

Zeitschrift:	Zeitschrift des Vereins Schweizerischer Konkordatsgeometer [ev. = Journal de la Société suisse des géomètres concordataires]
Herausgeber:	Verein Schweizerischer Konkordatsgeometer = Association suisse des géomètres concordataires
Band:	8 (1910)
Heft:	12
Artikel:	Das Präzisionsnivelllement des Kantons Waadt [Schluss]
Autor:	Buffat, E.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-181199

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 27.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Stadtrayons Zürich. Es wurde ein 7gliedriges Lokalkomitee bestellt und einstimmig beschlossen, Herrn Stadtgeometer D. Fehr in Zürich um Übernahme des Präsidiums zu ersuchen. Die Annahme ist bereits in verdankenswertester Weise erfolgt. Die Versammlung gab dem Willen Ausdruck, die Besucher der Feststadt und des Anlasses würdig zu empfangen und zu unterhalten, und beauftragte das Lokalkomitee, das Ergänzungsbefugnis besitzt, mit der Einleitung der nötigen Schritte.

An die Mitglieder und Abonnenten.

Da in nächster Zeit ein neues Mitgliederverzeichnis angelegt wird und auch die Adressen neu gedruckt werden, werden Mitglieder und Abonnenten ersucht, bis spätestens am **25. ds.** allfällige **Adressenänderungen** zur Kenntnis des Unterzeichneten zu bringen.

Vizepräsident des V. S. K.-G.:
H. Müller, Stadtgeometer.

Luzern, den 8. Dezember 1910.

Das Präzisionsnivelllement des Kantons Waadt.

Von E. Buffat, ingénieur topographe, in Lausanne.

(Schluß.)

Wir erinnern hier noch an eine Tatsache, welche die wissenschaftliche Welt vor 40 Jahren in Aufregung setzte, nämlich den Polygonschlußfehler im Alpenübergang (Nivellement de précision de la Suisse).

Es war im Jahre 1870; man hatte durch einen doppelten Alpenübergang das große, die westliche Hälfte der Schweiz umfassende Polygon geschlossen, welches die Linien enthält: Lausanne-Freiburg-Bern-Aarburg-Luzern-Altdorf-Gotthard-Bellinzona-Locarno-Domo d'Ossola-Simplon-Brig-Martigny-Villeneuve-Lausanne mit einer Gesamtlänge von rund 730 Kilometer. Die Reduktionsrechnungen für dieses Polygon wurden doppelt und unabhängig von einander auf den Sternwarten von Genf und Neuenburg durchgeführt und ergaben übereinstimmend den bedeutenden Schlußfehler von 1,186 m.

Hatte einer der Ingenieure dreimal einen Ablese- oder Schreibfehler von 1,0 m für jeden der drei Faden wiederholt gemacht und war der verbleibende Rest von 0,186 m den Beobachtungsfehlern auf einem Polygon von solch bedeutender Länge und Höhenunterschieden von über 2000 m zuzuschreiben?

Dies schien unwahrscheinlich, denn die Latte ist nach einzelnen Centimetern von 0 bis 300 numeriert, und das Reglement enthielt die Bestimmung, daß das Instrument nicht von der Stelle genommen werden dürfe, bevor die Centimeterzahl am Mittelfaden noch einmal kontrolliert worden sei.

Diese Erwägungen und die Tatsache, daß sich ein solcher Widerspruch zum ersten Male bei einer Operation zeigte, welche zweimal das Alpenmassiv überschritt (St. Gotthard 2115 m, Simplon 2021 m), ließen die Vermutung aufkommen, daß der Widerspruch im Polygonschlusse von der Ablenkung des Lotes durch die Bergmassen herrühre.

Dr. Hirsch, Direktor der Sternwarte in Neuenburg, kam auf Grund seiner Studien über den Einfluß der Ablenkung des Lotes auf geometrische Nivellements zu der Formel:

$$E = - D \tan \alpha \cos \delta.$$

In derselben bedeuten:

E die Gesamtwirkung der Lotablenkung für die Höhendifferenz von der Sohle bis zum Scheitel des Gebirges;

α den mittleren Betrag der Lotabweichung;

δ den mittleren Winkelwert, welchen die Hauptrichtung des Nivellements mit der Ebene der Lotablenkung bildet;

D die Länge der Nivellementslinie.

Auch im Auslande machte dieser Polygonschlusfehler großes Aufsehen und gab Anlaß zu zahlreichen Denkschriften.

