

Paper-ID: VGI\_194808



## Giovanni Boaga, La deviazione della verticale in Italia

Friedrich Hopfner <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Technische Hochschule in Wien*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **36** (3–4), S. 84–87

1948

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Hopfner_VGI_194808,  
Title = {Giovanni Boaga, La deviazione della verticale in Italia},  
Author = {Hopfner, Friedrich},  
Journal = {{{\0}sterreichische Zeitschrift f{{\"u}r Vermessungswesen}},  
Pages = {84--87},  
Number = {3--4},  
Year = {1948},  
Volume = {36}  
}
```



## Referate

### Giovanni B o a g a, La deviazione della verticale in Italia

Monografie di Geofisica e di Geochimica, No. 1, Ist. Geofis. Ital., Milano; 8<sup>o</sup>, 186 Seiten,  
23 Tabellen, 7 Karten, 12 Geoidprofile.)

Die Abhandlung befaßt sich mit dem Studium der Lotablenkungen im heutigen Italien zu dem Zwecke, den Verlauf des Geoids in diesem Lande zu bestimmen. Verdient schon aus diesem Grunde die Veröffentlichung das höchste Interesse der Geodäten und Geophysiker auch außerhalb der Grenzen Italiens, so beansprucht sie dieses nicht weniger auch durch die ungewöhnlich gründliche und sorgfältige Reduktion der Beobachtungsergebnisse und die rechnerische Bearbeitung der geodätischen Bestimmungsstücke für das vorgesteckte Ziel, wodurch die Abhandlung auch dann noch ihren hohen Wert für kommende Geschlechter beibehalten wird, wenn Beobachtungen auf neuen Punkten das heutige Bild vom Verlauf des Geoids über Italien in Einzelheiten vervollständigen oder vielleicht auch ein wenig ändern werden.

B o a g a wählt drei Referenzflächen, nämlich das Ellipsoid von Bessel mit dem Ausgangspunkt in Genua (1), dasselbe Ellipsoid mit dem Ausgangspunkt in Rom (2) und schließlich das internationale Ellipsoid mit dem Ausgangspunkt ebenfalls in Rom (3), für die jedesmal alle nötigen Reduktionen und Rechenarbeiten ausgeführt und in Tabellen übersichtlich zusammengestellt werden, wodurch die immer präzisen Darlegungen des Verfassers an Anschaulichkeit ungemein gewinnen. An Beobachtungsstationen standen 111 zur Verfügung mit 110 Breiten- und 35 Längenbeobachtungen; hiezu kommen 77 Azimute auf 66 Punkten. Auf 13 Stationen waren Breiten und Längen, auf 15 Breiten und Azimute beobachtet worden; 20 Stationen sind Laplacesche Punkte. Von den 111 Stationen liegen 53 in Punkten 1. Ordnung des italienischen Triangulierungsnetzes, 27 in Punkten 2.—4. Ordnung; 19 Stationen sind Sternwarten oder geodätische Institute, die an das Triangulierungsnetz angeschlossen sind; von den noch übrigen 12 Stationen konnten für die Hälfte die geodätischen Koordinaten der topographischen Karte im Maßstabe 1 : 25.000 entnommen werden. Schwerkraftmessungen liegen für 77 dieser Stationen vor, von denen 17 zu den Laplaceschen Punkten gehören.

Zunächst hat es sich darum gehandelt, die geodätischen Breiten und Längen der 111 Stationen für jede der drei Bezugsflächen zu beschaffen; die hiezu verwendeten Formeln werden angegeben. Die beobachteten Schwerkraftwerte wurden sowohl nach Faye als auch nach Bouguer reduziert: Man kann nicht sagen, auf das Meeresniveau, denn Werte im Meeresniveau gibt nur die Formel von Prey. Die Anomalien  $g_0 - \gamma_0$  und  $g''_0 - \gamma_0$  lassen sich dann leicht berechnen; alle diese Werte sind übrigens einer bisher unveröffentlichten Arbeit B o a g a s entnommen.

