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

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

Band: 46 (1948)

Heft: 3

Artikel: Das III. stadtzürcherische Präzisionsnivellement 1915 bis 1917 : ein Studienobjekt für die nivellitische Grundlage von Orts- und Regionalplanungen

Autor: Fischli, E. / Baeschlin, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-205581

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: 15.07.2025

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

Meinungsverschiedenheiten bestehen, die sich sehr stark auf die Hektarkosten von Dränageanlagen auswirken. Obwohl der englische und amerikanische Dränageingenieur sich auf umfangreiche Forschungsergebnisse der kulturtechnischen Versuchsanstalten jener Länder stützt, kann eine Übertragung dieser ausländischen Anschauungen und Methoden auf unsere Verhältnisse erst nach vorangegangener Prüfung verwirklicht werden.

Das III. stadtzürcherische Präzisionsnivellement 1915 bis 1917

Ein Studienobjekt für die nivellitische Grundlage von Orts- und Regionalplanungen

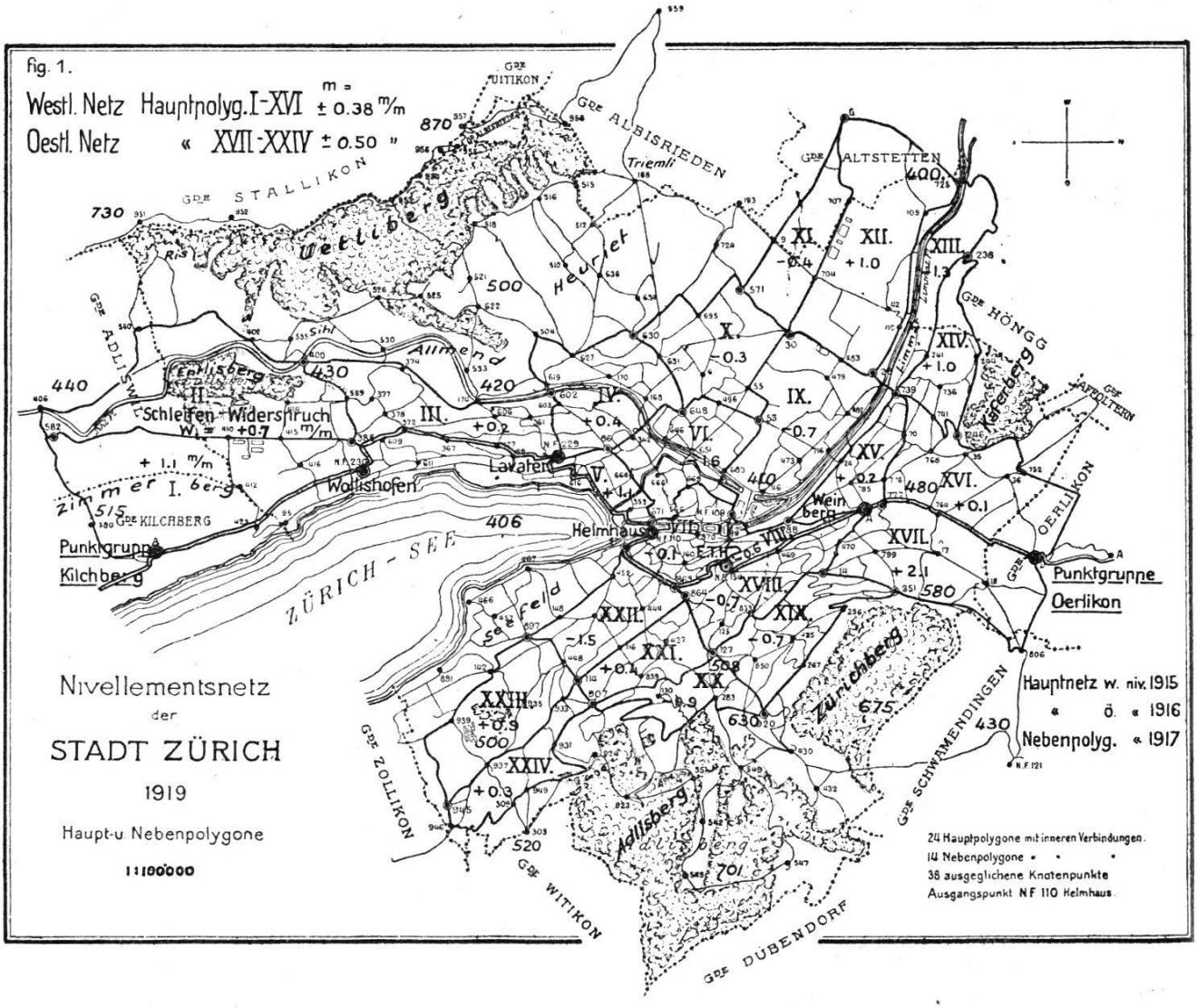
Das genannte, bei Ausbruch des ersten Weltkrieges begonnene Revisions- und Erweiterungsnivellement, bis jetzt ohne Nachfolge gleichartiger Operate anderer Schweizerstädte, ist nach 30jährigem Bestehen 1946/47 an die Fachkreise und eine weitere Öffentlichkeit herangebracht worden. Eine erste summarische Umschreibung desselben unter Auswertung einer Anzahl direkter Feldbeobachtungen erschien in der Schweiz. Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik Nr. 3, März 1946, als Abhandlung „Über ein besonderes Nivellementsgewicht" von alt Kantonsgeometer W. Leemann.