Wir nennen unter anderen: Beiträge zur Theorie des Schlusfehlers geometrischer Nivellements polygone von G. Zachariae in Kopenhagen, veröffentlicht in Nr. 1916 der „Astronomischen Nachrichten“. Der Verfasser gelangte durch seine Untersuchungen zu dem Schluß, daß man die Möglichkeit eines Polygonschlusfehlers, bewirkt durch Lotablenkungen im alpinen Gebiete, nicht ohne weiteres in Abrede stellen könne.

Professor Bauernfeind erläuterte in seiner am 2. März 1872 der Akademie in München vorgelegten Abhandlung „Geodätische

Bestimmung der Erdkrümmung und Lothablenkung“ eine Methode, nach welcher man die Erdkrümmung zwischen zwei beliebigen Nivellementsstationen bestimmen könne.

Indem man zwei Nivellierinstrumente derart aufstellt, daß ihre Ziellinien sich kreuzen und an drei beliebig aufgestellten Latten Ablesungen macht, bestimmen sich zwei die Ziellinien enthaltende Ebenen und deren Winkel, damit die Lotlinien, deren Konvergenz und durch Kombination mit der Distanz der beiden Instrumente der Krümmungsradius der Geoidfläche.*

Die geodätische Kommission, der die Ausführung des schweiz. Präzisionsnivellments anvertraut war, entschied sich für die einfachste aller Maßregeln: sie ließ von neuem die Gotthard- und Simplonlinie nivellieren, und am 3. Juni 1873 fand der Nivellementsingenieur zwischen den Fixpunkten 36 (Canobbio) und 37 (Santa Maria Maggiore) eine Differenz, welche über einen Meter über die durch das Nivellement von 1870 gefundene hinausging.

Diese Sektion wurde nun wiederholt nivelliert und damit die Gewißheit gewonnen, daß der Schlußfehler des Alpenpolygons einem Ablesefehler zuzuschreiben war, obgleich seltsamerweise die Vorsichtsmaßregel, daß der Beobachter vor Verlassen der Station Kontrollablesungen von Dezimetern durchzuführen hatte, nicht außer acht gelassen worden war.

Lallemand, Direktor des französischen Generalnivellments, hat in einer umfassenden Abhandlung den Einfluß der sphäroidischen Form der Erde, welche er als orthometrische Korrektion bezeichnet, mathematisch festgelegt und nachgewiesen, daß mit Einführung derselben die bisherigen Nivellements derart modifiziert werden, daß die früher erhaltene Verschiedenheit in der Höhe der den Kontinent bespülenden Meere tatsächlich sich auf wenige Zentimeter reduziert.

Die schweiz. Landestopographie ist im Begriffe, die älteren Nivellements durch Einführung der orthometrischen Reduktion umzurechnen; die seit einigen Jahren bearbeiteten werden sämtlich mit Berücksichtigung derselben durchgeführt.**

* Diese Bestimmung dürfte mit Libellen höchster Empfindlichkeit und den leistungsfähigsten Fernröhren doch noch unüberwindlichen Schwierigkeiten begegnen. R.

** S. Untersuchung über die Höhenverhältnisse der Schweiz von Dr. J. Hilfiker, S. 33/36. R.

Die ersten Präzisionsnivelllements von großer Ausdehnung wurden in Frankreich in den Jahren 1857 bis 1864 unter der Leitung des Ingenieurs Bourdalouë ausgeführt. Der zufällige wahrscheinliche Fehler des über 16,000 Kilometer messenden, ganz Frankreich überspannenden Netzes übersteigt nicht 2 bis 3 mm auf den Kilometer.

Die Methode von Bourdalouë zeichnet sich durch ihre Einfachheit aus. Die Fehlerursachen wurden durch zweckentsprechende Organisation der Arbeiten zu kompensieren gesucht, so daß auf alle Korrektionsrechnungen verzichtet werden konnte.

Die Kommission für das französische Präzisionsnivelllement verwirft alle Arbeiten als untauglich, die im Kontrollnivelllement einen größeren Widerspruch als 3 mm pro Kilometer aufweisen.

In der Anweisung für die preußische Landesvermessung vom 5. Januar 1895 wird ein Nivellement als gut bezeichnet, wenn der mittlere Fehler pro Kilometer 3 mm nicht übersteigt. und als brauchbar, wenn der Fehler unter 5 mm bleibt.

Durch die Beobachtungsmethode, wie sie bei dem Nivellement des Kantons Waadt angewandt wurde, kann der Einfluß von Erdkrümmung und Refraktion vernachlässigt werden.

