

Mitteilungen über das neue schweizerische Landesnivellement

Autor(en): **Gassmann, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières**

Band (Jahr): **17 (1919)**

Heft 1

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-185561>

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.

Mitteilungen über das neue schweizerische Landesnivellement.

Im Anschluß an den Aufsatz: „Das neue schweizerische Landesnivellement“ in Nr. 3 des Jahrganges 1915 dieser Zeitschrift soll nachstehend über die auf diesem Gebiete seither ausgeführten Arbeiten kurz berichtet werden. Glücklicherweise hat der Krieg mit seinen mannigfachen Einflüssen den Fortgang unserer Arbeiten im Landesnivellement nur unwesentlich gehindert; es konnte aus diesem Grunde die Doppelmessung einer auf französischem Boden zwischen La Cure und Le Carroz gelegenen Strecke von 11 km nicht ausgeführt werden und ferner unterblieben vorderhand die Anschlußmessung Delémont-Delle, sowie die im Rheintale vorgesehenen Anschlüsse an das österreichische Höhennetz. In chronologischer Reihenfolge ergibt sich für die seit 1915 ausgeführten Neumessungen folgende Zusammenstellung:

1915 Linien:

Sargans–Weesen–Pfäffikon (Schwyz)	62 km
Rorschach–Buchs–Sargans	74 „
Martigny–Rennaz–Vevey	51 „
Rennaz–St-Gingolph	14 „

1916 Linien:

Brig–Visp–Gampel	20 km
Gampel–Sitten–Martigny	62 „
Spiez–Kandersteg	29 „
Goppenstein–Gampel	9 „
Les Verrières–La Brévine–Locle–La Chaux-de-Fonds–La Cibourg	46 „

1917 Linien:

Grandson–Vuitebœuf–Ste-Croix–Fleurier–Les Verrières	40 km
Göschenen–Airolo durch den Gotthardtunnel	17 „
La Cibourg–St-Imier–Biel	39 „
Delémont–Laufen–Basel	44 „

1918 Linien:

La Cibourg–Saignelégier–Delémont	51 km
Goldau–Göschenen–St. Gotthardhospiz–Airolo–Biasca–Bellinzona	147 „

Außer den vorgenannten, in beiden Richtungen vollständig unabhängig nivellierten Linien wurde im Jahre 1917 noch die zweite Messung der Linie Nyon—La Cure—Vallorbe—Vuiteboeuf, deren erste Messung vor Kriegsausbruch ins Jahr 1914 fällt, wobei aber, wie schon oben bemerkt, ein kurzes Stück auf französischem Boden nicht wiederholt werden konnte.

Die gesamte Linienlänge der im neuen Landesnivellement vorgesehenen 18 Polygone beträgt zirka 2520 km, die Länge der Anschlußlinien und Varianten (Simplon, Gotthard) zirka 400 km. Mit Abschluß der Meßkampagne 1918 ergibt die Neumessung 1970 km. Polygonlinien = 78 % ihrer Gesamtlänge und 13 geschlossene Polygone, während von den Anschlußlinien nur 200 km = 50 % ihrer Gesamtlänge beobachtet sind. Es bleiben demnach noch insgesamt zirka 750 km = 26 % zu nivellieren übrig, so daß die Messung des projektierten Hauptnetzes, normale Arbeitsverhältnisse vorausgesetzt, in 4—5 Jahren abgeschlossen sein dürfte.

