

Werk

Jahr: 1939

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:15

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0015

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0015

LOG Id: LOG_0051

LOG Titel: Die topographische Reduktion der Lotabweichungen am Nanga Parbat mit Hilfe eines Diagramms

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 there 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

Die topographische Reduktion der Lotabweichungen am Nanga Parbat mit Hilfe eines Diagramms

Von Friedrich Breyer, Hannover. — (Mit 7 Abbildungen)

Mit Hilfe eines Diagrammes werden die am Nanga Parbat gemessenen Lotabweichungen topographisch reduziert. Die Restlotabweichungen werden zu deuten versucht, indem sie mit den berechneten Kurven einiger einfacher Körper und den vermuteten großräumigen Verhältnissen verglichen werden. Die anzunehmenden Dichtedifferenzen sind nicht ungewöhnlich groß. Eine in allem einleuchtende Deutung ist jedoch noch nicht möglich. Zum Schluß ein Ausblick auf genauere Messungen in Europa.

Während meiner Beschäftigung mit den Auszählendiagrammen für die Ergebnisse von Pendel und Drehwaage erschien die Arbeit von Heinrich Jung über „Die Lotabweichungen in der Umgebung des Nanga Parbat und einen Versuch zu ihrer geophysikalischen Deutung“ [1], [2]. Es lag nahe, auch für diese Art der Schweremessung, denn darum handelt es sich ja bei den Lotabweichungen, ein Diagramm zu konstruieren, mit dessen Hilfe es möglich sein würde, die topographische Reduktion der Lotabweichungen bis zu jeder wünschbaren Genauigkeit zu bestimmen, vorausgesetzt, daß genügend genaue Karten vorhanden sind und die Dichte der Gesteine im großen Durchschnitt bekannt ist. Die erste dieser Bedingungen ist am Nanga Parbat durch die schönen und genauen Karten der Expedition von 1934 [3] erfüllt, die zweite läßt sich in hinreichendem Maße auf Grund der geologischen Untersuchungen von P. Misch [4] schaffen.

Herr Professor Finsterwalder unterstützte die Arbeit durch seinen ständigen, sehr wertvollen Rat und, nachdem die erste Station reduziert vorlag, dadurch, daß er Herrn stud. Bödicker heranzog, der für alle übrigen 24 Stationen die notwendigen Profile in 16 Azimuten zeichnete. Nach der Bewältigung dieses Löwenanteils der Arbeit war es ein leichtes, mit Hilfe des Diagramms die Reduktionen zu berechnen. Beiden Herren gilt deshalb mein herzlicher Dank für ihre Mitarbeit, ohne die diese Ergebnisse nicht erhalten worden wären.

Über das zur Anwendung gelangte Diagramm habe ich im Zusammenhang mit den übrigen Diagrammen der Schweremessungen berichtet [5]. Folgendes mag hier wiederholt werden.

Die Z-Richtung des Koordinatensystems soll nicht die Richtung der Schwerkraft, sondern diejenige Richtung sein, die sich aus astronomischen Messungen

für den Aufpunkt als Senkrechte ergibt. Es treten dann auch seitliche Komponenten der Schwerkraft auf:

$$g_{(x)} = W_x = k^2 \cdot \mu \cdot \frac{x}{r^3},$$

$$g_{(y)} = W_y = k^2 \cdot \mu \cdot \frac{y}{r^3}.$$

Hierin ist:

k^2 die Gravitationskonstante,
 μ die störende Masse,
 x und y die Nord- und Ostkoordinate,
 r der Abstand vom Schwerpunkt der Masse.

Ferner ist:

σ das spezifische Gewicht,
 dv das Volumelement.

Dann ist die gesamte Nordabweichung des Lotes:

$$W_x = k^2 \cdot \sigma \cdot \iiint \frac{x}{r^3} \cdot dv, \quad (1)$$

sobald wir das spezifische Gewicht als einheitlich annehmen können.

Der Leitidee des Diagramms entsprechend wird der Raum um den Stationspunkt in Einzelkörper gleicher Wirkung auf das Lot zerlegt. Es muß zu diesem Zweck über den ganzen Raum um den Stationspunkt integriert werden. Die Einzelgrößen der Formel (1) werden zu diesem Zweck am besten in Kugelkoordinaten ausgedrückt. Wir setzen:

$$\begin{aligned} x &= \cos \psi \cdot \cos \varphi \cdot r, \\ y &= \sin \psi \cdot \cos \varphi \cdot r, \\ dv &= r^2 \cdot dr \cdot \cos \varphi \cdot d\varphi \cdot d\psi, \end{aligned}$$

wenn ψ das Azimut und φ der Erhebungswinkel über dem Horizont ist. Dann ist:

$$\left. \begin{aligned} W_x &= k^2 \cdot \sigma \cdot \iiint \cos^2 \varphi d\varphi \cdot \cos \psi d\psi \cdot dr, \\ W_y &= k^2 \cdot \sigma \cdot \iiint \cos^2 \varphi d\varphi \cdot \sin \psi d\psi \cdot dr. \end{aligned} \right\} (2)$$

$$\left. \begin{aligned} W_x &= \frac{k^2 \cdot \sigma}{4} \cdot \left| \begin{array}{c} \psi_2 \\ \varphi_1 \end{array} \right| \cdot \left| \begin{array}{c} 2\varphi + \sin 2\varphi \\ \psi_1 \end{array} \right| \cdot \left| \begin{array}{c} \sin \psi \\ \sqrt{r_1} \end{array} \right| \cdot \left| \begin{array}{c} \sqrt{r_2} \\ r \end{array} \right|, \\ W_y &= \frac{k^2 \cdot \sigma}{4} \cdot \left| \begin{array}{c} 2\varphi + \sin 2\varphi \\ \psi_1 \end{array} \right| \cdot \left| \begin{array}{c} \cos \psi \\ \psi_1 \end{array} \right| \cdot \left| \begin{array}{c} r \\ r \end{array} \right|. \end{aligned} \right\} (3)$$

Der Kugelraum wird zerteilt in lauter kleine Abschnitte, für die W_x gleichen Wert hat. Dazu müssen die $(r_{n+1} - r_n)$ und die $(\sin \psi_{n+1} - \sin \psi)$, sowie die $(2\varphi_{n+1} + \sin 2\varphi_{n+1} - 2\varphi_n - \sin 2\varphi_n)$ gleich groß gemacht werden. Die r und φ können in der Vertikalebene gezeichnet werden (Fig. 1), das Azimut der Profile wird entsprechend ihrem Abstand voneinander mit $(\sin \psi_{n+1} - \sin \psi_n)$ für W_x und $(\cos \psi_{n+1} - \cos \psi_n)$ für W_y berücksichtigt.

Wir wählen die Radien so, daß $(r_{n+1} - r_n) = 1$ cm wird. Den Horizontalkreis zerlegen wir in 16 Teile, so daß $\psi_{n+1} - \psi_n = 22\frac{1}{2}^0$ wird. Das Profil auf je einem Azimut muß dann für einen Winkel von $\psi + 11\frac{1}{4}^0$ bis $\psi - 11\frac{1}{4}^0$ gelten. Wir erhalten dann:

$$\begin{aligned} (\sin \psi_{n+1} - \sin \psi_n) &= \sin(\psi + 11\frac{1}{4}^0) - \sin(\psi - 11\frac{1}{4}^0) \\ &= 2 \sin 11\frac{1}{4}^0 \cdot \cos \psi. \end{aligned}$$

Den Vertikalkreis von $\varphi = 0$ bis $\varphi = 90^0$ zerlegen wir in 20 Teile. Die Extremwerte für $f(\varphi)$ sind:

$$\begin{aligned} 2 \varphi_{00} + \sin 2 \varphi_{00} &= 0^0, \\ 2 \varphi_{900} + \sin 2 \varphi_{900} &= \pi. \end{aligned}$$

Es soll nun

$$(2 \varphi_{n+1} + \sin 2 \varphi_{n+1}) - (2 \varphi_n + \sin 2 \varphi_n) = 0.05 \pi$$

werden. Da die Auflösung dieser Gleichung auf rechnerischem Wege zu unbequem ist, wurde sie graphisch ausgeführt. Die Einzelwerte für φ befinden sich in der angeführten Arbeit [5].

