

# Geoiderhebungen in der Schweiz

Autor(en): **Hunziker, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie**

Band (Jahr): **49 (1951)**

Heft 10

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-208359>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

- Brocks K.* Meteorologische Hilfsmittel für geodätische Höhenmessung. Zeitschrift für Vermessungswesen 1950.
- Eidgenössische Landestopographie* (H. Wild). Tafeln zur Berechnung von Höhenunterschieden aus Horizontaldistanz und Höhenwinkel. 1905.
- Finsterwalder R.* Die Haupttriangulation am Nanga-Parbat. Allgemeine Vermessungsnachrichten 1935.
- Finsterwalder R.* Die Bestimmung von Lotabweichungen aus der trigonometrischen Höhenmessung. Zeitschrift für Vermessungswesen, 1937.
- Finsterwalder R.* Über Art und Genauigkeit von trigonometrisch bestimmten Höhen. Zeitschrift für Vermessungswesen, 1951.
- Finsterwalder R.* und *Gänger H.* Die trigonometrische Höhenmessung im Gebirge. Nachrichten aus dem Reichsvermessungsamt, 1941.
- Hartl H.* Über mittlere Refraktions-Coeffizienten. Mitteilungen der k. u. k. militärgeographischen Inst., 1884.
- Hunziker E.* Das astronomische Nivellement im Meridian des St. Gotthard, I. Die beobachteten Lotabweichungen. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, Bd. XIX, 1932.
- Jordan-Eggert.* Handbuch der Vermessungskunde, II. Band.
- Kobold F.* Die Bestimmung der Lotabweichungskomponenten im Meridian des St. Gotthard aus Höhenwinkelmessungen. Annexe au procès-verbal de la 95<sup>e</sup> séance de la Commission géodésique Suisse, 1951.
- Lips K.* Zur Berechnung der Erdkrümmung und Strahlenbrechung bei trigonometrischen Höhenmessungen. Zeitschrift für Vermessungswesen, 1935.
- Reicheneder K.* Eine Formel zur trigonometrischen Höhenmessung bei großen Höhenunterschieden und Zielweiten. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 1937.
- Rosenmund M.* Die Änderung des Projektionssystems der schweizerischen Landesvermessung, Bern 1903.

## Geoiderhebungen in der Schweiz

Von Dr. E. Hunziker,

Ingenieur der Schweizerischen Geodätischen Kommission, Zürich

Gegenwärtig kommt der Ableitung von Höhenunterschieden aus Höhenwinkelmessungen infolge der größeren Leistungsfähigkeit der Theodolite verstärkte Bedeutung zu. Damit wächst auch das Bestreben, ein klares Bild zu gewinnen über die Unterschiede zwischen den vom Geoid aus und den vom Ellipsoide aus gemessenen Höhen oder – mit anderen Worten – über die Abweichungen des schweizerischen Referenzellipsoides vom Geoid.

Schon im Jahre 1942 ist in der Januarnummer der Schweizerischen Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik über Geoidprofile in der Schweiz berichtet worden. Bis heute wurden im Auftrage der Schweizerischen Geodätischen Kommission, unter der Leitung ihres langjährigen Präsidenten, Prof. C. F. Baeschlin, vier Schnitte gelegt: die beiden Hauptprofile im Meridian des St. Gotthard und im Parallelkreis von Zürich sowie die zwei kurzen Ergänzungsprofile im Parallelkreis von

Locarno und im Meridian von Lugano. Zur Zeit der eben genannten Veröffentlichung war das astronomische Nivellement im Parallelkreis von Locarno noch nicht ausgeführt, da bei Kriegsausbruch die kurz vorher begonnenen Beobachtungen abgebrochen werden mußten. Das lange Ausfallen der Sendung geeigneter rhythmischer Zeitzeichen bewirkte, daß die Feldarbeiten zur Bestimmung geographischer Längendifferenzen erst in den Jahren 1947/48 vorgenommen wurden. Was im Jahre 1942 noch ausstand, darüber soll nun ergänzend nachgetragen werden. Ferner wird ein Überblick über die bis jetzt bekannten, auf das schweizerische Referenzellipsoid bezogenen Geoiderhebungen gegeben. Die eingehende Beschreibung der Beobachtungen und der Ableitung der Geoidprofile im Parallelkreis von Locarno und im Meridian von Lugano wird man in dem nächst-hin erscheinenden 24. Band der Astronomisch-geodätischen Arbeiten in der Schweiz finden.