Größte Aufmerksamkeit schenkt der Autor den noch nötigen Reduktionen der beobachteten Breiten; neben der fallweise erforderlichen Zentrierung wird immer am Beobachtungswert (wegen der Krümmung der Lotlinie) die Reduktion auf das Meeresniveau und (wegen der Polschwankung, sofern die Beobachtungen nach 1898 angestellt worden sind) die Reduktion auf den mittleren Pol angebracht; die hiezu dienenden Formeln werden angegeben. Mit den so adaptierten astronomischen Polhöhen und den geodätischen Breiten der Stationen ließen sich die Lotablenkungen  $\xi_i = \varphi_a - \varphi_g^{(i)}$  ( $i = 1, 2, 3$ ) im Meridian für die drei angenommenen Bezugsflächen bilden; sie werden in der Tafel V der Abhandlung für alle Stationen ausgewiesen. Danach liegen die  $\xi_i$  zwischen den Grenzen:

für die Bezugsfläche	(1):	$-29'',10 \leq \xi_1 \leq +18'',96$ ;	Ampl. 48'',06
„ „ „	(2):	$-29,93 \leq \xi_2 \leq +18,07$ ;	Ampl. 48,05
„ „ „	(3):	$-28,19 \leq \xi_3 \leq +19,31$ ;	Ampl. 47,50

Ferner entnimmt man der Tafel für die über alle Stationen erstreckten Summen die Zahlen :

$$\begin{aligned} \text{Bezugsfläche (1): } \Sigma \xi_1 &= + 162'',30, \quad \Sigma \xi_1^2 = 13541, \\ \text{,, (2): } \Sigma \xi_2 &= + 40,81, \quad \Sigma \xi_2^2 = 9530, \\ \text{,, (3): } \Sigma \xi_3 &= + 126,09, \quad \Sigma \xi_3^2 = 9215 \end{aligned}$$

mit den mittleren Fehlern  $\pm 1'',47$ , bzw.  $\pm 32$ . B o a g a zieht aus diesen Zahlen den Schluß, daß die Summen der ersten Kolonne verschwinden, wenn der Ausgangspunkt des Triangulierungsnetzes in der Richtung des Meridians je nach der Bezugsfläche um  $-1'',49$ , bzw.  $-0'',39$  oder  $-1'',13$  verschoben wird. Der zweiten Kolonne kann man entnehmen, daß die dritte Bezugsfläche, das ist das internationale Ellipsoid mit dem Ausgangspunkt in Rom, die vorteilhafteste Bezugsfläche für Italiens geodätische Operationen im Sinne der üblichen Beurteilung zu sein scheint. Einen schönen Einblick in die Größe und Verteilung der meridionalen Lotablenkungen in Italien muß man gewinnen, wenn die Kurven  $-\xi = \text{const}$  in eine Karte eingetragen werden, das heißt, wenn man die Orte gleicher meridionaler Lotablenkung durch Kurven miteinander verbindet. Wirklich bespricht B o a g a an Hand einer solchen Karte insbesondere den Verlauf der Kurve  $\xi = 0$ ; es würde den Rahmen dieses Referates überschreiten, wenn ich auch nur in großen Zügen die überaus instruktiven Bemerkungen des Autors wiedergeben wollte.

Die astronomisch beobachteten Längen wurden einer Studie Prof. G. S i l v a s entnommen und werden im Vereine mit den geodätischen Längen der Stationen zur Berechnung der Lotablenkung im Parallelkreise  $\eta = (\lambda_a - \lambda_g) \cos \varphi$  für alle drei Bezugsflächen herangezogen. Diese Komponente der Lotablenkung läßt sich bekanntlich auch aus den Azimuten herleiten. Wie bei der Reduktion der Breitenbeobachtungen widmet B o a g a auch der Reduktion der Azimutbeobachtungen seine ganze Sorgfalt; sie werden zentriert, auf das Meeresniveau sowie auf den mittleren Pol reduziert und auch auf die sonst oft übersehene Reduktion auf die geodätische Kurve wird nicht vergessen; die hiezu nötigen Formeln werden angegeben. In manchen Punkten — vorzugsweise in solchen niedriger Ordnung — unterscheidet sich das astronomische Azimut beträchtlich vom geodätischen, was vermuten läßt, daß die trigonometrischen Punkte der Bezugsfläche mit den Beobachtungspunkten am Geoid nicht völlig ident sind. In solchen Fällen mußte von der Angabe der Differenzen  $\alpha_a - \alpha_g^{(i)}$ , ( $i = 1, 2, 3$ ) in der Tafel X abgesehen werden; hiedurch ergeben sich unvermeidbare Schwierigkeiten beim Vergleich der Resultate für die drei Bezugsflächen, wie die folgende Zusammenstellung für die Schranken der Azimutdifferenzen zeigt.