Der Wert jedes einzelnen Raumteiles ist dann, wenn M den reziproken Wert des Maßstabes bedeutet:

$$W_x = \frac{k^2 \sigma}{4} \cdot \frac{\pi}{20} \cdot 2 \sin 11\frac{1}{4}^0 \cdot \cos \psi \cdot M.$$

Wir setzen nun für k^2 den Wert $\frac{200}{3} \cdot 10^{-9}$, für $\sigma = 2.7$ und für $M = 100000$ ein.

Dann ist:

$$W_x = 0.276 \cos \psi \text{ mgl.}$$

Bezeichnet a_1 bis a_{16} die Anzahl der Raumteile in den 16 Azimuten, wobei dem Index 1 das Azimut Nord entspricht und rechts herum gezählt wird, dann wird die Nordkomponente der gesamten Lotstörung:

$$\Sigma W_x = 0.276 \cdot \left\{ \begin{aligned} &a_1 - a_9 + \cos 22\frac{1}{2}^0 [(a_2 - a_{10}) + (a_{16} - a_8)] \\ &+ \cos 45^0 [(a_3 - a_{11}) + (a_{15} - a_7)] \\ &+ \cos 67\frac{1}{2}^0 [(a_4 - a_{12}) + (a_{14} - a_6)] \end{aligned} \right\} \text{mgl}$$

und die Ostkomponente:

$$\Sigma W_y = 0.276 \cdot \left\{ \begin{aligned} &a_5 - a_{13} + \cos 22\frac{1}{2}^0 [(a_6 - a_{14}) + (a_4 - a_{12})] \\ &+ \cos 45^0 [(a_7 - a_{15}) + (a_3 - a_{11})] \\ &+ \cos 67\frac{1}{2}^0 [(a_8 - a_{16}) + (a_2 - a_{10})] \end{aligned} \right\} \text{mgl.} \quad (4)$$

An zwei Beispielen wurde geprüft, wie groß die Ungenauigkeit ist, wenn man durch das Diagramm Körper zu erfassen sucht, die sich der Zentralsymmetrie der Diagramm-Methode schlecht anpassen. Als solchen kann man ein langgestrecktes, dreiseitiges, gleichschenkliges Prisma ansehen, wie es Helmert in seinem Werke: „Die Mathematischen und Physikalischen Grundlagen der höheren Geodäsie“ auf S. 295ff. abbildet und berechnet.

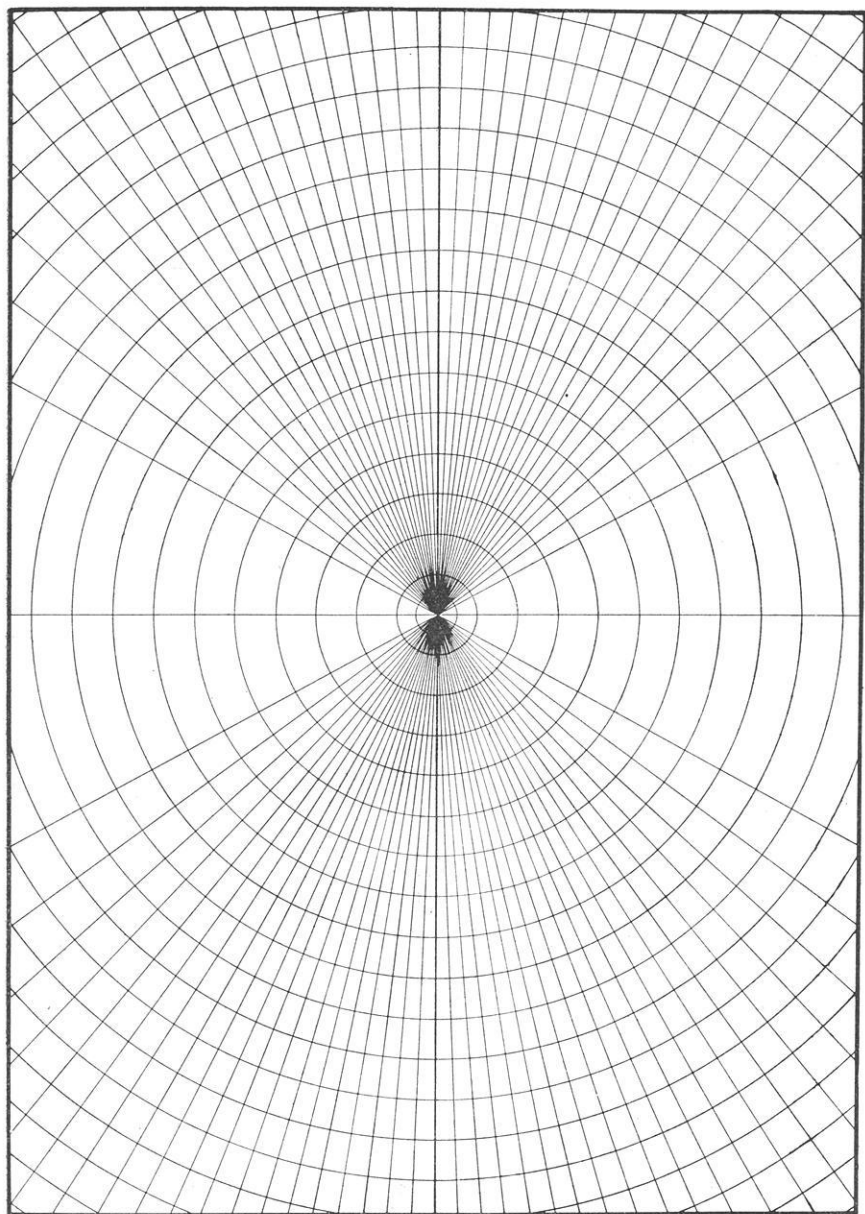


Fig. 1. Diagramm zur topographischen Reduktion von Lotabweichungen

Als Stationspunkt wurde der Punkt auf der Mitte der Böschung angenommen, für den Helmert die Lotabweichung $31.2''$ erhält.

Um den Prüfungsvergleich in allen Punkten genau durchführen zu können, muß berücksichtigt werden, welche Werte Helmert für die Erdanziehung W_z und die Dichte σ benutzt. Da die Lotstörung in Sekunden $A'' = \frac{W_x}{W_z} \cdot 206\,265''$ ist, hebt sich die Gravitationskonstante heraus.

Die Gesteinsdichte, die die Größe von W_x beeinflusst, und die Dichte der Erde, die in W_z enthalten ist, setzt Helmert in das Verhältnis 1 : 2. Die Erdanziehung bestimmt er aus dem Gewicht der Erde. Sie ist:

$$W_z = 4/3 \pi k^2 \cdot \sigma_m \cdot R,$$

worin σ_m die Dichte und R den Radius der Erde bedeuten. Setzen wir hierin $W_z = 980$ cgs und $R = 6370$ km, dann erhalten wir $\sigma_m = 5.52$. Infolge des

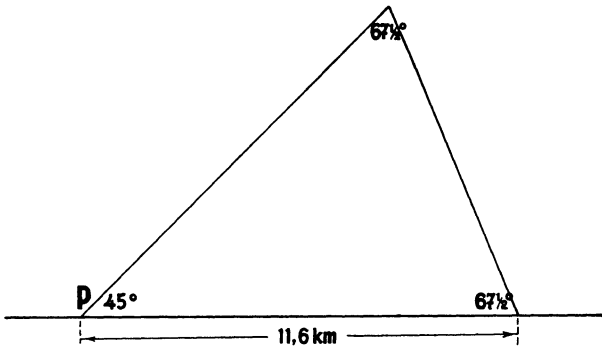


Fig. 2. Prisma als Beispiel für Gebirgszug mit steilen Flanken

Verhältnisses $\sigma : \sigma_m = 1 : 2$ müssen wir bei der Auszählung des Prismas die Dichte $\sigma = 2.76$ anwenden. Bei $W_z = 980$ cgs ist eine Lotabweichung von einer Bogensekunde: $1'' = 4.75$ mgl.

Das Prisma möge sich von Ost nach West erstrecken. Wir erhalten dann nur eine Nordkomponente der Anziehung. Es werden die Schnitte unter 0° , $22\frac{1}{2}^\circ$, 45° usw. durch das Prisma gelegt und ausgezählt. Wir erhalten folgende Zahlen:

0°	$\pm 22\frac{1}{2}^\circ$	$\pm 45^\circ$	$\pm 67\frac{1}{2}^\circ$	$\pm 90^\circ$
103	107	104	106	0

Die Differenzen der gegenüberliegenden Azimute sind hierin schon enthalten. Nach der Formel (4) auf S. 231 erhalten wir jetzt:

$$\begin{aligned}
 A'' &= \frac{0.276 \cdot 2.76}{4.75 \cdot 2.70} \cdot (103 + \cos 22\frac{1}{2}^\circ \cdot 2 \cdot 107 \\
 &\quad + \cos 45^\circ \cdot 2 \cdot 104 \\
 &\quad + \cos 67\frac{1}{2}^\circ \cdot 2 \cdot 106) \\
 &= 31.4''.
 \end{aligned}$$

Der Unterschied gegenüber dem von Helmert erhaltenen Wert ist also sehr geringfügig.