Die zweite, wesentlich eingehendere Darstellung schildert Bedürfnis und Entstehen, Umfang und technische Hauptdaten des städtischen Originalnetzes 1893, wie des erweiterten II. und III. Höhennetzes 1897 bis 1917, sowie den Anschluß an das damals vor seiner Beendigung stehende schweizerische Landesnivellement. (Schrift: „50 Jahre Vermessungsamt der Stadt Zürich", Heft I 1947, Zürcher Statistische Nachrichten, Abschnitt II u. ff., Verfasser Stadtgeometer S. Bertschmann.)

In einer dort beigegebenen Tabelle ist eine kommunal vorzüglich instruktive Gesamtübersicht aller Aufgaben eines städtischen Vermessungsamtes eingefügt als Bild der vielseitigen Inanspruchnahme der Höhenresultate aller Abstufungen durch fast sämtliche Verwaltungszweige.

Nun existieren eine Reihe von anerkannten ältern und neuern schweizerischen Stadtnivellements, die hinsichtlich Erfüllung nächstliegender Anforderungen nicht wesentlich von der Zürcher Arbeit abstehen werden. Wo es sich dagegen heute um die Erstellung neuer Höhennetze handelt, darf sie als Neuorientierung nicht übersehen werden: 1. mit Rücksicht auf das ganze verwendete, rasch und exakt arbeitende Instrumentarium Wild und 2. namentlich mit Bezug auf das von der Landestopographie übernommene Nivellierverfahren mit *zwei Latten* zwecks Ermöglichung der Rückblick-Kontrolle, die neben ihrem Hauptzweck die Ausschaltung eines bisher nicht genügend beachteten nivellitischen Meßfeindes: *der Refraktion in der Horizontalen* erstrebt.

Diese, durch Instrument Wild, Lattenbild Wild und Zwei-Lattenstellung konstatierbaren, bzw. ausschaltbaren Einflüsse bedeuten eine



weitgehende Meisterung der zeitlich, örtlich und betragsmäßig wie nach Vorzeichen unberechenbar auftretenden Refraktion. Danach sind nicht nur *hochwertige* neue, sondern auch *vereinfachte* neue Präzisionsnivellements mitsamt einer Reihe von wichtigen Einzelnivellierungen vor neue Bedingungen gestellt (siehe Abschnitt III).

Schon längst können mit leichtester Mühe Millimeterteile abgelesen, eine rasche, sichere maschinelle Höhenberechnung, auf ermittelten Lattenmeter-Koeffizienten beruhend, durchgeführt und damit die *Millimeterangabe* relativ (Auf- und Abrundungswerte) garantiert werden.