Wenn bezeichnet:

D Entfernung vom Instrument bis zur Latte,

r den Erdradius,

K die Refraktionskonstante,

so beträgt die Reduktion auf den wahren Horizont

$$y = (1 - 2K) \frac{D^2}{2r}$$

für die Werte

$$r = 6366000 \text{ m}$$

$$K = 0,065 \text{ (nach Gauß)}$$

erhält man:

$$y = 0,0000000683 D^2$$

also für eine Zielweite von 100 m

$$y = 0,000683 \text{ m},$$

woraus hervorgeht, daß diese Reduktion an und für sich, d. h. für die Einzeldistanz nicht beträchtlich wäre.

Dasselbe kann in noch höherem Maße für allfällige Änderungen in der normalen Refraktion gesagt werden, deren Einfluß unter

Anwendung des oben angegebenen Refraktionskonffizienten beträgt

$$\begin{array}{ll} \text{für } D = 50 \text{ m} & y' = 0,0000 \, 25 \\ D = 100 \text{ m} & y' = 0,0001 \text{ m} \end{array}$$

Die Unsicherheit im Werte des Refraktionskoeffizienten für die Zielungen rückwärts und vorwärts wird unter atmosphärischen Verhältnissen, bei denen überhaupt an ein Nivellieren zu denken ist, nie auch nur angenähert den Wert der normalen Refraktion erreichen. Da aber Erdkrümmung und Refraktion bei der stets angewandten Methode des „Nivellierens aus der Mitte“ sich bei Voraussetzung gleicher Refraktion für Vorblick und Rückblick ohne weiteres kompensieren, so kann der Einfluß einer Refraktionsänderung unbedenklich vernachlässigt werden.

Wir haben bis jetzt noch nicht von dem Einsinken von Instrument und Latte, verursacht durch das Gewicht derselben, und des Personals während der Dauer einer Station gesprochen. Die Füße des Stativs fest in den Boden eingetrieben, und die Latte, welche auf einer breiten Eisenplatte von ungefähr 4 Kilogramm Gewicht aufruht, können auf gutem Boden keine bedeutende Wirkung hervorbringen.

Hören wir darüber Dr. Hirsch, den früheren Leiter des schweiz. Präzisionsnivelllements:

Ohne Zweifel ist theoretisch ein Einsinken von Latte und Instrument anzunehmen. Die Fehlerquelle des Einsinkens des Instrumentes verbindet sich naturgemäß mit dem Einsinken der Latte, das letztere erzeugt zu große Ablesungen in den Visuren rückwärts, das Einsinken des Instruments dagegen zu kleine Ablesungen in den Visuren vorwärts, beide Schädlichkeiten addieren sich somit.

Das Einsinken des Instruments wird wesentlich geringer sein als dasjenige der Latte, weil das Stativ des Instruments das Gewicht desselben besser verteilt und dasselbe auf eine kürzere Zeitdauer den Boden belastet, und der Transport der Latten von einer Station zur andern schneller vor sich geht als derjenige des Instruments.

Der Einfluß des Einsinkens, abgesehen von der Widerstandsfähigkeit des Bodens, ist proportional der Anzahl der Zielungen und hängt deshalb in höherem Maße von der Länge der nivellierten Linie, als von deren Höhendifferenz ab. Letztere übt nur eine indirekte Wirkung aus, insofern mit wachsender Steigung die

Zielungen kürzer genommen werden müssen und dadurch die Zahl der Stationen vergrößert wird.

Für eine in beiden Richtungen nivellierte Linie ergibt sich der Unterschied zwischen dem ersten und zweiten Nivellement infolge des Einsinkens durch die Formel:

$$d = \pm x \sqrt{2K} \pm H y \sqrt{2} + 2Kz$$

In dieser Formel bedeuten:

d den Unterschied zwischen dem ersten und zweiten Nivellement,
 H den nivellierten Höhenunterschied,

K die nivellierte Distanz in Kilometern ausgedrückt,

x den zufälligen Nivellementsfehler pro Kilometer,

y den relativen Fehler in der Bestimmung der Einheit der Lattenlänge,

z den Einfluß des Einsinkens pro Kilometer.

z ist eine wesentlich positive Größe und hängt ab von der Natur des Terrains, auf dem Instrument und Latte aufruhen.