Ferner wurde die Wirkung eines langgestreckten Prismas mit weit steileren Flanken auf eine Station an der Basis sowohl nach den Formeln von Helmert S. 277 ff. als auch mit Hilfe des Diagramms berechnet.

Den Querschnitt des Prismas zeigt Fig. 2. Bei Anwendung der Dichte 2.70 erhält man nach Helmert den Wert $A'' = 58.7''$. Die Auszählung ergibt folgende Zahlen:

0°	22½°	45°	67½°	90°
181	196	203	227	0

Mit Hilfe der Formel (4) erhält man

$$A'' = 58.3''.$$

Der Fehler hält sich auch hier in sehr engen Grenzen. Diese Proben sind deshalb wichtig, weil im Nanga-Parbat-Gebiet sowohl die Gebirgsstöcke wie auch die Täler hauptsächlich langgestreckte Formen haben. Deswegen war es nötig, sich zu vergewissern, ob man mit dem Diagramm auch diesen Formen gerecht werden kann.

In der Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Lotabweichungsmessungen Finsterwalders [2] wiederholt worden, es sind außerdem die Ergebnisse der Reduktionsberechnungen mittels Diagramm, sowie die Restlotabweichungen, die sich aus beiden ergeben, eingetragen.

Als abgerundeter Wert der Schwere ist 980 cgs angenommen worden. Es ist zu prüfen, ob man mit diesem Wert hinsichtlich der Genauigkeit auskommt. Das Nanga-Parbat-Gebiet erstreckt sich etwa von 35° 10' bis 35° 40' Breite; aus der abgekürzten Schwereformel $\gamma_0 = 978.052 (1 + 0.0053 \sin^2 \varphi)$ erhält man für 35° 30' Breite: $\gamma_0 = 978.800$ cgs. Da die Lotabweichungsbestimmungen nicht im Meeresniveau erfolgt sind, müssen an dem Normalwert der Schwere die Reduktionen nach Faye und Bouguer angebracht werden und es muß schließlich noch ein nicht unerheblicher Betrag für die bekannte starke Bouguer-Störung des Himalaya eingesetzt werden. Nach K. Jung *) betragen Faye- und Bouguer-Störung gemeinsam: $-\delta g = (0.3086 - 0.0419 \cdot \sigma) \cdot \delta h$ mgl (δh in Metern). Für 1000 m Meereshöhe und ein spezifisches Gewicht $\delta = 2.7$ erhält man $-\delta g = 195.6$ mgl = etwa 0.2 cgs. Die Meereshöhen der Stationen variieren zwischen 1000 m (Industal) und rund 5000 m (Bergspitzen). Wegen der Meereshöhe muß also der Wert der Schwere um 0.2 bis 1.0 cgs vermindert werden. Der hierdurch verursachte Fehler beträgt also höchstens etwa 0.1 %. Die Bouguer-Störung des Himalaya liegt schätzungsweise zwischen 200 und 300 mgl, sie kann daher ebenfalls vernachlässigt werden. Denn die Fehler der Messung, der Dichtedifferenz und der Reduktionen sind um Größenordnungen höher.

*) Handb. d. Exper. Phys. 25, 3, 154.

Die Dichtedifferenz von 2.7 wurde im Gegensatz zu dem von H. Jung verwendeten Wert 2.9 wegen des sauren Charakters der Gesteine des Nanga-Parbat-Massivs eingesetzt. Leider ist es mir nicht gelungen, über diesen wichtigen Punkt mit Herrn Misch einen Gedankenaustausch herbeizuführen. Aus seinen Beschreibungen der Gesteinsserien, sowie aus den immer wiederkehrenden Bezeichnungen „helle, saure Gneise“ ist zu entnehmen, daß man wenigstens für das

Tabelle 1. Reduktion der Lotabweichungen am Nanga Parbat

Nr.	Station	L''	α^0	L''_N	L''_E	A''_N	A''_E	ϱ''_N	ϱ''_E	ϱ''	$\alpha^{0'}$
2	Gor Gali	19	350	+18.7	- 3.2	+ 2.0	- 5.3	+16.7	+ 2.1	16.8	7 10
3	Hattu Pir	11	161	-10.4	+ 3.6	- 9.0	+14.9	- 1.4	-11.3	11.4	263 -
4	Khoijut	8	293	+ 3.1	- 7.4	-22.3	+ 7.5	+25.4	-14.9	29.4	329 40
5	Lichar Peak . . .	12	208	-10.6	- 5.6	-18.6	- 6.8	+ 8.0	+ 1.2	8.1	8 32
6	Jabardar Peak .	12	130	- 7.7	+ 9.2	-24.9	+16.5	+17.2	- 7.3	18.7	337 -
8	Astor West . . .	11	297	+ 5.0	- 9.8	- 4.0	-19.3	+ 9.0	+ 9.5	13.1	46 35
9	Astor Ost	52	89	+ 0.9	+52.0	0	+19.8	+ 0.9	+32.2	32.2	88 25
11	Rampur Eck . .	30	337	+27.6	-11.7	+ 7.1	- 8.4	+20.5	- 3.3	20.8	350 50
13	Chhugam Peak .	11	81	+ 1.7	+10.9	- 2.8	-14.8	+ 4.5	+25.7	26.1	80 4
1	Talichi			+ 3		- 7.9	-5.5	+10.9			
2	Lager ober Gor .			+38		+24.9	-18.2	+13.1			
3	Rakhiot Brücke			- 6		-11.1	+ 6.5	+ 5.1			
4	Ober Doian . . .			-31		-23.7	+15.7	- 7.3			
5	Bunar Bungalow			+ 9		- 9.2	+ 6.1	+18.2			
6	Bezar Gali . . .			-22		-25.4	+ 2.6	+ 3.4			
7	Märchenwiese .			-26		-25.7	+ 3.3	± 0			
8	Hauptlager . . .			-15		-31.5	- 0.8	+16.5			
9	Sango Sar See . .			-13		- 7.7	-13.6	- 5.3			
10	Astor Stein . . .			-30		- 1.8	- 4.6	-28.2			
11	Guricot			- 9		- 1.9	- 3.2	- 7.1			
12	Tarshing			-10		+ 2.3	-19.0	-12.3			
13	Shaigiri			- 3		+ 1.0	- 6.7	- 4.0			
14	Nanga Süd . . .			0		+ 3.9	-12.1	- 3.9			
15	Parjot Brücke .			- 6		- 2.3	-1.6	- 3.7			
16	Rattu			-18		- 1.8	- 2.6	-16.2			

$L'', \alpha^0, L''_N, L''_E$ = gemessene Größen,
 A''_N, A''_E = berechnete Größen, Dichte = 2,7,
 $\varrho'', \alpha^0, \varrho''_N, \varrho''_E$ = Rest-Lotabweichungen.

Massiv des Nanga Parbat, den sogenannten Zentralgneis mit etwa 2.7 zu rechnen hat. Gelegentliche Einschaltungen von granatführenden Gesteinen können daran nicht viel ändern, für die Einlagerungen von Marmoren braucht man auch nicht viel mehr anzunehmen. Ebenso ist die Annahme von 3.1 für die gesamte Menge der basischen Gesteine vielleicht schon etwas reichlich hoch. Eine Durchsicht der von Herrn Misch aufgesammelten Gesteine, die mir in Göttingen im Mineralogischen Institut freundlichst gewährt wurde, konnte diese Frage auch nicht beantworten, da ohne den Rat des Kenners der geologischen Verhältnisse eine Ver-

wertung des Materials in irgendeiner Richtung leider aussichtslos ist. Es wurden also die Werte 2.7 und 3.0 angenommen, entsprechend den sonst für saure und basische Gesteine verwendeten Zahlen. Man vergleiche in diesem Zusammenhang die Dichtewerte in dem Aufsatz von A. Prey, 1912, sowie die Diskussion dieses Problems durch R. Schwinner, 1931.