Die Millimeterangabe wird im allgemeinen notwendig, wo Bebauungspläne entstehen, damit Straßenbauten, Kanalisationen, die ja oft Kollektiv-Gemeindeunternehmen darstellen und erst recht auf gegenseitige Übereinstimmung angewiesen sind, von der Höhenkote des Marksteins, des Polygonpunktes sich befreien müssen. Die Millimeterangabe ist in der Ebene, im schwachen oder unterschiedlichen Gefälle nicht zu umgehen, ebensowenig auch für viele Kontrollmessungen wertvoller Objekte in höhen-unzuverlässigen Gebieten.

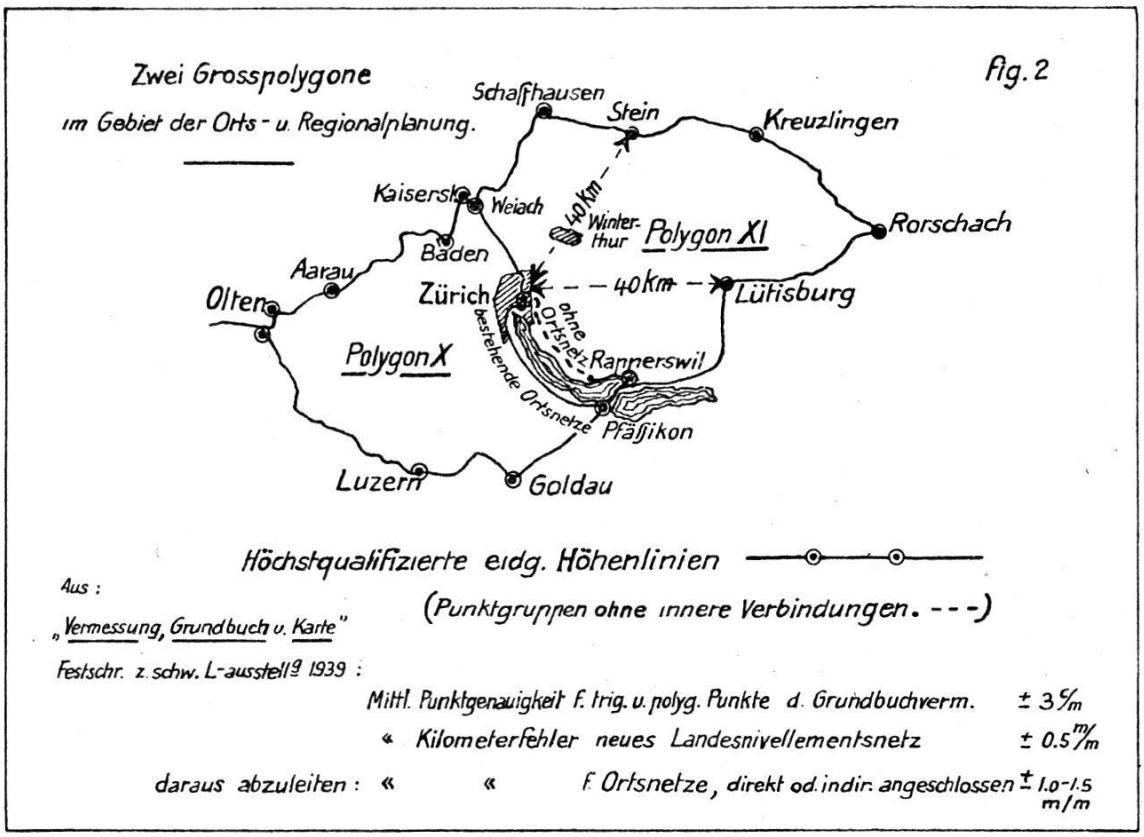
Sie ist also Erfordernis für jedes neuzeitliche Höhennetz, für dessen Höhenverzeichnis, denn die Höhenfixpunkte des ganzen Baurayons müssen im Millimeter *ihren* Bestimmungspunkten entsprechen, *jene* wieder in ihrer eigenen Zuverlässigkeit den eidgenössischen, nächstgelegenen Anschlüssen. Erst so erhalten wir Zeugen für eingetretene Änderungen der Höhenlagen einzelner Objekte, ganzer Gebiete und können auch ihren Stillstand, ihre mehr oder weniger große Stetigkeit im weitern Verlaufe erkennen. (Eine graphische Kartei der Fixpunktveränderungen seit 1893 bis 1897, 1917 wird für Zürich ständig nachgeführt und benützt. Höhenänderungen siehe Seite 7.)

