \bar{r}$ ,  $g_2 + \bar{r}$ ,  $g_2 - \bar{r}$  jedesmal die Wahrscheinlichkeit  $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ , und somit das Zusammenvorkommen von je zwei bestimmten dieser Werte, d. i. daß die Differenz beträgt  $g_2 - g_1 + 2\bar{r}$  oder  $g_2 - g_1 - 2\bar{r}$ , jedesmal die Wahrscheinlichkeit von  $\frac{1}{16}$ ; und einer von diesen beiden Fällen müßte bei Beachtung von Jungs Vorschlag bestimmt das verkehrte Vorzeichen haben; denn der wahrscheinliche Fehler ist rund  $\frac{2}{3}$  des mittleren ( $\epsilon$ ), also  $2r = \frac{4}{3}\epsilon$ , und außerdem ist angenommen, daß es die theoretisch maximale Differenz ist, die dem mittleren Fehler ( $\epsilon$ ) gleichgemacht worden ist, die wirkliche Differenz  $g_2 - g_1$  ist viel kleiner. Unter diesen Umständen kann man annehmen, daß 10% aller Differenzen  $g_2 - g_1$  oder noch mehr das verkehrte Vorzeichen bekommen würden, und das scheint mir nicht erträglich! Ferner, der genaue Wert der Stationsdifferenz  $g_2 - g_1$  ist ja erst durch die Messung zu ermitteln. Für die Aufgabe, die Stationsorte auszuwählen, steht nur eine Schätzung zur Verfügung, und da dürfte auch in günstigen Fällen ein Irrtum von 50% leicht unterlaufen können. Um also die falschen Vorzeichen sicher zu vermeiden, würde ich vorschlagen, die Pendelstationen grundsätzlich nicht näher aneinander zu rücken, als daß die Stationsdifferenz der Schätzung nach mindestens den sechsfachen mittleren Fehler der einzelnen Pendelmessung beträgt. Sollte sich die Differenz

---

\*) Nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch ist damit wohl der mittlere Fehler gemeint?

an einer Stelle des Profils viel größer erweisen als geschätzt war, und ist es zur Deutung nötig, so kann man immer noch nachträglich eine Zwischenstation hineinlegen, das ist sicher weniger Arbeit, als wenn man von Anfang an die Stationsdistanz wahllos viel kleiner genommen hätte. Und will man noch feinere Einheiten studieren, die mit solchem Stationsnetz nicht erfaßt werden können, so muß man eben zur Drehwaage greifen und wird auch die Messungen mit dieser besser disponieren können, wenn man sich auf die aus den lockerer gestellten Pendelstationen gewonnene Übersicht stützen kann, als wenn man sie ganz ins Blaue hinein anfangen muß.

Wenn man nur über eine bestimmte Zahl von Stationen disponieren darf — und eine gewisse Beschränkung im Aufwand wird man heute wohl überall voraussetzen müssen —, so ist die zweckmäßigste Anordnung derselben die lineare, das ist die Vermessung eines Profils; und dieses ist selbstverständlich in der Richtung des größten Gradienten\*) zu legen. In dieser Richtung sind zwar die meisten, weil eng gestellten, Stationen erforderlich, aber das Messungsergebnis ist hier auch am charakteristischsten und geologisch am leichtesten zu deuten. Und auch für die geologische Prognose sind diese Linien am leichtesten zu finden. Wo der geologische Bau ohne viel Veränderung längere Strecken gerade weiterstreicht, und diese Strecken sind ohnedem schon wegen der leichteren Berechnung und Deutung der Anomalien auszuwählen, sind die maximalen Gradienten normal zum jeweiligen Generalstreichen und somit leicht mit genügender Genauigkeit\*\*) anzugeben. Für diese Querprofile sind auch bereits gewisse Durchschnittszahlen bekannt, die eine Schätzung selbst dort gestatten, wo sonst nichts bekannt ist. Im alpidisch dislozierten Gebiet\*\*\*) wird man annehmen können, daß im Querprofil Gradienten von  $0,001 \text{ cm sec}^{-2}$  auf den Kilometer so ziemlich die Regel sind, daß sie aber über den Hauptdislokationen auf  $0,002$  bis  $0,003$  steigen können. Im variskischen Faltungsgebiet†) wird das Mittel heute vermutlich etwas tiefer liegen. Nimmt man an, daß bei modernen Pendelmessungen der mittlere Fehler höchstens  $0,001 \text{ cm/sec}^{-2}$  beträgt, so kann man die Stationen über den alpidischen Hauptdislokationen auf etwa 2 km zusammenrücken, an variskischen vielleicht auf 3 km, sonst sind im allgemeinen 5 bis 6 km eine empfehlenswerte Stationsdistanz.