Diese Differenzen würden nur geringe Änderungen des ganzen Bildes der Restlotabweichungen am Nanga Parbat ergeben. Wenn man jedoch Lotabweichungen größerer Genauigkeit, etwa in Europa, reduzieren will, ist es natürlich notwendig, die Frage der Gesteinsdichte möglichst eingehend zu beantworten, denn es ist sicher, daß unter sonst günstigen Umständen durch unscharfe Bestimmung der Dichte die bei weitem größte Ungenauigkeit eingeschleppt wird.

Die Reduktionen und die Restlotabweichungen sind in den Fig. 3 und 4 abgebildet.

Die Reduktionen sind bis zu einer Entfernung von 30 km rund um jede einzelne Station berechnet worden. Es ist die Frage, ob damit eine vollständige Reduktion erreicht worden ist, und wenn nicht, welche Reste unberücksichtigt geblieben sind.

Wie ein Blick auf das Diagramm Fig. 1 zeigt, kann eine vollständige Reduktion nur dann erreicht werden, wenn in der Ferne die Höhen ungefähr gleiche Werte erreichen, deren Einwirkungen einander aufheben. Selbst in einem Flachlande wird man diese Bedingungen kaum jemals erfüllt finden. Es leuchtet ferner ein, daß mit zunehmender Entfernung die Einzelheiten der Oberflächengestaltung immer geringeren Einfluß ausüben, daß aber die großen Züge der Hochgebirge und Tiefländer und schließlich der Meere mit ihren mittleren Höhen noch in großer Ferne einen merklichen Beitrag zur Reduktion liefern; denn die Wirkungsfelder des Diagramms nehmen gerade in horizontaler Richtung nur ganz langsam an Fläche zu. Daraus folgt, daß die Wirkung der nahen Einzelformen, die auf den verschiedenen Stationen wesentlich verschieden ist, genügend erfaßt worden ist. Die fernen Einzelformen heben sich gegenseitig auf. Dagegen sind nicht erfaßt worden die Großformen, die besonders im Himalaya von den größten überhaupt bekannten Dimensionen sind. Die Wirkung der Großformen ist also noch in den reduzierten Werten enthalten.

Wie wir in dem Abschnitt, in dem eine Auswertung versucht wird, sehen werden, kommen wir dann zu einer plausiblen Erklärung, wenn wir eine für das ganze Nord-Süd-Profil gleiche Lotabweichung von etwa 6'' nach Norden in Abzug bringen. Wir befinden uns in der Nanga-Parbat-Region zwar schon mitten in den Hochgebirgen Asiens, aber die Höhen der Gebirge und die Tiefen Indiens und Turkestans liegen nicht gleichmäßig zu beiden Seiten des Arbeitsgebietes. Bis 200 km im Umkreis ist alles Hochgebirge. Darüber hinaus kompensieren sich etwa die afghanischen Ketten und der Kuen lun. Das Hochland von Tibet muß eine bedeutende Ostabweichung hervorrufen und das Hochland des Pamir gegenüber der Tiefebene des Pandschab eine Nordabweichung.

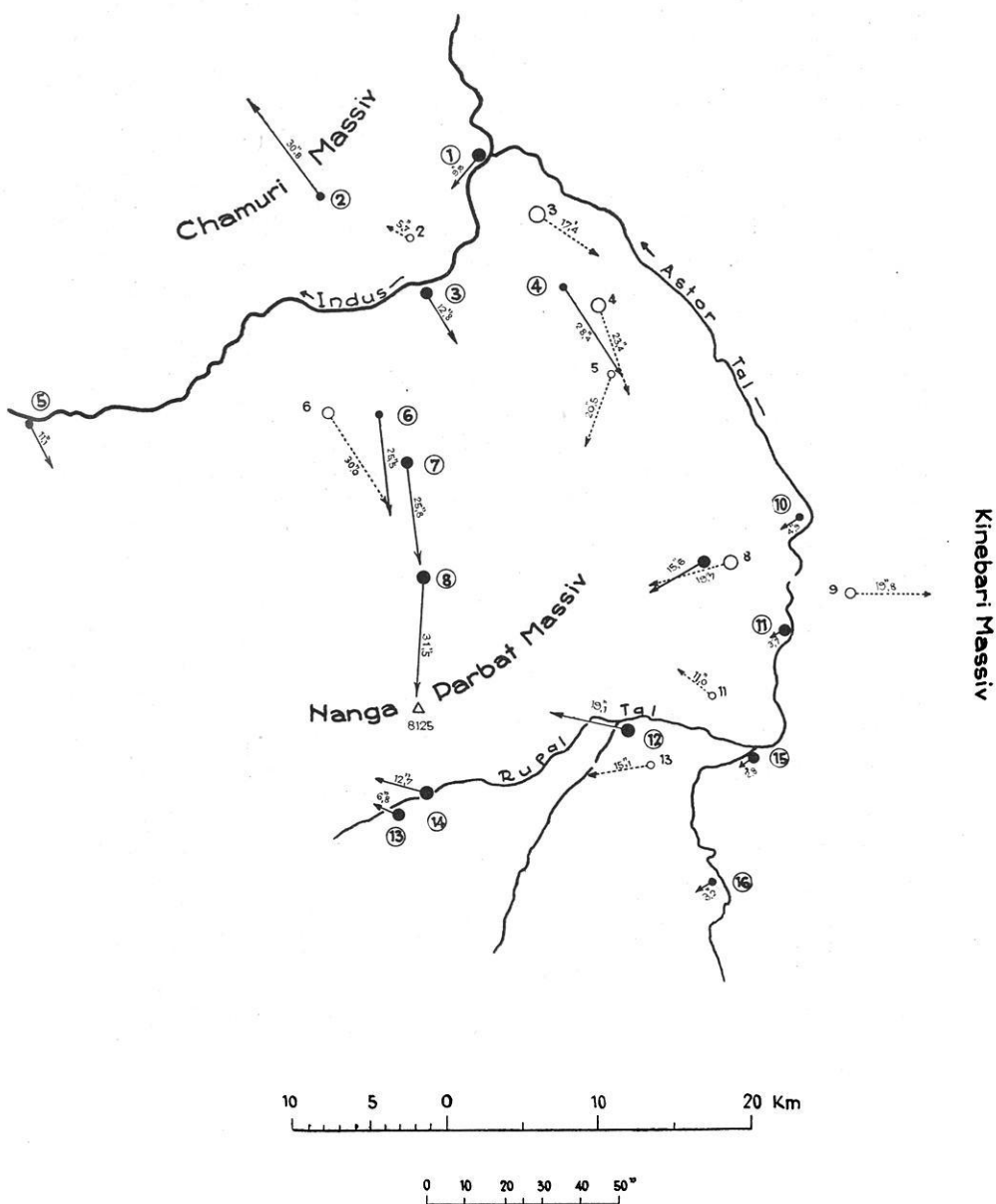


Fig. 3. Topographische Reduktionen der Lotabweichungen für den Umkreis von 30 km Radius

Wir finden diese letzte von der Reduktion nicht erfaßte Wirkung der fernen Großformen in unserem Nord-Süd-Profil (Fig. 7) deutlich wieder.

Die regionale Reduktion kommt nur für die astronomisch festgestellten Lotabweichungen in Betracht, nicht dagegen für die trigonometrisch bestimmten Werte, denn diese beziehen sich auf eine isolierte Referenzfläche, die um einen mittleren Wert der Lotabweichung, der der Nanga-Parbat-Gegend eigentümlich ist, aber nicht bestimmt wurde, gegenüber dem Referenzellipsoid gekippt ist. Dieser Wert setzt sich ebenfalls aus dem Einfluß der sichtbaren und dem der unsichtbaren Massen zusammen. Es würde für eine exakte Interpretation notwendig sein, den Anteil des Sichtbaren nach einer der hier angewandten ähnlichen Methode zu bestimmen.

Auf die Verschiedenheit der Bezugsflächen der astronomischen und der trigonometrischen Lotabweichungen hat R. Finsterwalder bereits hingewiesen. Er fand trotz der Heterogenität der Wertereihen unter Berücksichtigung der mittleren Fehler hinreichenden Zusammenhang zwischen beiden. Die Winkel zwischen den Referenzflächen können daher nur von derselben Größenordnung sein wie die mittleren Fehler der Messungen. Die in der Auswertung gemachte Annahme von 6'' regionaler Nordabweichung entspricht dieser Überlegung.