Da der Einfluß des Einsinkens stets in gleichem Sinne wirksam ist und sich bei der gewöhnlichen Methode des Nivellierens nicht kompensiert, so kann trotz dessen Geringfügigkeit auf die einzelne Station durch Akkumulation auf weite Strecken derselbe sich doch unangenehm fühlbar machen.

Bei dem Nivellement des Kantons Waadt ist nach dem Vorbild des schweiz. Präzisionsnivellements ein Verzeichnis der Fixpunkte angefertigt worden, welches eine durch Skizzen erläuterte Beschreibung der einzelnen Fixpunkte und deren Versicherung enthält.

Die an jedem Fixpunkte angebrachte Meereshöhe bezieht sich auf den im Jahre 1904 durch die eidgenössische Landestopographie auf Grund einer Untersuchung von Dr. Hilfiker: „Untersuchung der Höhenverhältnisse der Schweiz im Anschluß an den Meereshorizont“ angenommenen Horizont. Diese sehr sorgfältige Arbeit behandelt die in den bisherigen Publikationen enthaltenen Angaben über die Höhendifferenzen der Europa bespülenden Meere, die Nivellementsmethoden und deren Resultate, und leitet die für den schweiz. Ausgangspunkt Pierre du Niton wahrscheinlichste Meereshöhe aus den Anschlüssen an die Mittelwasser in Marseille, in Triest und Swinemünde und über dem Mittelwasser der italienischen Meere ab und gelangt schließlich zu der definitiven Höhenzahl

373,6 m.

Diese Zahl ist absichtlich auf Dezimeter abgerundet, um anzudeuten, daß die letzte Stelle durchaus zuverlässig ist und der wahrscheinliche Fehler einen Dezimeter nicht erreicht.

Durch Beschuß des Staatsrates wurde diese neue Cote der Ausgangshöhe für alle öffentlichen Arbeiten im Kanton Waadt obligatorisch vorgeschrieben. Die in der Karte des Kantons Waadt im Maßstab 1 : 5000 eingeschriebenen Höhen beziehen sich auf eine Ausgangshöhe des Pierre du Niton von 376,64 m; um demnach die genaue Meereshöhe eines in der Karte angegebenen Punktes zu finden, hat man von seiner Cote 3,04 m abzuziehen. Die Meereshöhe des P. N. von 376,64 m wurde aus der Höhe des Chasseral abgeleitet, welche den französischen trigonometrischen Messungen aus dem Anfang des vorigen Jahrhunderts entnommen ist. Diese wurde bestimmt, indem man einerseits von einer barometrisch festgestellten Höhe in Straßburg ausging, anderseits eine ganz Frankreich durchquerende Dreieckskette an den Pegel in Brest anschloß. Von beiden derart abgeleiteten Resultaten wurde das Mittel für Chasseral mit 1609,57 m genommen. Von Chasseral aus wurde wieder auf trigonometrischem Wege die Höhe von Pierre du Niton zu 376,64 abgeleitet, welche im Jahre 1833 von General Dufour als Ausgangshöhe für die Berechnung sämtlicher Höhen der Schweiz als absoluter Höhen (Meereshöhen) eingeführt wurde.

Aus Gründen, die wir nicht kennen*, fixierte Oberst Siegfried, Chef des eidg. topographischen Bureau, 1868 eine neue Höhenzahl für Pierre du Niton = 376,86 m, welche als Grundlage für die topographischen Originalaufnahmen des schweizerischen Atlas in 1 : 25,000 und 1 : 50,000 diente. Was war die Ursache dieser Änderung? Es war uns bis jetzt unmöglich, darüber ins Klare zu kommen.

Das Hauptnivelllement von Frankreich und die mit verbesserten Mitteln und Methoden ausgeführten Präzisionsnivelllements der übrigen Länder verfolgen das Ziel nachzuweisen, daß das mittlere Niveau der Meere viel weniger Ausschläge zeigt, als man noch vor 20 Jahren annahm.

So haben die wiederholten Nivellements, welche zwischen den verschiedenen Meeren ausgeführt wurden, gezeigt, daß die früheren

* In der nachfolgenden Erklärung angegeben. Red.

Differenzen, welche sich zwischen Marseille am Mittelmeer und Cherbourg am Kanal zu 90 cm und über einen Meter für Brest ergaben, daß ferner der Unterschied zwischen den mittleren Meereshöhen von Alicante und Santander 65 cm, derjenige zwischen der Nordsee bei Amsterdam und dem adriatischen Meere bei Triest 32 cm betrug — daß diese Abweichungen in dem mittleren Niveau der Meere der Hauptsache nach lediglich den früher angewandten Methoden der Ausführung und Berechnung des Nivellements, welche seither eine bedeutende Verbesserung erhalten haben, zur Last gelegt werden müssen.