Wir schicken der Aufführung der Geoiderhebungen eine kurze Darlegung des bei ihrer Ableitung eingeschlagenen Weges voraus.

Sind die Komponenten der Lotabweichungen, die in eine bestimmte Profilebene fallen, auf einer genügenden Zahl von Punkten bekannt, so läßt sich die Kurve dieser Lotabweichungskomponente aufzeichnen. Als Abszissen wählt man die Projektion der vom Anfangspunkt aus gemessenen Horizontalfentfernungen auf die Profilebene, als Ordinaten die Komponente der Lotabweichungen. Das von Helmert mit „astronomisches Nivellement“ bezeichnete Vorgehen besteht in der Integration dieser Kurve. In bewegtem Gelände verläuft die Kurve außerordentlich unruhig. Es sind sehr viele astronomische Ortsbestimmungen nötig, um ein zuverlässiges Kurvenbild zu erhalten. Eine Möglichkeit, um trotzdem mit einer beschränkten Anzahl von Feldbeobachtungen auszukommen, besteht darin, die Lotabweichungskomponente weiterer Punkte zu rechnen. Vorteilhafterweise wird man solche Zwischenpunkte an Stellen auswählen, deren Lage Extremwerte der Lotabweichungskomponenten entsprechen müssen.

Die Ordinaten von Zwischenpunkten sind folgendermaßen abgeleitet worden: Setzt man eine gewisse mittlere Gesteinsdichte voraus, so läßt sich für einen beliebigen, auf der Erdoberfläche gelegenen Punkt an Hand der Geländeformen eine Lotabweichung rechnen. Dazu denkt man sich die Niveaufläche durch den gewählten Punkt gelegt. Aus den Abweichungen des Geländes von dieser Fläche ergibt sich die sogenannte „Lotabweichung aus den sichtbaren Maßen“. Bei deren Ableitung berücksichtigt man die Isostasie, das heißt die Annahme einer Kompensation der sich über das Geoid erhebenden Landmassen. Über die Art eines solchen Massenausgleiches gibt es verschiedene Hypothesen. Im vorliegenden Falle wurde angenommen, von einem gewissen Abstand vom Geoid an sei in jedem Punkt einer Fläche gleicher Tiefe der Druck auf die Flächeneinheit konstant. Bildet man auch von den Beobachtungsstationen die gerechnete Lotabweichungskomponente, so ist die Differenz „beobachtete“ minus „gerechnete“ Lotabweichungskomponente dieser Punkte bekannt. Die Unterschiede „beobachtet minus gerechnet“ werden ebenfalls als Ordi-

naten aufgetragen. Die derart erhaltene Kurve können wir „Kurve der reduzierten Lotabweichungskomponente“ nennen; sie verläuft sehr ruhig und eignet sich dementsprechend gut zum Interpolieren. Man braucht also nur für einen Zwischenpunkt den Betrag „beobachtet minus gerechnet“ der Kurve zu entnehmen und die zugeordnete berechnete Lotabweichungskomponente hinzuzufügen, um den gesuchten „interpolierten“ Wert zu erhalten. Eine sorgfältige Fehlerabschätzung hat ergeben, daß die Lotabweichungskomponenten in den Tessiner Profilen durchschnittlich mit einem mittleren Fehler von etwas mehr als  $\pm 0",3$  behaftet sind; die Lotabweichungskomponenten der Beobachtungspunkte weisen durchschnittlich einen mittleren Fehler von  $\pm 0",2$  auf. Das Verfahren ist zuverlässig; es hat aber den Nachteil, einen sehr großen Arbeitsaufwand zu erfordern. Im Tessin genügte es, sowohl im Parallelkreis mit seinen 7, als auch im Meridian-Profil mit 12 Beobachtungsstationen, nur 3 Zwischenpunkte einzuschalten.