$$\begin{aligned} \text{Bezugsfläche (1): } -20'',14 &\leq \alpha_a - \alpha_g^{(1)} \leq + 25'',95 \text{ (aus 68 Werten),} \\ \text{,, (2): } -7,84 &\leq \alpha_a - \alpha_g^{(2)} \leq + 29,79 \text{ (aus 52 Werten),} \\ \text{,, (3): } -7,43 &\leq \alpha_a - \alpha_g^{(3)} \leq + 28,23 \text{ (aus 52 Werten),} \end{aligned}$$

an der sofort die große, aber erklärliche Verschiedenheit der unteren Schranke für die Bezugsfläche (1) gegenüber denselben Schranken für die beiden anderen Bezugsflächen auffällt. In der Tafel XI der Publikation findet man die Lotablenkungen im Parallelkreise  $\eta = (\alpha_a - \alpha_g) \cot \varphi$  vor; da diese auch aus den Längen berechenbar sind, ergeben sich willkommene Vergleichsmöglichkeiten. In der Tafel XII werden für 21 Stationen die auf beide Arten berechneten Werte der  $\eta$ -Komponente einander gegenübergestellt und späterhin nur ihre unter der Voraussetzung der Gleichgewichtigkeit gebildeten arithmetischen Mittel  $\frac{1}{2}(\eta_p + \eta_w)$  verwendet. Den beiden letztgenannten Tafeln entnimmt man für die Schranken der  $\eta$ -Komponente die folgenden Angaben:

$$\begin{aligned} \text{Bezugsfläche (1): } -19'',08 &\leq \eta_1 \leq + 26'',96; \text{ Amplitude } 46'',04, \\ \text{,, (2): } -10,78 &\leq \eta_2 \leq + 29,75; \quad \text{,, } 40,53, \\ \text{,, (3): } -10,19 &\leq \eta_3 \leq + 27,76; \quad \text{,, } 37,95; \end{aligned}$$

ferner ist

$$\begin{aligned} \text{Bezugsfläche (1): } \Sigma \eta_1 &= + 72'',46 \pm 2'',56; \Sigma \eta_1^2 = 7267 \pm 51; (73 \text{ Werte}) \\ \text{,, (2): } \Sigma \eta_2 &= + 271,73 \pm 2,29; \Sigma \eta_2^2 = 6351 \pm 48; (58 \text{ ,, } ) \\ \text{,, (3): } \Sigma \eta_3 &= + 262,30 \pm 2,29; \Sigma \eta_3^2 = 5922 \pm 48; (58 \text{ ,, } ) \end{aligned}$$

Hieraus schließt der Autor, daß die Summen der ersten Kolonne verschwinden würden, wenn der Ausgangspunkt des Netzes in Richtung des Parallelkreises je nach der Bezugsfläche um  $-0'',98$ , bzw.  $-4'',68$  oder  $-4'',52$  verschoben wird; ungeachtet der größeren Anzahl der Stationen hat  $\Sigma \eta_1$  für die Bezugsfläche (1) den kleinsten Wert. Der zweiten Kolonne entnimmt man wieder die Erkenntnis, daß das internationale Ellipsoid mit dem Ausgangspunkte in Rom die für Italien günstigste Bezugsfläche zu sein scheint. Wie für die Lotablenkungen im Meridian gibt B o a g a auch für die Lotablenkungen im Parallelkreis eine Karte der Kurven  $-\eta = \text{const.}$

Selbstverständlich sind es die 20 Laplaceschen Punkte im Netze, denen der Autor seine besondere Aufmerksamkeit schenkt und für die er in der Tafel XIII der Veröffentlichung für seine drei Bezugsflächen die Terme  $\Delta \alpha$ ,  $\Delta \lambda \sin \varphi$  der Laplaceschen Gleichung und ihren Widerspruch anführt. Zieht man nur die mittleren Fehler in den astronomischen Bestimmungstücken in Betracht, so könnte der Widerspruch die Schranken  $\pm 1'',0$  kaum überschreiten. Wenn sich jedoch, wie die Tafel XIII lehrt, wiederholt beträchtlichere Widersprüche einstellen, so müssen diese nach Ansicht B o a g a s Netzfehlern, nämlich Fehlern in den geodätischen Längen der Netzpunkte und in den geodätischen Azimuten der sie verbindenden geodätischen Linien, zugeschrieben werden, die bei der Netzausgleichung