Aus Fig. 3, in der die Reduktionen für den 30 km-Umkreis eingetragen sind, entnimmt man leicht, worauf H. Jung schon hingewiesen hat, daß Talstationen am wenigsten durch die Gestalt der Erdoberfläche beeinflußt werden. Schlechtere Werte liefern bereits Gipfelstationen. Am stärksten gestört sind die Stationen am halben Hang, wie man sehr gut bei den Stationen Bezar Gali, Märchenwiese und Hauptlager sehen kann.

Man sieht ferner, wie südlich des Indus und westlich des Astortales alle Reduktionen stetig wachsend dem Nanga-Parbat-Massiv zustreben. Östlich des Astortales macht sich das Kinebari-Massiv und nördlich des Indus das Chamuri-Massiv bemerkbar. In dem Winkel zwischen Indus- und Astortal ist außerdem noch das große Massendefizit des tief eingeschnittenen Industales nördlich von Talichi ohne weiteres zu bemerken. Gegenüber den von H. Jung geschätzten Werten erfahren alle Reduktionen mit Ausnahme einiger Talstationen erhebliche Verstärkungen. Die Hauptursache für diesen Unterschied zwischen Schätzung und Rechnung liegt in der Einwirkung der den Stationen am nächsten gelegenen Massen und Lufträume. Das Diagramm zeigt deutlich (Fig. 1), daß die nächste Umgebung des Stationspunktes besonders sorgfältig erfaßt werden muß, da sich hier die Felder gleicher Wirkung sehr stark zusammendrängen.

Daraus folgt nun ein ganz verändertes Bild der Reststörungen. Läßt man die ziemlich undurchsichtigen Verhältnisse bei Astor außer Betracht, so bleibt im großen und ganzen eine Flucht der Lotstörungen vom Nanga-Parbat-Massiv weg übrig, wie es unsere Kenntnisse von den geologischen Verhältnissen bereits vermuten lassen (siehe P. Misch).