Eine Methode, die es ermöglicht, im Gebirge mit wenig astronomischen Ortsbestimmungen auszukommen, ist von Prof. Kobold aufgegriffen worden. Auf seinen Vorschlag hin ließ die Schweizerische Geodätische Kommission durch Ingenieure der Eidgenössischen Landestopographie im Sommer 1950 auf einer Anzahl von Punkten des astronomischen Nivellements im Meridian des St. Gotthard Höhenwinkelmessungen ausführen und daraus Lotabweichungskomponenten ableiten. Die im Annexe zum Procès-verbal 1951 der Schweizerischen Geodätischen Kommission – betitelt „Die Bestimmung der Lotabweichungskomponenten im Meridian des St. Gotthard aus Höhenwinkelmessungen“ – von Prof. Kobold dargelegte Ergebnisse sind vielversprechend. Ein 28 Kilometer langes, ins Gotthardmassiv fallendes Stück des Meridianprofils der Lotabweichungskomponenten ist mit Hilfe von Höhenwinkelmessungen und aus zwei astronomischen Bestimmungen neu abgeleitet worden; es stimmt vorzüglich mit dem aus 8 astronomischen Messungen erhaltenen Profil überein.

Das Verhalten der reduzierten Lotabweichungen ist recht aufschlußreich. Näherungsweise sollten die Kurven parallel zur Abszissenachse verlaufen. Sowohl in den zwei Hauptprofilen als auch im Parallelkreis von Locarno trifft dies in befriedigender Weise zu. Im Meridian von Lugano verhält sich die Kurve ganz anders. Sie sinkt vom Anfangspunkt Giubiasco, mit einer Ordinate von rund  $-2"$ , in leichten Wellen gleichmäßig ab bis auf  $-17"$  am Südende des Profils, westlich Chiasso. Schon diese Anomalie verrät, daß das Referenzellipsoid sich im südlichen Tessin dem Geoid bedeutend schlechter anschmiegt als in den übrigen bis anhin untersuchten Landesteilen.

Stillschweigend wurde bis jetzt angenommen, die Lotabweichungen seien in der Meereshöhe Null gemessen worden. Es bleibt also zu berücksichtigen, daß die Beobachtungsstationen in verschiedenen Meereshöhen liegen und daß die Lotlinien nicht gerade, sondern gekrümmt sind. Helmert hat diese Korrektur mit  $E$  bezeichnet; das von uns zur Berechnung von  $E$  angewendete Verfahren stammt von Th. Niethammer.

Man erhält als Zunahme  $\Delta N$  der Geoiderhebung vom Ausgangspunkte  $A$  eines Profiles bis zu dessen Punkt  $C$  den Ausdruck:

$$\Delta N_A^C = \text{arc } 1'' \int_A^C \wedge ds - E_A^C$$

Mit  $\wedge$  wird die in das Profil fallende Komponente der Lotabweichungen und mit  $s$  die Länge des auf das Profil projizierten Linienzuges  $A-C$  bezeichnet. Die gleiche Korrektur  $E_A^C$  ist mit positivem Vorzeichen anzubringen, wenn, ausgehend von der Meereshöhe des Punktes  $A$ , mittels eines geometrischen Nivellements die Meereshöhe des Punktes  $C$  abgeleitet werden soll.

Im Parallelkreis von Locarno wird – vom westlichsten Punkte ausgehend –  $E$  nie positiv. Der größte Absolutwert beläuft sich auf rund 6 cm. Im Meridianprofil von Lugano erreicht die Korrektur  $E$  rasch den Maximalbetrag +3 cm; in der südlichen Hälfte übersteigt der Absolutwert nicht 6 mm. Die Korrektur bleibt also unbedeutend.

Die großen Profile im Meridian des St. Gotthard und im Parallelkreis von Zürich schneiden sich in der Station Schwerzenbach bei Zürich. Sie ist als Ausgangspunkt mit der Geoiderhebung Null gewählt worden. In diesem Falle liegt im Punkte Aula, dem Anfang des Profiles im Parallelkreis von Locarno, das Geoid 88 cm über dem Referenzellipsoid. Von da weg nach Osten nimmt die Geoiderhebung gleichmäßig ab. Sie erreicht bei Minusio den Wert Null und im Endpunkt Giubiasco den Betrag –31 cm. Die Abnahme der Geoiderhebung von rund 1,2 Meter auf eine Entfernung von 25 km bedeutet nichts Ungewöhnliches; sie entspricht durchaus der Geländeform.