---

\*) Die Trajektorie der Linien gleicher Schwereanomalien ist nicht ohne weiteres identisch mit der des größten Gradienten, wie er etwa mit der Drehwaage ermittelt wird, allein bei der Orientierung des Schwereprofils kommt es auf solche kleine Richtungsunterschiede nicht an.

\*\*) Bei Verschwenkung des Profils aus der Normalen heraus ist die Änderung des Gradienten gering, nämlich etwa proportional der des  $\cos$  des betreffenden kleinen Winkels.

\*\*\*) R. Schwinner: Geophysikalische Zusammenhänge zwischen Ostalpen und Böhmischer Masse. Gerlands Beitr. z. Geophys. 23, 72, 1929.

†) J. Koenigsberger: Zur geophysikalischen gravimetrischen Landesuntersuchung und über die Tiefenlage der störenden Massen. Zeitschr. f. prakt. Geologie. 35. Jahrg., H. 5, S. 68, 1927.

Normal zu den so gewählten Profilen wären die für eine Stationsreihe ungünstigsten Linien, denn in diesen kommt die Unsicherheit der Messungen und die unkontrollierbare Abweichung der Linie von der richtigen „Isogamme“ allein und daher voll zur Geltung. Man vermeidet am besten, solche Stationsfolgen in Diskussion zu ziehen. Am zweckmäßigsten legt man zuerst die Stationsreihen weit auseinander, wie es sich ohnedem meist ganz ungezwungen ergibt, wenn man nur die einwandfreien Querprofile herausucht. Vergleicht man dann die Änderungen der Schwerewerte und des tieferen Baues im Streichen, so findet man leicht die Zwischenstationen, die nötig sind, die Übergänge aufzuklären und den Schwereverlauf auf der ganzen Fläche zu erfassen. Legt man dagegen, wie es bisher geschah, auf gut Glück ein Quadratnetz, so kann man leicht ein paar rätselhafte Ziffern bekommen, die allen Deutungsversuchen trotzen. Eine Schwerestation aber, die man nicht geologisch deuten kann, ist wenig mehr als verschwendete Arbeit.

## Die Belowsche Methode zur Bestimmung der Wirkung gegebener Massen auf Krümmungsgröße und Gradient, ihre Verallgemeinerung für beliebige Massenformen und ihre Anwendung auf „zweidimensionale“ Massenordnungen

Von **Karl Jung**, Potsdam — (Mit 3 Abbildungen)

Auf ein von Below ausgearbeitetes, von Nikiforov an schwer zugänglicher Stelle veröffentlichtes Verfahren der Geländereduktion von Krümmungsgröße und Gradient für entfernte Geländeteile wird hingewiesen, und es wird gezeigt, wie man das Verfahren auf beliebige Massenformen und auf die Bestimmung der Wirkung „zweidimensionaler“ Einbettungen übertragen kann.

An etwas schwer zugänglicher Stelle<sup>1)</sup> hat Nikiforov auf eine von Below ausgearbeitete Methode der Geländereduktion von Krümmungsgröße und Gradient für entfernte Geländeteile (sogenannte „kartographische“ Reduktion) hingewiesen. Diese Methode, die an Stelle des Auszählens von Diagrammen die Höhenlinien so umzeichnet, daß sie ausplanimetriert werden können, kann nach geeigneter Abänderung auch auf die Bestimmung der Wirkung gegebener Massen in Stationsnähe angewandt und auf langgestreckte, horizontal gelagerte Massen mit überall gleichem Querschnitt — sogenannte „zweidimensionale“ Massenformen — übertragen werden. Die Belowsche Methode dürfte mehr Beachtung verdienen, als ihr infolge ihrer schwer zugänglichen Veröffentlichung zuteil geworden ist.

A. Die Belowsche Methode. Es sei  $X, Y, Z$  ein rechtwinkliges Koordinatensystem. Die  $Z$ -Achse zeige nach unten, der Koordinatenanfang liege im Bezugspunkt der Drehwaage. Ist  $k^2$  die Gravitationskonstante,  $\sigma$  die Dichte der Masse, deren Wirkung bestimmt werden soll, oder der Dichteunterschied einer Einbettung gegen ihre Umgebung, seien  $\xi, \eta, \zeta$  die  $x$ -,  $y$ -,  $z$ -Koordinaten der