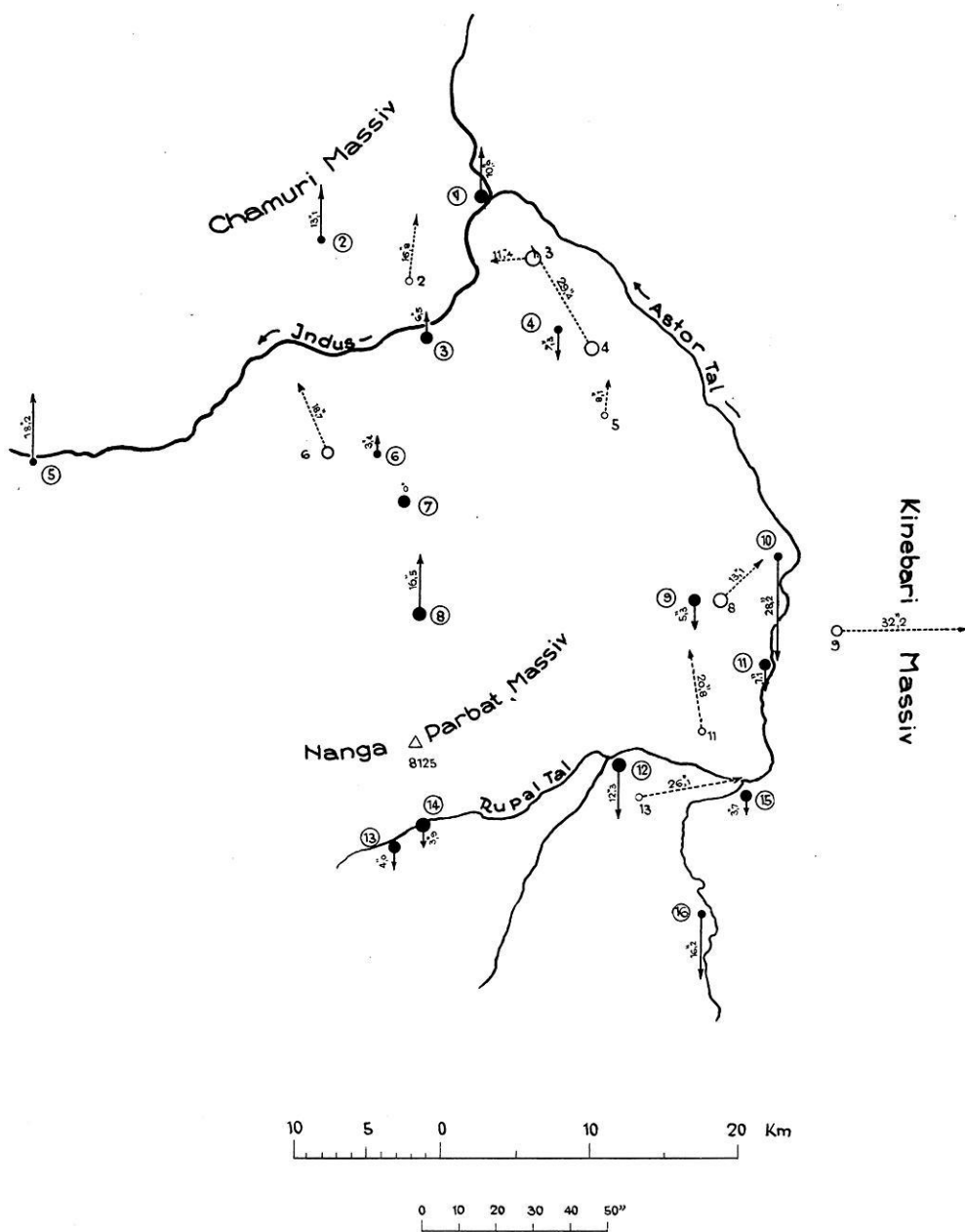


Fig. 4. Topographisch reduzierte Lotabweichungen

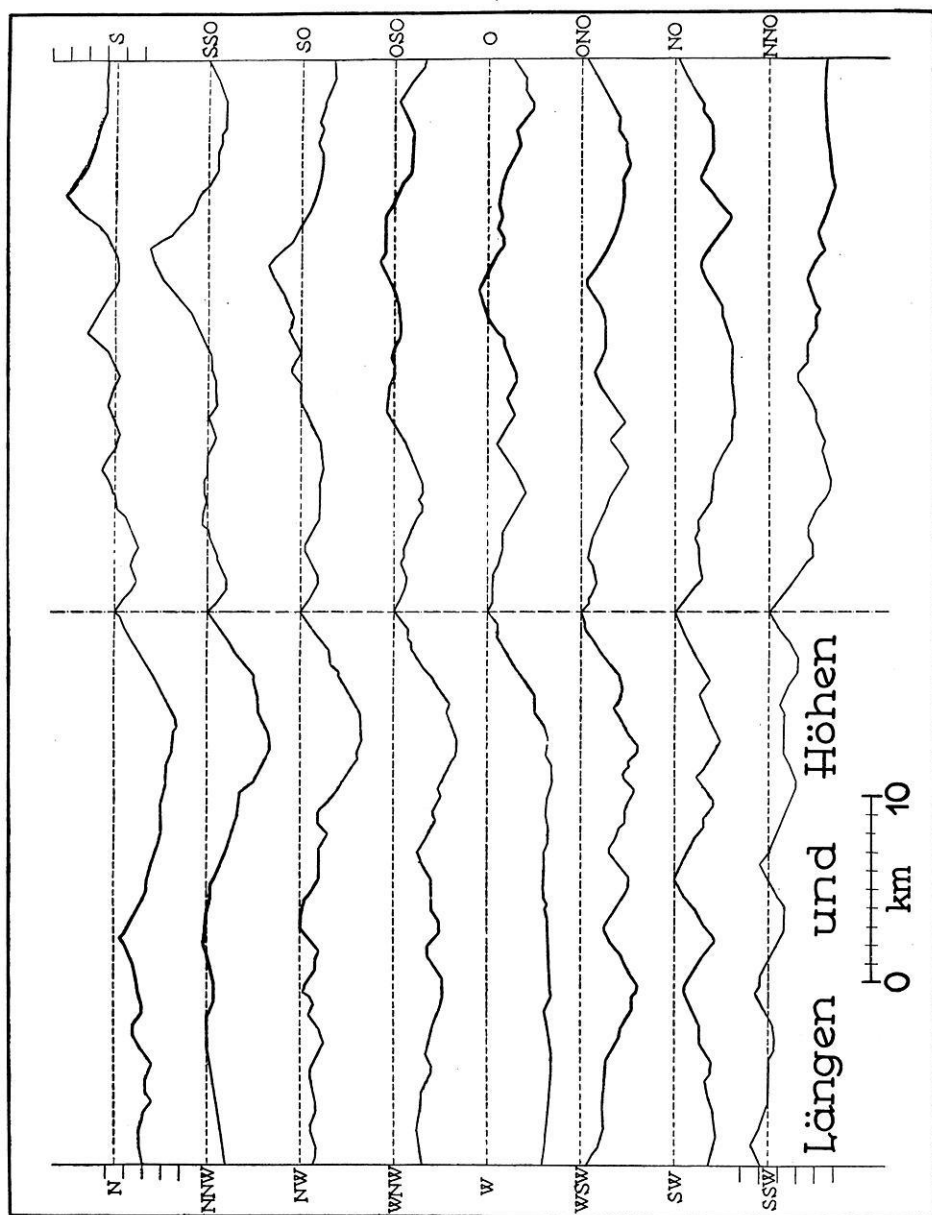


Fig. 5. Die Höhenprofile der Station Jabardar Peak, 4513 m, als Beispiel

H. Jung hat den Versuch gemacht, die Wirkung der Dichtedifferenz zwischen dem Nanga-Parbat-Massiv und den umgebenden basischen Massiven zu berechnen und in Abzug zu bringen. Das neue Bild der topographisch reduzierten Lotstörungen bietet indessen zunächst wenig oder keine Anhaltspunkte für eine derartige Operation. Gerade in den Flußtalern, in denen die Dichtegrenze verlaufen soll, ist von einer zentrifugalen Tendenz besonders wenig zu bemerken. Genau genommen hätte schon bei der topographischen Reduktion, soweit die Profile sich in das Gebiet der basischen Massive erstrecken, eine höhere Dichte angewendet werden müssen. Da die Dichteerhöhung etwa $\frac{1}{10}$ der ganzen Dichte ausmacht und von den in die Reduktion eingehenden Massen höchstens etwa zwei Drittel die höhere Dichte besitzen, so kann der dadurch entstehende Fehler sich nur auf etwa $\frac{1}{15}$ der gesamten Reduktion belaufen, im Höchsfalle etwa auf 2'', im Durchschnitt auf 1'', er ist also nicht groß genug, um die Restlotabweichungen nennenswert zu beeinflussen.

Wir werden weiter unten sehen, wie der Vergleich der Restlotabweichungen mit gewissen schematischen Lotabweichungsprofilen wieder zu diesem Gedanken von H. Jung zurückführt, und unter welchen veränderten Voraussetzungen uns eine Diskussion dieser Frage möglich erscheint.

Um ungefähr erkennen zu können, von welcher Form die Massen sein könnten, die die Restlotabweichungen hervorrufen, wurden die Wirkungen einiger einfach gestalteter Massen berechnet, die der Vorstellung von geologischen Körpern entsprechend dimensioniert wurden. Auch für diese Berechnungen kann man das oben angegebene Diagramm anwenden. Noch einfacher ist es, das Diagramm für die sogenannte zweidimensionale Massenordnung zu benutzen, das ich ebenfalls in meiner Arbeit in den Beiträgen zur angewandten Geophysik angegeben habe.

Die Formel für in einer Richtung unendlich ausgedehnte Massen lautet [(5) S. 324]:

$$W_x = 2k^2\sigma \cdot \int \int \frac{x}{x^2 + z^2} \cdot dxdz.$$

Integriert man zunächst über x und dann über z , so erhält man:

$$W_x = k^2\sigma \cdot \left[z_2 \cdot \ln \frac{x_2^2 + z_2^2}{x_1^2 + z_2^2} - z_1 \cdot \ln \frac{x_2^2 + z_1^2}{x_1^2 + z_1^2} \right. \\ \left. + 2 \cdot \left\{ x_2 \left(\arctg \frac{z_2}{x_2} - \arctg \frac{z_1}{x_2} \right) - x_1 \left(\arctg \frac{z_2}{x_1} - \arctg \frac{z_1}{x_1} \right) \right\} \right].$$

Zur Vereinfachung darf x_2 nicht gleich unendlich gesetzt werden, so vorteilhaft dies an und für sich wäre, da man dann die Lotabweichungskurven zeichnen könnte, die den von R. Schwinner, 1929 [6], veröffentlichten Schwerkraftkurven entsprechen.

In Fig. 6 sind die Lotabweichungen abgebildet, die von einer Reihe geologisch möglicher Körper verschiedener Dimensionen hervorgerufen werden. Alle Körper

haben in einer Richtung, senkrecht zur Zeichenebene, unendliche Ausdehnung. Wenn man statt dessen Körper betrachten will, deren Ausdehnung in dieser Richtung begrenzt ist, so muß man berücksichtigen, daß die Kurven sich besonders in den dem Körper fernen Teilen verändern werden, sie fallen steiler ab. Für die hier besonders interessierenden Fälle extremer Lotabweichungen wird also durch eine Begrenztheit des Körpers in der Längsachse wenig geändert, da die extremen Lotabweichungen nur ganz in der Nähe der Kanten oder Ränder der störenden Einlagerungen auftreten. Diese Tatsache ist eine der wichtigsten Ergebnisse der Kurvenberechnung: Große Lotabweichungen, die sich auf kurze Entfernung rasch ändern (d. h. große Lotabweichungsunterschiede), können nur von Körpern herrühren, deren obere Ränder ganz in der Nähe der Station liegen.

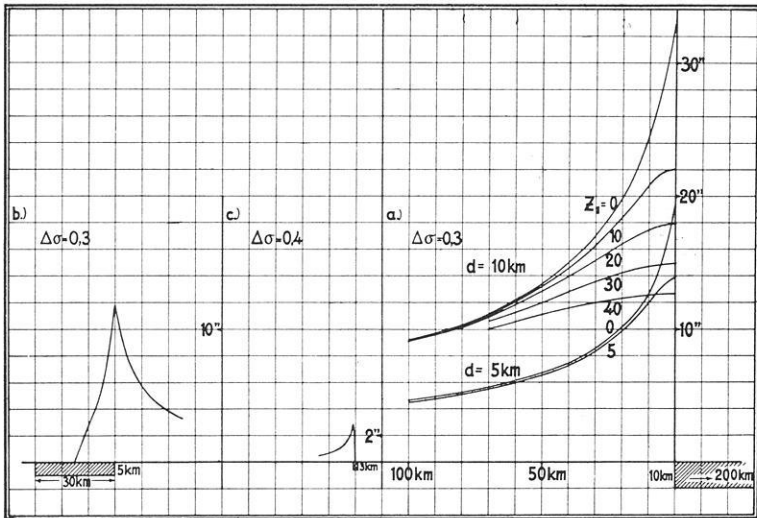


Fig. 6.

Lotabweichungen über rechtwinkligen Querschnitten verschiedener Dimensionen

Aus Fig. 6 a entnehmen wir ferner, daß die störende Einlagerung dann am stärksten einwirkt, wenn sie nicht durch homogene Schichten verdeckt wird. In größerer Entfernung vom Rand wirken gleichmächtige Schichten oder Einlagerungen gleichstark ein, ohne daß sich ihre Tiefenlage noch bemerkbar macht. Dagegen unterschieden sich die Lotabweichungen sehr stark und zwar besonders durch schnelle Änderung in horizontaler Richtung, wenn man sich über dem Rand befindet, je nachdem die Einlagerung seicht oder tief versenkt ist. Die der Fig. 6 a zugrunde gelegten Störungskörper entsprechen etwa den störenden Massen, die man unter einem Gebirge von der Art der Alpen annehmen muß. Je nachdem, wie groß man den Tiefgang des Dichtedefizits annimmt, muß man die Kurven für $d = 10$ km und $z_1 = 0, 10, 20$ km addieren. Man sieht auch, daß durch die

Hinzufügung einer Schicht zwischen 30 und 40 km Tiefe die extremen horizontalen Lotabweichungsunterschiede nur noch unwesentlich vergrößert werden.

Der Störungskörper von Fig. 6 b entspricht etwa einer schmalen Geosynklinalen oder einem Graben, in dem mächtige jüngere Sedimente zwischen stehengebliebenen Rändern abgelagert worden sind, in der Weise, wie es im nördlichen Rheintalgraben oder im Wiener Becken der Fall ist. Ähnliche horizontale Dimensionen haben auch der Harz und der Flechtinger Höhenzug, allerdings darf man dort nicht mit so tiefreichenden und großen Dichtestörungen rechnen. Ob man sich einen Störungskörper am Nanga Parbat in etwa diesen Dimensionen vorstellen darf, sei erst weiter unten behandelt.