Anders verhält es sich im Meridianprofil von Lugano. Obwohl das Gelände in der Profilrichtung im ganzen recht ruhig verläuft, treten außergewöhnlich große Änderungen des Abstandes zwischen Geoid und Ellipsoid auf. Vom Ausgangspunkt Giubiasco, mit der Geoiderhebung –31 cm, bis Cassarate bei Lugano, fällt das Geoid auf –173 cm, von dort bis zum Endpunkt westlich Chiasso auf –371 cm. Man hat demnach auf eine Entfernung von 36 km ein Absinken des Geoides um mehr als 3 Meter. Eine so große und rasche Änderung ist bisher in der Schweiz noch nirgends festgestellt worden. Wie sehr die Geoiderhebungen des Südtessins aus dem Rahmen fallen, tritt in den Zahlen der nachstehenden Übersicht zutage; man findet darin von einer Anzahl Stationen der vier Profile die Geoiderhebungen angegeben.

Eingehende Genauigkeitsuntersuchungen der aufgeführten Geoiderhebungen ergeben für Réclère, den westlichsten Punkt des Parallelkreisprofils durch Zürich, und für Ghiridone, den südlichsten Punkt des Profiles im Meridian des St. Gotthard einen mittleren Fehler von  $\pm 3$  cm. Die übrigen Stationen der beiden Profile weisen kleinere mittlere Fehler auf, die um so mehr abnehmen, je näher der Punkt bei Schwerzenbach

Profil im	Station, Angaben über deren Lage	Erhebung des Geoides über das Referenzellipsoid	Profil im	Station, Angaben über deren Lage	Erhebung des Geoides über das Referenzellipsoid
Parallelkreis durch Zürich	Réclère, im äußersten Westen des Pruntrutler Zipfels	+ 92	Meridian des St. Gotthard	<i>Schwerzenbach</i> . . . . .	0
	La Caquerelle bei les Rangiers . . . . .	+ 102		Au, Halbinsel im Zürichsee . . . . .	— 31
	Delsberg . . . . .	+ 95		Gottschalkenberg . . . . .	— 14
	Hauenstein . . . . .	+ 72		Schwyz . . . . .	+ 11
	Aarau . . . . .	+ 43		Schattdorf bei Altdorf (Uri) . . . . .	+ 89
	Zürich, Eidgenössische Sternwarte . . . . .	— 1		Meitschlingen zwischen Amsteg und Gurtellen . . . . .	+ 153
	<i>Schwerzenbach</i> . . . . .	0		Oberalppaß . . . . .	+ 194
	Bauma . . . . .	+ 19		Airolo . . . . .	+ 192
	Degersheim . . . . .	+ 52		La Costa bei Bignasco im Maggiatal . . . . .	+ 133
	Herisau . . . . .	+ 58		<i>Aula</i> (westlich Intragna) Ghiridone (italienische Grenze) . . . . .	+ 88 + 68
	Gäbris . . . . .	+ 74		<i>Aula</i> . . . . .	+ 88
	Diepoldsau (Rheintal) . . . . .	+ 75		Intragna . . . . .	+ 50
				Minusio bei Locarno . . . . .	+ 1
	Meridian des St. Gotthard	Altdorf (Schaffh.), an der badischen Grenze . . . . .		+ 233	Meridian v. Lugano Parallelkreis von Locarno
Feuerthalen . . . . .		+ 155	Medeglia . . . . .	— 54	
Marthalen . . . . .		+ 108	Lugaggia bei Tesserete . . . . .	— 103	
Pfungen . . . . .		+ 54	Cassarate bei Lugano . . . . .	— 173	
<i>Schwerzenbach</i> . . . . .		0	Maroggia . . . . .	— 256	
			Riva S. Vitale . . . . .	— 291	
			Brusata, westlich Chiasso . . . . .	— 371	

liegt. Die abgeleiteten Geoiderhebungen der Ergänzungsprofile im Tessin haben mittlere Fehler von  $\pm 3,0$  cm bis  $\pm 3,5$  cm.