durch eine Verbiegung des Netzes entstehen. Zum Nachweise dieser Erklärung der Widersprüche stellt B o a g a eine Fehleruntersuchung an, die ihn zu dem Satze führt, daß der mittlere Fehler eines geodätischen Azimuts proportional der Quadratwurzel aus der Anzahl der bei der Berechnung des Azimuts verwendeten Dreieckswinkel im Netze ist, und die es ihm auf Grund dieses Satzes ermöglicht, seiner Erklärung einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit zu sichern. Natürlich hat dieser Erklärungsversuch zur Voraussetzung, daß jene Korrektionsglieder, die nach Poincaré (Bull. astr. 18, 1901) an die in der üblichen Weise berechneten Komponenten der Lotablenkung anzubringen sind, unmerklich bleiben. Man weiß, daß sie in niedrigen Breiten sehr beträchtliche Beträge erreichen können; aber Poincaré hat gezeigt, daß sie auch in mittleren Breiten unter Umständen, die im italienischen Netze vermutlich kaum gegeben sein dürften, merklich werden können.

Die Kenntnis der Komponenten  $\xi$  und  $\eta$  vermittelt bekanntlich mit Hilfe der Formeln

$$\tan \gamma = \frac{\eta}{\xi}, \quad \bullet = \frac{\xi}{\cos \gamma} = \frac{\eta}{\sin \gamma} = \sqrt{\xi^2 + \eta^2}$$

die Kenntnis der totalen Lotablenkung, wenn mit  $\Theta$  der Bogen zwischen dem astronomischen und geodätischen Zenit und mit  $\gamma$  das Azimut der durch die astronomische und geodätische Zenitrichtung bestimmten Ebene bezeichnet wird. Auch diese Größen werden für jede der drei Bezugsflächen gerechnet und die Kurven  $\Theta = \text{const}$  in einer Karte dargestellt. Hieran schließt sich ein Vergleich dieser Kurven mit den Kurven konstanter Schwerkraftstörungen nach Faye und Bouguer an, der keinerlei Zusammenhänge irgendwie leicht erkennen läßt.

Hiemit sind alle Grundlagen zur Berechnung des bestanschließenden Ellipsoides beschafft, eine Aufgabe, die B o a g a unter Angabe der benützten Formeln in zwei Schritten löst. Zunächst wird nämlich ausgehend vom Besselschen Ellipsoid mit dem Ausgangspunkt in Genua (Bezugsfläche 1) das Ellipsoid günstigster Orientierung und sodann aus diesem jenes von günstigster Größe und Form berechnet. Die Lösung der 1. Aufgabe gibt für den Ausgangspunkt die Lotablenkungen

$$\begin{aligned} \xi_0 &= 1'',35 \pm 0'',86, \quad \eta_0 = 0'',27 \pm 0'',99; \quad \Theta_0 = 1'',38, \quad \gamma_0 = 11'',27; \\ \Delta \varphi_0 &= -1'',35, \quad \Delta \lambda_0 = -0'',38; \end{aligned}$$

als Lösung der 2. Aufgabe bekam B o a g a für die Verbesserungen der großen Halbachse  $a$  und Exzentrizität  $e$

$$da = (1438,70 \pm 637,51) \text{ m}, \quad de = 0,001\,42225 \pm 0,001\,60192$$

und hiemit

$$a = 6,378,836 \pm 637,5 \text{ m}, \quad e = 0,083\,1191 \pm 0,001\,60192,$$

also Wertes, die etwas größer sind als die korrespondierenden Werte des internationalen Ellipsoids

$$a = 6,378,388, \quad e = 0,081\,9919;$$

Offensichtlich liegen aber die Unterschiede innerhalb der mittleren Fehler, so daß wirklich das internationale Ellipsoid als das für Italien günstigste bezeichnet werden darf. Die große Unsicherheit der Verbesserung für die Exzentrizität war übrigens vorauszusehen; denn ein Zahlenmaterial, das mittleren Breiten angehört, ist ungeeignet für die Berechnung einer Verbesserung des Abplattungswertes.