In Fig. 6 c wurde endlich ein Körper berechnet, der einem langgestreckten Salzstock vergleichbar ist. In diese oder in eine noch geringere Volumengrößenordnung gehören auch Störungskörper von der Art der Schwedischen Eisenerzlager oder derjenigen von Kursk in Rußland. Man kann in diesen Fällen mit beinahe der fünffachen Dichtedifferenz rechnen, bekäme also in sehr günstigen, allerdings auch sehr seltenen Fällen ebenfalls merkliche Lotabweichungen über den Rändern der Einlagerung.

H. Jungs Methode, als störende Körper Kugeln einzusetzen, stellt etwa das andere Extrem gegenüber der Annahme rechteckiger Querschnitte dar. Mir scheinen einerseits die geologischen Verhältnisse, andererseits die extremen Lotabweichungswerte mehr für die letzteren zu sprechen. Mit einer Kugel oder einem kreisförmigen Querschnitt erhält man nur bei Annahme erheblich größerer Massen dieselbe Wirkung auf das Lot als bei rechteckig begrenzten Massen, nie aber bei möglichen Dichtedifferenzen genügend große Lotabweichungsunterschiede. Sehr steile Grenzflächen zwischen basischen und sauren Gesteinen sind aus allen Profilen P. Mischs zu entnehmen.

Andererseits muß man sich bei Verwendung senkrechter Grenzflächen immer darüber im klaren sein, daß man die kleinstmögliche verursachende Masse erhält. Bei den verhältnismäßig wenigen Messungen ist es unmöglich, entschiedenere Aussagen über die Form der Körper zu machen.

Nach diesen Vorbereitungen können wir einem Auswertungsversuch näher treten. Die Restlotabweichungen in Fig. 4 lassen ein Kerngebiet erkennen, von dem die Pfeile nach allen Seiten ausstrahlen. Dabei berücksichtigen wir gleich, daß die trigonometrischen Stationen 4, 11 und 13, die das Bild verwirren, besonders ungenau sind, und deswegen fortgelassen werden können. Wir wollen versuchen, zu entscheiden, welcher Klasse von Normalkurven die gemessenen Werte am besten entsprechen. Es zeigt sich gleich, daß Körper von der Art der Fig. 6 c offenbar wegen der Ungenauigkeit der Messungen und der Reduktionen und wegen des Betrages der Lotabweichungen nicht ausgeschieden werden können. Dabei ist es aus geologischen Gründen nicht unwahrscheinlich, daß sie vorkommen.

Schwieriger ist es, zu beurteilen, ob und wo wir uns im Bereiche von Körpern befinden, wie sie Fig. 6 a darstellt. Eine Grenzfläche eines solchen Körpers ist

offenbar nicht in der Nähe, sonst könnten wir keinen Durchgang durch Null und nördliche und südliche Abweichungen von annähernd gleichem Betrage haben. Aus geologischen Gründen ist eher anzunehmen, daß wir uns mitten auf einem solchen Körper befinden, nämlich auf einem Massendefizit, einem Körper mit negativer Dichtedifferenz, entweder in der Nähe des Nulldurchgangs oder wenig seitlich davon. Über seine Breite ist nichts Näheres bekannt, sie wird auf etwa 400 km zu schätzen sein. Auch über seinen Tiefgang sind nur höchst ungenaue Vermutungen möglich. Das eine ist aber sicher, daß die weitgespannte Lotabweichungskurve eines solchen Körpers, auf der die Lotabweichungskurven kleinerer Körper als Spezialundulationen aufgeprägt sind, eine geneigte Linie sein muß, die in Abzug zu bringen ist, wenn man die Spezialundulationen deuten

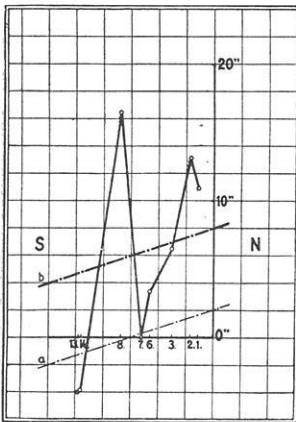


Fig. 7. Nord-Süd-Profil der Lotabweichungen. Längenmaßstab wie in Fig. 6; Seitenlänge der Quadrate 10 km

will. Wir nehmen analog zu den Verhältnissen in den Alpen an, daß das Massendefizit in der Tiefe im Süden Südablenkungen und im Norden Nordablenkungen hervorruft. Die Lotabweichungen von Fig. 4 sind dann je nach Lage des Nulldurchgangs der geneigten Linie zu reduzieren. Um eine bestimmte Annahme zu machen, habe ich in Fig. 7 den Einfluß des Massendefizits durch die Linie *a* gekennzeichnet.

Es ist dies aber nicht die einzige Reduktion, die noch zu erfolgen hat. Wie schon auf S. 236 bemerkt wurde, muß wegen der Einwirkung ferner sichtbarer Massen eine dem ganzen Gebiet eigentümliche Lotabweichung abgezogen werden. Den hierfür in Betracht kommenden Betrag schätzt R. Finsterwalder auf ähnliche Größenordnung wie den mittleren Fehler. Der einzige Anhaltspunkt für seine Größe, den man aus den Messungen selbst entnehmen kann, ist der, daß die

Extremwerte annähernd gleich weit von der Nulllinie entfernt liegen sollten. Danach kommt man auf einen Wert von etwa 6'' Nordabweichung. Um diesen Betrag wird die Linie *a* verschoben und wir erhalten als neue Basis unserer Spezialundulationen in Fig. 7 die Linie *b*. Es zeigt sich übrigens, daß die Frage nach dem Nulldurchgang der Linie *a* in Anbetracht unserer mangelhaften Kenntnis der regionalen Lotabweichungen von untergeordneter Bedeutung ist. Denn wir können vorerst nicht genau unterscheiden, wieviel von den Werten der Linie *b* auf das Konto des tiefen Massendefizits oder auf das der fernen Massen geht.

Dieselben Operationen müßten auch für die Ostkomponente durchgeführt werden. Jedoch reichen hierzu die Unterlagen nicht aus. Die im Hinblick auf die Stationen Astor West und Ost vermutete regionale Ostabweichung findet in den übrigen trigonometrischen Werten keine deutliche Stütze.

Es ergibt sich also aus dem Vorigen eine Überlagerung von verschieden weitspannigen und verschieden intensiven Lotabweichungskurven, deren Analyse bei der geringen Anzahl der vorliegenden Messungen nur unter Vorbehalten und unter Anwendung einer Reihe von Annahmen möglich ist. Die Aufsuchung von Lotabweichungskurven vom Schema der Fig. 6 b unterliegt all diesen Vorbehalten und Annahmen. Der Versuch ihrer Deutung kann also nur als ein tastender Anfang in völligem Neuland beurteilt werden.

In dem Nord-Süd-Profil, das allein einer eingehenderen Analyse unterworfen werden soll, behalten wir als Rest nach Reduktion der gleichförmigen regionalen Einflüsse je zwei Extrema nördlicher und südlicher Abweichung, deren gegenseitige Lage der Kurve Fig. 6 b größenordnungsmäßig gut entspricht. Was verwundert, ist, daß es eben zwei vollständige Kurven mit positivem und negativem Extrem sind und nicht nur eine, wie es auf Grund der geologischen Untersuchungen zunächst zu erwarten war. Ich habe nach anfänglichen Bedenken doch vorgezogen, die Station 8, Hauptlager, mit ihrem alleinstehenden maximalen Nordwert beizubehalten, da sie keineswegs als weniger sicher gelten kann als die übrigen astronomischen Bestimmungen. Wir erhalten dann zwei leichte Einlagerungen, die eine mit dem Südrand im Rupaltal, mit dem Nordrand im Hauptlager, also das Nanga-Parbat-Massiv selber, die andere mit dem Südrand in Märchenwiese, Nordrand am Chamuri-Massiv mit unbekannter problematischer Ursache. Man kann es sich auch so vorstellen, daß eine gleichmäßige leichte Masse sich vom Rupaltal im Süden bis zum Chamuri erstreckt, in welcher eine kleinere schwere Masse zwischen Hauptlager und Märchenwiese eingeschaltet ist. Diese letztere müßte eigentlich zu sehen sein. Mit den geologischen Vorstellungen stimmt dieses Ergebnis nicht besonders gut überein. Danach sollte der Nordrand der leichten Gesteine bereits am Indus erreicht sein, während der Südrand erheblich weiter im Süden vermutet wird. Die schwere Masse zwischen Hauptlager und Märchenwiese ist kaum plausibel. Aber auch bei wesentlich anderen Annahmen über die regionalen Reduktionen kann man die großen Differenzen zwischen den einzelnen Stationen nicht besser erklären.