Sieht man vom Meridianprofil durch Lugano ab, so liegt die tiefste Stelle des Geoides mit  $-31$  cm bei der Halbinsel Au im Zürichsee. Die bis zu 370 cm anwachsenden negativen Werte im Tessin decken auf, daß an dieser Stelle des Südabfalles der Alpen sich das Geoid unstetig verhält.

Die Gegend der Tessiner Profile verdient in verschiedener Hinsicht besondere Aufmerksamkeit. Einmal nimmt hier die Nord-Süd-Komponente  $\xi$  der Lotabweichungen Beträge an, die sonst nur ausnahmsweise, bei schroffen Geländeformen im Hochgebirge, auftreten. Die von Tesserete bis Chiasso gemessenen  $\xi$  erreichen im Durchschnitt rund  $23''$  südliche Ablenkung des Zenites.

Ferner zeigt ein Blick auf die Kurven gleicher Schwereabweichungen, daß diese auffallend nahe beieinander verlaufen. Ihr Verhalten weist ebenfalls auf Besonderheiten der Massenverteilung in der Erdrinde hin.

Endlich bleibt noch auf die magnetischen Störungen hinzuweisen. Die von W. Brückmann für Mitte 1931 gezeichneten Linien gleicher magnetischer Horizontalintensität und gleicher magnetischer Vertikalintensität rücken ganz ungewöhnlich nahe zusammen. Sowohl die Horizontal- als auch die Vertikalintensität ändern sich hier von Ort zu Ort viel stärker als in der übrigen Schweiz.

## **Die Transformation ebener Koordinaten zwischen der Bonne- und der Zylinderprojektion der Schweiz**

*Von J. Bolliger*

Mit dem Beginn der neuen Landestriangulation der Schweiz im Jahr 1910 begann die Verdrängung der bis dahin gültigen ebenen Koordinaten in der flächentreuen Bonne-Projektion durch die ebenen Zylinderkoordinaten der von M. Rosenmund im Jahr 1903 vorgeschlagenen Doppelprojektion<sup>(1)</sup>. Für den Übergang vom alten zum neuen Projektionssystem wurden im Jahr 1916 auf Grund von in beiden Systemen berechneten identischen Punkten von der Eidgenössischen Landestopographie Karten im Maßstab 1:250000 mit Linien gleicher Koordinatendifferenzen konstruiert. Aus diesen können für einen beliebigen Punkt die Umformungswerte für Plan- und Kartengenauigkeit interpoliert werden, aber nicht in der Schärfe, wie es für geodätische Zwecke nötig ist.

Da es heute noch vorkommt und auch später wieder vorkommen wird, daß für Punkte in der Bonne-Projektion die neuen Zylinderkoordinaten zu bestimmen sind, sollen im folgenden Formeln abgeleitet werden, welche die Transformation in der Rechenschärfe erlauben, die den Zylinderprojektionsformeln entspricht.

Die vom Jahr 1885 an entstandenen kantonalen und eidgenössischen Triangulationen sind an das schweizerische Gradmessungsdreiecksnetz angeschlossen, dem das Besselipsoid zugrunde liegt und dieselbe geographische Breite für das Projektionszentrum Bern, wie für die in der Zylinderprojektion festgelegten neuen Landes- und Grundbuchtriangulationen. Nur für solche Bonnepunkte gelten die folgenden Rechenformeln in aller Schärfe, da die auf die Eschmannsche Triangulation für die Dufour- und Siegfriedkarte sich stützenden Bonnekoordinaten sich auf die ältere Berner Breite und das Schmidtsche Ellipsoid beziehen.

Um zu den Transformationsgleichungen zu gelangen, zerlegen wir die vom Ellipsoid direkt auf die Ebene abbildende Bonne-Projektion der Schweiz in eine Doppelprojektion. Eine erste Übertragung findet in der winkeltreuen Gauß-Projektion vom Ellipsoid auf eine Projektionskugel statt, genau gleich wie bei der neuen winkeltreuen Zylinderprojektion