Methode und Ausführung des Präzisionsnivellements haben seit 1914 keine wesentlichen Änderungen erfahren. Sämtliche Linien sind in beiden Richtungen durch zwei verschiedene Nivellementsgruppen, bestehend aus je einem Ingenieur und drei Gehülfen, vollständig unabhängig gemessen worden, wobei neben dem Unterzeichneten als zweiter Beobachter im Landesnivellement seit 1915 Herr dipl. Ing. J. Favre tätig ist. Als Instrument wird seit 1914 ausschließlich das Präzisionsnivellierinstrument Zeiß III mit Keilstricheinstellung und zugehörigen Invarmiren mit Strichteilung verwendet und es hat sich dieser Instrumententypus in den fünf Jahren vorzüglich bewährt. Leider bestätigt sich die schon seinerzeit berichtete Erfahrung immer wieder, daß nämlich ungünstige Refraktionsverhältnisse der Luft die Präzision und Leistungsfähigkeit des Instrumentes nur selten voll auszunützen gestatten. So wurde in der dem Nivellement vorangehenden Absteckung normalerweise die Zielweite von 20 m beibehalten und die Möglichkeit, ganze Strecken unter Innehaltung der Toleranz für die Stationskontrolle mit der doppelten Absteckungseinheit, d. h. mit 40 m Zielweite, nivellieren zu können, gehörte zu den Ausnahmen. In diesem Punkte haben uns die Luftverhältnisse bei der Messung durch den Gotthardtunnel angenehm enttäuscht, indem hier ohne Schwierigkeit fast durchwegs sogar mit 50 m Zielweite nivelliert

werden konnte. Die durchschnittliche Tagesleistung ist seit Einführung der Zeißinstrumente gegenüber dem früheren Wert von 1,16 km etwas größer geworden; sie beträgt im Mittel aus den letzten fünf Jahren 1,48 km, wobei aber Regen-, Sonn- und Feiertage mit inbegriffen sind. Pro Arbeitstag können wohl 70 bis 80 Stationen erledigt werden und bei sehr günstigen Witterungsverhältnissen in durchgehender Linie ist es schon möglich gewesen, Stationszeiten von vier bis drei Minuten zu erreichen. Dabei ist daran zu erinnern, daß mit zwei Miren gearbeitet wird, von denen die eine in den Rückblick, die andere gleichzeitig in den Vorblick zu stehen kommt. Die Miren haben zwei Teilungen, aus deren Ablesungsdifferenz die Stationskontrolle resultiert und da für jede Ablesung des Mittelfadens zwei Einstellungen gemacht und im Rückblick und Vorblick, aber nur auf einer Teilung, auch die Distanzmarken abgelesen werden, so ergeben sich pro Station insgesamt 12 Ablesungen. Dabei werden der Mittelfaden auf halbe Zehntel, die Distanzmarken auf halbe Millimeter abgelesen und in der Stationskontrolle soll die Abweichung von einem bestimmten Mittelwert den Betrag von ± 3 Einheiten nicht überschreiten, ansonst die Station zu wiederholen ist. Das Aufschreiben der Ablesungen geschieht in der Regel durch einen Gehülfen; dieser rechnet auch die Stationskontrolle, vor deren Erledigung die Station nicht verlassen werden darf.

Bei den zu unserem Instrumententypus gehörigen Präzisionsmiren von Zeiß sind die beiden Teilungen bekanntlich auf einem Invarband aufgetragen, das am Fuße der Mire fest mit dem Holzkörper verbunden ist, im übrigen aber frei liegen soll und das am Kopf der Mire durch eine Federkraft von zirka 20 kg gespannt wird. Unsere Mirenvergleiche nach der ersten Meßkampagne mit dieser Ausrüstung im Herbst 1914 haben nun ergeben, daß die angenommene Unabhängigkeit der Bandlänge von der Feuchtigkeit und Temperatur in dieser Konstruktionsform nicht zutrifft, daß vielmehr die Bandlänge durch die Längenänderung des Holzkörpers noch in Beträgen bis zu 0,145 mm pro Meter beeinflußt wurde. Eingehende Untersuchungen führten zu dem Resultat, daß die Bänder einerseits in ihrer Führung zu wenig frei waren und andererseits die Art der Uebertragung der Federspannung auf das Band gewissermaßen ein Mitschleppen des Bandes bei einer Aenderung der Länge des Holzkörpers im