Anschließend wird noch eine Ausgleichung vorgenommen mit dem Ziele, die Größen  $\xi_0$ ,  $\eta_0$ ,  $da$ ,  $de$  gemeinsam zu berechnen, wobei sich für alle Unbekannten etwas größere Werte als bei der getrennten Ausgleichung einstellen.

Jetzt kann mit Hilfe der Formeln für das astronomische Nivellement daran gegangen werden, Geoidprofile entlang der Meridiane und Parallelkreise zu berechnen. Zunächst werden einzelne Profile berechnet und ihr Verlauf in Figuren veranschaulicht. Besonders Interesse beansprucht das Geoidprofil im Meridiane von Rom, das eine auffällige Analogie im Verhalten der Geoidundulationen und Schwerkraftstörungen nach Bouguer erkennen läßt. Die Krönung der ganzen, mühevollen Arbeit liegt aber unstrittig in der Karte der Geoidundulationen über Italien vor, in der die Punkte gleicher Geoidundulation durch Kurven miteinander verbunden sind. In ihr beansprucht die Kurve der Undulation Null das größte Interesse; sie teilt von Süd nach Nord verlaufend Sizilien, durchschneidet in der Höhe des Parallels von Rom die Halbinsel, nähert sich Lissa, folgt sodann der dalmatinischen Küste, tritt zwischen Pola und Triest in Istrien ein und biegt sodann zwischen Opčina und S. Canziano in den Krainer Karst ein. Südöstlich dieser Kurve erhebt sich das Geoid über das Bezugsellipsoid bis zu rund 17 Metern in Kalabrien.

Das letzte Kapitel bringt noch den Versuch, die Undulationen durch Reihen darzustellen, die nach Potenzen von Breiten- und Längendifferenzen fortschreiten.

Den Abschluß der Publikation bildet eine reichhaltige Bibliographie mit 161 Nachweisen meist italienischer Literatur. Schließlich kann ich auch noch die Bemerkung nicht unterlassen, daß der Verfasser zwar überall, wo es nötig ist, dem mittleren Fehler die ihm zukommende Beachtung schenkt, ohne jedoch seine Bedeutung zu überschreiten, wodurch er sich sehr vorteilhaft von vielen Autoren abhebt, denen der mittlere Fehler einer Größe anscheinend wichtiger ist als diese selbst; auch diesem Umstande ist es zuzuschreiben, daß B o a g a s Abhandlung nirgends langweilig wirkt und dauernd das Interesse des Lesers wach erhält.

F. Hopfner, Wien

## Vermessung des Unsichtbaren

(Vortrag von Prof. Dr. Franz A c k e r l, gehalten am 13. Oktober 1948 an der Hochschule für Bodenkultur)

Der Vortragende ging von den Vorbedingungen für die Wahrnehmbarkeit von Zuständen und ablaufenden Erscheinungen aus, bzw. von den Grenzen, die dieser Wahrnehmbarkeit durch die physiologisch-psychologische Mangelhaftigkeit der menschlichen Sinne, die Beschaffenheit der Meßgeräte und die sonstigen äußeren Umstände gesteckt sind. Nach