* * *

Herr Dr. Hilfiker, Nivellementingenieur der schweiz. Landestopographie, Verfasser des Werkes „Untersuchung der Höhenverhältnisse der Schweiz“, beeht uns mit folgender Berichtigung, die auch für die Übersetzung der Arbeit des Herrn Buffat gilt:

In Nr. 8 und in Nr. 12 dieser Zeitschrift erwähnt Herr Ingenieur E. Buffat pag. 170, daß General Dufour die Höhe von Pierre du Niton aus der Eschmann'schen Bestimmung der Höhe des Chasseral von 1609,57 m auf trigonometrischem Wege zu 376,64 m abgeleitet hat, und daß diese Cote als Ausgangspunkt für die Meereshöhen der Dufourkarte angenommen worden ist. Herr Buffat fügt dann wörtlich bei:

„Dans des circonstances, que nous ne connaissons pas, le Colonel Siegfried, Chef du Bureau topographique fédéral, fixa en 1868 une nouvelle altitude du repère de P. N. = 376,85 m, qui servit de point de départ pour les levés originaux 1 : 25,000 et 1 : 50,000 de l'atlas topographique de la Suisse. Quelle a été la cause de ce changement? C'est ce qui nous a été impossible d'éclairer complètement.“

Herr Buffat hat offenbar übersehen, daß dieselbe Publikation der schweiz. Landestopographie, die er auf pag. 169 der vorliegenden Zeitschrift zitiert, die ausführliche Antwort auf seine Frage enthält. Wir finden da auf pag. 54 die nachfolgende Angabe:*

* Untersuchung der Höhenverhältnisse der Schweiz, im Anschluß an den Meereshorizont. Im Auftrage der Abteilung für Landestopographie bearbeitet von Dr. J. Hilfiker. Bern 1902.

„Das eidgenössische Departement des Innern hatte bereits 1878 unter Hinweis auf die bevorstehende Reorganisation des hydro-metrischen Dienstes in der Schweiz von der schweiz. geodätischen Kommission verlangt, möglichst bald ausgeglichene Coten zu publizieren, und 1879 hat denn auch Oberst Siegfried, von 1865 bis 1879 Chef des eidg. topographischen Bureau, auf Grundlage einer von E. Plantamour ausgeführten provisorischen Ausgleichung eines Teiles des vorliegenden Nivellementsmaterials für die Bedürfnisse seiner Ingenieure und Topographen ein «Registre des repères du nivelllement de précision de la Suisse» zusammenstellen und autographieren lassen, in welchem, angesichts des provisorischen Charakters dieser Zusammenstellung, die absolute Höhe von Chasseral unverändert nach Eschmann zu 1609,57 m beibehalten wurde. Unter Benützung des im «Nivellement de précision» pag. 156 für den Höhenunterschied Pierre du Niton-Chasseral mitgeteilten Wertes von 1232,71 m wurde als Meereshöhe von Pierre du Niton

$$1609,57 \text{ m} - 1232,71 \text{ m} = 376,86$$

abgeleitet. Das ist die allen neueren offiziellen schweizerischen Kartenwerken zugrunde liegende Meereshöhe von Pierre du Niton.“

Zur Jahreswende.

Die letzten Zeilen, die ich der letzten Nummer des Jahrganges 1910 beigebe, sollen die herzlichsten Grüße und besten Wünsche an meine Leser übermitteln, mit deren überwiegendem Teile mich persönliche Freundschaft verbindet. Und wäre es möglich, so möchte ich an der Jahreswende in jedes Haus eintreten, um mich zu freuen mit den Fröhlichen, zu trauern mit den Gedrückten und Niedergebeugten, sie zu ermutigen, auszuharren im Kampf gegen ein widerwärtiges Schicksal, das oft dem Besten die Früchte seiner Arbeit und seiner Pflichttreue vorenthält.

Sodann möchte ich danken für die Nachsicht und das Interesse, das meinem Bestreben, die Geometerschaft der Schweiz geistig und materiell zu heben, entgegengebracht wird und mich zum Ausharren in der weiteren Arbeit in diesem Sinne anregt. Und wo ich dem Bedenken begegne, es fehle mir Initiative und der fröhliche Wagemut der Jugend, so erlaube ich mir auf mein