Gefolge hatte. Diese schlimme Erscheinung konnte durch eine Konstruktionsänderung beseitigt werden, indem das Band ohne jegliches Zwischenglied direkt an die Spiralfeder gehängt wurde, was andererseits allerdings eine Verlängerung der Mire durch einen Ansatz um zirka 22 cm nötig machte, wollte man nicht die nutzbare Länge der Teilung um diesen Betrag vermindern. Wie zahlreiche Vergleichen am Komparator ergeben, hat sich diese Abänderung vorzüglich bewährt, indem seither die Länge der Bänder nach erfolgter Reduktion auf gleiche Temperatur innerhalb weniger Tausendstelmmillimeter pro Meter konstant geblieben ist. Damit dürfte endlich der auch im Rahmen der Genauigkeit eines Präzisionsnivelementes „unveränderliche“ Lattenmeter erreicht sein. Die Ausdehnung des für unsere Miren verwendeten Invars beträgt nach einer Prüfung durch das eidgenössische Amt für Maß und Gewicht, wobei eine Bandprobe von zirka 120 cm Länge unter normalem Zug von 20 kg verwendet wurde, 0,0019 mm pro Grad und pro Meter und da während einer Meßkampagne Temperaturdifferenzen von 30 bis 35 Grad wohl vorkommen können, so muß immerhin noch eine Reduktion der Bandlänge auf die Temperatur zur Zeit der Messung berücksichtigt werden. Zur Feststellung dieser Temperatur, die im Hinblick auf die geringe Ausdehnung des Invars keiner besonders großen Genauigkeit bedarf, sind unsere Miren noch mit Thermometern ausgerüstet worden, die auf jeder Station im Rückblick und Vorblick durch die Gehülfen abgelesen werden.

Die Berechnung des Genauigkeitsausweises nach Lallemand* für die in den Jahren 1915—1917 ausgeführten Nivellementslinien — die Verarbeitung des Beobachtungsmaterials von 1918 steht noch aus — hat im Mittel für den zufälligen 1 Kilometerfehler $\eta_r = \pm 0.33$ mm und für den systematischen 1 Kilometerfehler $\sigma_r = \pm 0.23$ mm ergeben, während die internationalen Toleranzen für die Nivellements hoher Präzision hierfür ± 1.5 mm resp. ± 0.3 mm betragen. Der zufällige Fehler unserer Messungen bleibt also weit innerhalb der Toleranz, wohingegen der systematische Fehler schon näher an ihrer Grenze liegt. Dies ungünstige Resultat für den systematischen Fehler zeigt sich nicht

* Vide: Lallemand, Verhandlungen der internationalen Erdmessung. Hamburg 1912. Zweiter Teil. Beilage B. VIII b, und Bäschlin, Die Nivellements hoher Präzision. „Schweiz. Bauzeitung“, Band LXXI, 1918.