Messungstechnisch und protokollarisch muß das Nivellieren allgemein auf eine höhere Basis kommen und vor allem für kantonale wie gemeindliche Höhenlinien ein Fixpunkttyp gewählt werden, der höheneindeutig ist und wegen den zahlreichen Umbauten an geschützten Stellen angebracht, durch Form und Nummer kenntlich ist, also Respektierung verlangt wie ein Grenzzeichen oder Polygonpunkt. Ohne die Umstellung vom Markstein auf den *Metallkugelbolzen* als Höhentyp hat alle Messungszuverlässigkeit keinen Sinn. Die wichtigen Einzelheiten der Bestimmung, Versicherung der Fixpunkte von Ortsnetzen sollten am zweckmäßigsten in einem kantonalen Leitfaden zur Verfügung der Technik zusammengefaßt werden, da einheitliche Einzelnetze die beste Sicherung des Landesnetzes darstellen.

Leider fehlen nun gerade im Kanton Zürich die Voraussetzungen für die rasche Erstellung von Ortsnetzen im ausgedehnten Baugebiet (siehe Fig. 2) mit einwandfreien eidgenössischen oder kantonalen Anschlußpunkten.

Nehmen wir Fig. 2 das *Zürichsee-Ufergebiet* als Vergleich. Am linken Seeufer, von Pfäffikon bis Zürich, haben sich schon seit dem Bestehen dieser eidgenössischen Anschlußlinie und ihren Zwischenpunkten die Orte *Wädenswil, Horgen, Thalwil, Kilchberg* ihre eigenen Höhennetze schaffen können. Das rechte Ufer mit seiner zeitlich weit zurückreichenden Bautätigkeit ist auf der ganzen Länge im Rückstand, denn die nivellitische Hülfslinie, die später dort eingelegt worden ist, bietet keine Gewähr für einen sofortigen, höhenzuverlässigen Anschluß. Wenn z. B. jene Hülfslinie nicht zur je allergünstigsten Nivellierzeit (4–6 Uhr vormittags, 6–8 Uhr nachmittags, beobachtet worden ist wegen ihrer Refraktionsursachen – die über den Seedamm mit beiderseitigen Wasserflächen ein Maximum ergeben können – dann muß jene Linie *mit Rückblickkontrolle* nachgeholt werden unter gleichzeitiger Einschaltung genügender Zwischenfixpunkte vom Normaltyp des Kugelbolzens.

Ähnliche Überlegungen müssen gelten für Groß-Gemeindegebiete wie Winterthur, Uster; als dringend nötige Anschlußkontrolle für das ständig erweiterte Zürcher Stadtnetz mußten in jüngster Zeit noch neue eidgenössische Verbindungszüge gelegt werden, deren Differenzdiskussion zur Gutheißung der städtischen Höhenresultate der III. und IV. Etappe gelangte. Es bedeutet dies sicher eine Mahnung, mit den auch anderswo vorhandenen Lücken im Landesnivellement sich nicht länger abzufinden.



Das scheint ja auch angedeutet in der Leemannschen Gewichtsfrage, die sonst nur ein theoretisches Problem bildete.

Die aktuellen Einzelbedürfnisse werden sich mehr und mehr melden, mag deshalb die Skizze einer größern Punktanlage das Mittel sein, vereinfachte Netze aber mit größern Messungssicherheiten daraus abzuleiten.