Es bleibt uns als Endergebnis die Feststellung einer ungefähren Übereinstimmung mit unseren regionalen geologischen und geophysikalischen Vorstellungen. Von Bedeutung ist ohne Zweifel, daß es gelungen ist, die Störungen der Größenordnung nach einzuordnen. Dieser Umstand bereitete ja bisher der geophysikalischen Auswertung der Lotabweichungen die größten Schwierigkeiten. Wir brauchen also nicht mehr unerklärlich hohe Dichtedifferenzen in die Rechnung einzusetzen, sondern können mit geologisch gut vorstellbaren und alltäglichen Annahmen rechnen.

Es braucht nicht zu verwundern, wenn die trigonometrisch bestimmten Lotabweichungen noch nicht in vollem Maße zur Auswertung herangezogen werden konnten. Sie liegen noch zu weit voneinander entfernt und es wurde ja vor und

während der Expedition gar nicht daran gedacht, die trigonometrischen Messungen nach dieser Richtung hin zu verwerten. Es ist zu hoffen, daß die inzwischen von Herrn Professor Finsterwalder unternommenen trigonometrischen Arbeiten in den Alpen, die der Bestimmung von Lotabweichungen dienen sollen, wesentlich bessere Werte liefern werden, deren Auswertung sicherlich bedeutend weniger Schwierigkeiten machen wird.

Der Gedanke liegt nahe, die hier entwickelten Auswertungsmethoden auf die zahlreichen astronomisch bestimmten Lotabweichungen der Landesvermessungen anzuwenden. Die hervorragende Bedeutung dieser sehr umfangreichen Arbeit für die Geophysik ist unmittelbar einleuchtend, wenn man sich die engen Beziehungen zwischen Lotabweichungen und Schwere vergegenwärtigt. Vor allem dürfen Hinweise auf die Tiefenlage der störenden Massen erhofft werden, die für die Frage des Aufbaues der Erdkruste und die damit zusammenhängenden Probleme von größter Bedeutung sind.

Schließlich ist eine Kontrolle der Lotabweichungsbestimmung möglich, wie eine Schlußbemerkung über das von R. Schumann veröffentlichte Nivellement zwischen Klagenfurt und Laibach zeigen soll [9].

Eine Durchsicht der Lotabweichungen in diesem Profil ergab, daß von den sieben Lotabweichungsdifferenzen über 6'' fünf entweder über 1000 m hoch liegen oder große Höhenunterschiede aufweisen, daß sie also an Abhängen und im Hochgebirge liegen müssen. Bei diesen ist der größere Teil der gemessenen Abweichung wohl auf den Einfluß der Oberfläche zurückzuführen.

Nur bei zwei Differenzen ist weder das eine noch das andere der Fall. Sie liegen überdies dicht beieinander. Es handelt sich um die Stationen 59, Ober-Fernig, 58, Unter-Fernig und 57, Lachowitsch mit den Werten $-10.4''$, $-19.5''$, $-8.6''$ und den Höhen 389.1, 384.7, 372.2. Die Entfernungen zwischen 59 und 58 einerseits, 58 und 57 andererseits betragen etwa 900 und 2000 m. Die topographischen Reduktionen können sich kaum um 1'' unterscheiden. Es bleibt demnach zwischen Ober-Fernig und Unter-Fernig eine Lotabweichungsdifferenz von 9'' bestehen, von Unter-Fernig bis Lachowitsch (über die längere Strecke) sogar eine von beinahe 11'', jedoch in entgegengesetztem Sinne. Nur ganz ungewöhnliche Dichtedifferenzen von mehr als 1.0 könnten diese großen Unterschiede erklären. Verdächtig ist ferner, daß eine ähnlich große Abweichung von mittleren Werten nach der anderen Seite nicht auftritt. Aus diesen Gründen ist zu vermuten, daß die Station Unter-Fernig um rund 10'' unrichtig ist.

Leider ist über die Einzelheiten bei der Ausführung der Messungen bisher noch nichts veröffentlicht worden, so daß man nicht nachprüfen kann, wo der Fehler liegt. Es ist wenig Wahrscheinlichkeit dafür vorhanden, daß die Ursache im Untergrunde zu suchen ist.

Es wäre im übrigen sicher lohnend, wenigstens ausgewählte Teile dieser ungewöhnlich dichten Meßreihe mit Hilfe der hier angegebenen Methode topographisch zu reduzieren. Denn es gibt nirgends in den Alpen ein gravimetrisch so dicht vermessenes Gebiet. Die Ergebnisse dürften ähnlich schöne Aufschlüsse

geben, wie sie R. Schwinner bei der Bearbeitung des Tauernprofils der Pendelmessungen erhalten hat. Über die Schwierigkeiten, die der Einfluß der fernen Massen hervorruft, wäre sicherlich hinwegzukommen, da so viele Werte ein gutes mittleres Niveau ergeben würden, wie schon die unreduzierten Werte erkennen lassen.

Literatur

- [1] H. Jung: Die Lotabweichungen in der Umgebung des Nanga Parbat und ein Versuch zu ihrer geophysikalischen Deutung. *Zeitschr. f. Geophys.* **13**, 205—222 (1937).
- [2] R. Finsterwalder: Die Bestimmung von Lotabweichungen aus der trigonometrischen Höhenmessung. *Zeitschr. f. Vermessungswesen*, 1937, Heft 13/14/16.
- [3] R. Finsterwalder: Die geodätischen, gletscherkundlichen und geographischen Ergebnisse der Deutschen Himalaya-Expedition 1934 zum Nanga Parbat. *Deutsche Forschung, Neue Folge*, Band 2, 1938, Berlin, Siegmund.
- [4] P. Misch: Arbeit und vorläufige Ergebnisse des Geologen, in: „Forschung am Nanga Parbat“, 1935, Hannover, Helwing.
- [5] F. Breyer: Zusammenstellung der Auszählprogramme in der Gravimetrie. *Beiträge z. angew. Geophys.* **7**, 317—336 (1938).
- [6] R. Schwinner: Das Schwereprofil der Tauernbahn. *Gerlands Beitr. z. Geophys.* **29**, 352—416 (1931).
- [7] R. Schwinner: Geophysikalische Zusammenhänge zwischen Ostalpen und Böhmischer Masse. *Gerlands Beitr. z. Geophys.* **23**, 35—92 (1929).
- [8] A. Prey: Untersuchungen über die Isostasie in den Alpen auf Grund der Schweremessungen in Tirol. *Sitz. Ber. Wien Akad. d. Wissensch.* **121**, 2_a, 2, 2467—2518 (1912).
- [9] R. Schumann: Vorläufige Untersuchung über ein astronomisches Nivellement bei Laibach in Krain. *Veröff. d. k. k. österr. Gradmessungsbüros*, Bd. XVI, S. 1''—26''.

Bemerkungen zu dem vertikalen Gradienten der Schwere

Von Kurt Wegener, Graz. — (Mit 1 Abbildung)

Bericht über ein Experiment.

Bezeichnen wir mit g die Schwere, mit z die Richtung derselben und mit x die hierzu senkrechte Richtung zum Äquator, so ist der vertikale Gradient der Schwere dg/dz . Als Mittelwert erhalten wir aus den Newtonschen Überlegungen über die Änderung der Schwere mit der Höhe rund 0.3 mgal/m. Die horizontale Änderung der Schwere infolge der Abplattung der Erde beträgt im rohen Durchschnitt 0.1 mgal/km = 1 E (Eötvös). dg/dz ist also im großen Durchschnitt rund 3000mal größer, kann also nur mit viel geringerer Genauigkeit in E bestimmt werden. Die Bedeutung von dg/dz liegt darin, daß der Wert uns bei Profilmessungen der horizontalen Schwereverteilung einen Anhalt über die Tiefenlage der störenden Massen geben kann. Die bisher vorliegenden Messungen von dg/dz erfolgten in Türmen durch Wägung einer Masse, die unter einer feststehenden Waage in verschiedenen Höhen gewogen wurde. Das so erhaltene $\Delta g/\Delta z$ ist