besonders nur in den Bergstrecken, indem hier die Fortschritte in der Ermittlung einer zuverlässigen Mirenlänge den früher prädominierenden Anteil an diesem Fehler bedeutend vermindert haben, vielmehr überrascht uns das Auftreten systematischer Einflüsse oft auch auf verhältnismäßig ebenen Linien. So ergab sich z. B. für die 62 km lange Linie Sargans-Pfäffikon (Schwyz) bei einer Höhendifferenz von 83 m eine stetig zunehmende Abweichung zwischen beiden Messungen, die auf die Gesamtlänge den hohen Betrag von 35 mm erreichte. Fragt man sich nach der Ursache dieser systematischen Erscheinung, so dürfte man fast versucht sein, auf dieser Linie hiefür eine lokale Disposition anzunehmen, denn schon im alten Präzisionsnivellement, das in den Jahren 1871 bis 1873 ausgeführt wurde, betrug die Differenz zwischen Hin- und Rückmessung 118 mm und dabei stimmen die Mittelwerte des alten und neuen Nivellements, bezogen auf zuverlässige Ausgangspunkte, auf 2 mm miteinander überein. Nach dem Sinne des Vorzeichens dieser Differenzen kommen als Ursache derselben wohl Senkungen der Miren während des Stationswechsels in Betracht; es müssen aber überdies noch andere Faktoren mitgewirkt haben, denn bei der unmittelbar nachher unter ganz ähnlichen Boden- und Witterungsverhältnissen nivellierten Linie Rombach-Sargans sind systematische Differenzen in weit geringerem Maße aufgetreten. Auf eine Länge von 74 km und eine Höhendifferenz von 61 m weichen hier die beiden Messungen von 1915 nur um 16 mm voneinander ab und der systematische Fehler beträgt nur 0,19 mm gegenüber 0,36 mm auf der Linie Sargans-Pfäffikon. Es steht außer Zweifel, daß sich auch bei aller erdenklichen Vorsicht in der Ausführung eines Präzisionsnivellementes systematische Einflüsse geltend machen können und es ist selbstverständlich, daß diese Einflüsse in der Differenz zweier Messungen um so vollständiger zum Ausdruck kommen, je unabhängiger diese Messungen voneinander durchgeführt werden. Wir dürfen uns aber mit der Feststellung der Wirkung dieser Einflüsse nicht zufrieden geben, sondern müssen immer wieder versuchen, auch ihre Ursache zu ergründen; die Erkenntnis derselben wird uns am ehesten dazu führen, Mittel und Wege zur Verminderung des systematischen Fehlers aufzufinden. So haben wir nun aus den Resultaten des alten Präzisionsnivellementes lernen können, daß die ungenügende

Kenntnis der Länge des Lattenmeters bei größeren Höhendifferenzen eine wesentliche systematische Fehlerquelle bildet, die im neuen Landesnivellement erst durch häufigere und genauere Mirenvergleichen und dann durch die Einführung der Invarmiren größtenteils behoben wurde. Eine weitere systematische Fehlerquelle bilden allfällige Aenderungen in der Höhe des Instrumenten- oder Mirenstandpunktes während der Messung, wobei nach meiner Erfahrung für den Instrumentenstandpunkt nicht nur Senkungen, sondern in gewissen Fällen auch Hebungen in Betracht kommen können, die durch elastische Nachwirkungen des Bodens nach erfolgtem Eintreten der Stativbeine verursacht werden. Bei unserer Nivelliermethode werden bekanntlich die zwei Teilungen der gleichzeitig im Rück- und Vorblick aufgestellten Miren in der Reihenfolge Rückblick-Vorblick-Vorblick-Rückblick abgelesen, so daß im Mittelwert der beiden Stationshöhendifferenzen eine in ihrem zeitlichen Verlaufe gleichmäßig vorausgesetzte Aenderung in der Höhe des Instrumentenstandpunktes eliminiert wird. Eine solche Kompensation trifft nicht zu für Aenderungen des Mirenstandpunktes während des Stationswechsels, wohl aber scheint diese Fehlerquelle im Mittelwert einer Doppelmessung getilgt, wenn wir auch hier für das Hin- und Rücknivellement eine gleichmäßige Wirkung des Fehlers voraussetzen. Nun ergeben aber die durchwegs aus unabhängigen Doppelmessungen gebildeten Polygone im Landesnivellement oft noch erhebliche Schlußfehler, deren mittlerer Wert für die 12 bisher berechneten Polygone bei einer durchschnittlichen Länge von 208 km nach Anbringung der orthometrischen Korrektur 26 mm beträgt. Es muß daraus geschlossen werden, daß die Voraussetzung einer gleichmäßigen Fehlerwirkung, soweit es sich um Senkungen der Mire während des Stationswechsels handelt, nur teilweise zutrifft; wahrscheinlicher ist aber, daß diesen Differenzen auch noch andere systematische Fehlerquellen zu Grunde liegen, deren Art und Wesen sich nicht mit Sicherheit feststellen lassen.

Bern, den 14. Dezember 1918.

Rob. Gaßmann, dipl. Ing.