I. Allgemeiner Aufbau des Zürcher Netzes 1915–1917

Das zu nivellierende Gebiet umfaßte das wichtigste Straßen- und Wegnetz des ersten Groß-Zürich bis in die 20 Jahre später vereinigten Vororte hinein mit durchschnittlichen Punktabständen von 250 bis 300 m bei Höhenerhebungen von 100 bis 470 m über Seeniveau, angesichts der topographischen Unterschiedlichkeit ein Faktor zur Vorsicht wegen des genau zu eruierenden Lattenmeters. Der einfache Nivellierweg betrug 325 km, die Zahl sämtlicher Stationen zirka 19 000.

Die eidgenössischen *Anschlußhöhen* waren damals noch nicht in definitiven Resultaten vorhanden, und so wurden die eidgenössischen Beobachtungswerte des Hin- und Rücknivellements zweier Nivelleure, von Punktgruppe zu Punktgruppe zwischen Kilchberg und Oerlikon benützt, mit den bezüglichen städtischen Doppelbeobachtungen gemittelt und in die Rechnung eingeführt. So ergab sich ein vierfacher Mittelwert in $^1/_{10}$ mm Angabe, der auf die Gesamtlänge die 2 mm Klaffe nicht überstieg und in zahlreichen Zwischenpunkten bestätigt war. (Siehe Fig. 1 mit Zentralpunkt NF 110 Helmhaus.)

Diese über Wollishofen-Enge und ETH.-Weinbergschulhaus verlaufende Linie bildete die gemeinsame „Basis" des West- und Ostnetzes; die Peripherie fiel je mit dem Baurayonabschluß zusammen, während die anschließenden Nebenpolygone sich bis an die Stadtgrenze erstreckten, als höhenextremste, höhenunsichere oder anschluß-ungünstigste Netzzonen. Das Hauptnetz Ost enthielt 8, West 16 Schleifen von 3 bis 8 km Umfang und definitiven Schleifen-Widersprüchen mit wechselndem Vorzeichen von 0,1 bis 1,5 mm (max. 2,1).

Die *Beobachtungsgenauigkeit* war in Haupt- und Nebenpolygonen dieselbe; da auf weitere eidgenössische Anschlüsse verzichtet werden konnte außer dem *Zentralpunkt Helmhaus*, ergab sich für das gesamte Nivelliernetz eine innere Homogenität, die sich auf alle Teilgebiete übertrug. Durch die Anlage genügender Längs- und Querzüge unter möglichster Meidung von Tram- oder Lastverkehrsstrecken ergab sich ein engmaschiges, inneres Netzgefüge, für nahegelegene An- bzw. Abschlüsse, da auch für gewöhnliche Nivellements die Regel gilt: zwei Punkte anzuschließen.

Als *günstigste Nivellierzeit* während drei jährlichen Meßperioden von je Mitte April bis Ende Oktober wurde die Stufe Tagesanbruch morgens 4–6 und 7 Uhr sowie abends 4–6 Uhr arbeitsintensiv ausgenützt. Bei Besonnung – immer unter Schirm arbeitend – waren die Stunden 7–9 Uhr vormittags bzw. vor 4 Uhr abends vorsichtiger, bei häufigen Repetitionen mühsam zu erledigen. Bedeckter Himmel ergab in der Regel die besten Fortschritte, ohne immer die eindeutigsten Ablesungen zu gewährleisten, wie sie bei vorkommenden leichten Regen-Intermezzi oder bei Wind eintrafen. Für die Schleifen und innern Hauptzüge wurden natürlich die jeweils günstigsten, äußern Meßbedingungen und Meßzeiten gewählt. Das zweite, Rücknivellement, erfolgte soweit möglich unter geänderten Verhältnissen, die Strecken erhielten in der Regel eine vorhergehende Stations- und Lattenstandmarkierung: die sich gleichbleibende Fokussierung ist zeitlich von Vorteil und bezüglich Augenermüdung ein unschätzbarer Vorteil, pro Station ergeben sich eben bis 8 Grob- und 10 Feinablesungen ohne Repetition bei Refraktion.

Im Sommer *1914* erfolgte die Revision von etwa 580 städtischen und zirka 100 alten eidgenössischen und wasserwirtschaftlichen Punkten, ungefähr 140 Punkte waren seit 1893/1897 verschwunden oder unbenützbar geworden; anschließend erfolgte die Bestimmung und Versicherung von zirka 350 Ersatz- und Neupunkten, die Erstellung von Skizzen, Formularen, Punktübersichten, Netzanlage sowie alle Feldpräparation für den Frühling. *1915–1917* je 5–6 Monate Nivellierzeit, im Winter je provisorische Höhenberechnung für die sofortige Benützung, ihr schlossen sich an die Ausmittelung des Lattenmeters nach den Untersuchungen des eidgenössischen Amtes für Maß und Gewicht in Bern, die definitive Berechnung der Höhenunterschiede und der Höhen nach erledigter Ausgleichung. *1918* die Bearbeitung des Höhenverzeichnisses in zwei Horizonten (Übergangszeit auf den neuen Landeshorizont), vorgängig alle wichtigen Kontrollen. Die Berechnung I, II, teilweise III. Nivellement, geschah ge-

trennt, benötigte also eine Mittelung. Brücken waren je beidseitig mit Punkten versehen, die Beobachtung war 4–6fach.

Hervorgehoben darf werden, daß *keine einzige Nachmessung* nötig wurde. Die Latten-Meterwerte, graphisch interpoliert für jeden Tag, ergaben gute Übereinstimmung mit 3 benachbarten Höhenzügen Helmhaus-Zürichberg, die im Frühjahr, Sommer und Herbst je an einem Tag nivelliert worden waren und an ihren Zwischenpunkten pro Höhenlage übereinstimmende Werte ergaben, die Richtigkeit der Koeffizienten demnach bestätigten pro Jahreszeit und Zugsabschluß.

Aus einer Statistik sei noch angeführt, daß bei Verwendung
einer Latte 1897 (II. Niv.) pro Tag 54 Stationen erledigt wurden, mit
zwei Latten 1917 (III. Niv.) pro Tag 63 Stationen max. 108 (Albisgütli-Utostaffel)
oder pro Tag = 9–(15) Strecken, 2,3–(3,4) km einf. Niv.

Nach dem überaus dankenswerten Entgegenkommen der Landestopographie: Einführung des Verfassers in die Feldpraxis des Landesnivellements durch dessen erfahrenen Nivellementsingenieur † R. Gaßmann bestand für den städtischen Beauftragten Wille und Absicht, Messungsresultate hereinzubringen, die eine strenge Ausgleichungsrechnung ersparen könnten. Das bedingte für ein Stadtnivellement von diesem Umfange und neuartigen Forderungen sorgfältige Überlegungen und Vorkehrungen, deren hauptsächlichste summarisch erwähnt werden müssen:

1. Öftere Instrumenten-Prüfungen und Justierungen auf dem Felde unter möglichst guten Bedingungen bei schärfster Wiederherstellung der Libellenkoinzidenz: Aufstellung beider Latten in den 7 Instrumentenstellungen 55 : 35 m, 10 : 30, 15 : 25 ... bis 35 : 5 m je Rückblick- und Vorblickablesung zur Bildung der 7 Höhenunterschiede, die konstant trotz dieser ungleichen Zielweiten Werte ergaben, die nur um 1 – (2) Zehntelmillimeter im Grenzfall differierten.

2. Jährlich 3malige Lattenmeterbestimmung durch das Eidg. Amt für Maß und Gewicht in Bern: horizontal aufliegende Latte im Laboratorium, untersuchte feine Strichmarken auf $^1/_{1000}$, Teilstriche auf $^1/_{100}$ mm.

3. 3 benachbarte Höhenzüge Helmhaus-Kurhaus Zürichberg, zirka 230 m Höhendifferenz, je Tagesnivellement Frühling 1916, Sommer 1916 und Herbst 1917 als Feldvergleich zum Laboratoriumsergebnis, da die Lattenkörperausdehnung durch die Invarband- bzw. Rahmenfederung nicht vollständig genug eliminiert wurde.

4. Einfaches Feld-Nivellierformular für Distanz, Teilung I und II mit evtl. Repetitionen, Konstantenbildung, Temperatur, Lattennummer, Datum, Bemerkungen betr. äußeren Einwirkungen (Bahn, Tram, Lastwagen – Sonne, Bodenbeschaffenheit).

5. Feld- und Büroübersichten des Nivellierweges 1 : 10 000 der Haupt- und Nebenzüge unter Punkt- und Streckennumerierung.

6. Ständiges Augenmerk auf Erzielung einer stetig zunehmenden Arbeitsroutine für Beobachter, Schreiber und Lattenträger. Diese Routine in Verbindung gegenseitiger Kontrollierung ist unerläßlich anzustreben, denn nur dadurch verliert die Monotonie des Nivellierens an Gefähr-

lichkeit und gewinnt an quantitativem Arbeitsanreiz (Zürichberg Stationenmaximum 70, Albisgütli-Utostaffel 108, bei 230/300 m Höhendifferenz.

Ein Kapitel für sich bilden die *Meß- und Rechnungsfehlermöglichkeiten* (Anschreibfehler, Vorzeichenfehler bei geringen Höhenunterschieden, allereinfachste Rechenoperationen usw.). Ihnen kann nur begegnet werden durch Einführung unabhängiger Kontrollen, die möglichst wieder neue Gebrauchswerte darstellen. Sie sind folgendermaßen zu registrieren:

a) Provisorische Höhenberechnung aller pro Feldperiode erfaßten Alt- und Neupunkte, ohne abgestimmten Lattenmeter, für den sofortigen Verwaltungsgebrauch.

b) Die Vergleichung der provisorischen Höhenverzeichnisse 1915/16 mit den 1894/1898 publizierten Punkthöhen *alter Horizont.* Differenzen nur in Millimetern auftretend, soweit nicht bereits Senkungen vorlagen.

c) Die nach Nivellement I/II getrennt durchgeführte definitive Berechnung der Höhenunterschiede mit abgestimmten Lattenmeter, unter Mittelung beider Einzelresultate.

d) Nach durchgeführter Ausgleichungsrechnung (die sich aus Traditionsgründen, einwandfreierer, späterer Anpassung an definitive eidgenössische Höhen wie künftiger Netzerweiterungen empfahl) die Höhenberechnung *alter* Horizont.

e) Die unabhängige, abgekürzte Höhenberechnung *neuer Horizont.*

f) Die Seiten-Kontrollsummen des Höhenverzeichnisses alter *und* neuer Horizont.

g) Die definitiven Höhenvergleiche alter, neunivellierter Punkte von 1893/1897 mit 1915–1917.

h) Die Vergleiche in m und dm Höhe nach dem Kurvenverlauf der topographischen Übersichtspläne und der Fixpunktsituation des Höhenverzeichnisses.

Angewandte *Untersuchungs-* und *Berechnungsgenauigkeiten.*

	Angaben:
Untersuchung der Strichmarken	$^1/_{100}$ mm
Untersuchung der Teilstriche	$^1/_{100}$ mm
Definitive Berechnung der Höhenunterschiede	$^1/_{100}$ mm
Mittelung Niv. *I/II*/III und Original-Höhenberechnung	$^1/_{10}$ mm
Ablesungen im Feldbuch (Instrument 1914) Mittelwerte	$^1/_{10}$ mm
Punkthöhen im Verzeichnis 1919	Millimeter
Punkthöhen im Übersichtsplan 1 : 2500	Zentimeter

II. Gegenüberstellung der drei Höhennetze 1893/1897/1915–1917

Nach den Detailangaben des Aufbaues des III. Netzes kann ein kurzer Vergleich mit dem Original- sowie dem II. Netz noch dienlich sein.

Figur 1 gibt ein Gesamtrelief des Nivelliergebietes von Groß-Zürich der ersten Stadtvereinigung 1893–1934. Im Westen der Steilhang des

Albis-Ütliberges, dessen Haldenfuß im obern Teil bis an die Sihl hinunter reicht und die westlichen Nebenpolygone enthält.

Im Osten die Zürichbergkuppe vom Adlisberg zum Käferberg mit den östlichen Nebenpolygonen. Mit Ausnahme der Seefeldebene eine zusammenhängende Berghalde von mittlerer bis starker Neigung, die von der Einsattelung des Milchbuck unterbrochen wird.

Das Hauptnetz *West* enthält die große Sihl-Limmatebene, von Kilchberg weg den Zimmerbergausläufer und nordwestlich die Käferberghalde; es enthält 16 Hauptpolygone. Das topographisch einheitliche Hauptnetz *Ost* zählt 8 Polygone.

Netz 1893/94, bestimmt durch Stadtgeometer D. Fehr, gemessen durch J. Binder, nachm. Stadtgeom. von Luzern, streng ausgeglichen durch Dr. math. J. Wiß. Zweiteiliges Netz, alte eidg. Anschlußpunkte. Kernsches ehem. Präz.Nivellier, 1 Latte mit Fußplatte (Keine Rückblick-Kontrolle), gewöhnliche Komparatorvergleichungen der 3-m-Latte, cm-Teilung. Der ganze Rechnungsgang der Ausgleichung mit dem Korrelaten-Auflösungsverfahren ist im Höhenverzeichnis 1895 dargestellt.

Total niv. Punkte städt.: 206, eidg. und wasserwirtschaftl.: 110.

Verwendetes Gewicht $p = \frac{1}{L}$.

West-Netz mittl. Kilometerfehler $\pm$ 1,63 mm.
Ost-Netz mittl. Kilometerfehler $\pm$ 2,58 mm.

Netz 1897/98, bestimmt und gemessen durch Ingenieur K. Straub, berechnet und nach vereinfachtem (stufenweisen) Verfahren ausgeglichen. Zweiteilig, vermehrte Anschlußpunkte. Gleiches Instrument, gleiche Latte mit period. Komp.-Prüfungen (ohne Rückblick-Kontrolle), Fußplatte, Lattenstrebe von Hand gehalten (wie oben). Bereits Punktsenkungen gegenüber 1894, Netz-Homogenität gegenüber 1893 und 1915 bis 1917 reduziert. Neunivellierte städtische Punkte: 366.

Verw. Gewicht $p = \frac{1}{L}$.

West-Netz mittl. Kilometerfehler $\pm$ 1,37 mm.
Ost-Netz mittl. Kilometerfehler $\pm$ 2,45 mm.

Netz 1915–1917, bestimmt und gemessen durch den Verfasser, berechnet durch Geometer April und Flachsmann, Spezialuntersuchungen und Ausgleichungsberechnung Grundbuchgeometer L. Schwyzer, Kontrolle Ost-Netz durch den Verf. nach Verfahren J. Wiß.

Zweiteiliges Netz, Beobachtungswerte des Landesnivellements mit städt. Messung gemittelt, dienten als Anschlußzwang an Zentralpunkt N.F. 110 Helmhaus.

Präzisionsnivellier Zeiß-Wild Typ III mit planparalleler Platte, Keilstricheinstellung und Koinzidenzlibelle.

2 Invarband-Latten mit Stativ Landestopographie und Fußplatten, Dosenlibelle für Vertikalhaltung.

Rückblick-Kontrolle, nach Bedarf Repetitionen, Schreiber. 3malige Lattenuntersuchungen pro Niv.-Periode.

Zielweiten: Normal 20 m (max. vereinzelt nur bei günstigsten Verhältnissen 35 m) min. 7 m in Steilpartien. In beiden frühern Netzen: 25 m.

Punktsenkungen gegenüber *1893* und *1897*:

66 Gebäudepunkte	1– 2 cm
11 Gebäudepunkte	3–11 cm
23 Mauerpunkte	1– 9 cm
13 Bodenpunkte	1– 4 cm

Demnach jährliche Senkungsbeträge von 1–16 mm.

Total niv. städt. Punkte: 923, übrige zirka 120.

Verwendetes Gewicht: $p = \frac{1}{L}$.

West-Netz, niv. 1915, mittl. Kilometerfehler $\pm$ 0,38 mm.
Ost-Netz, niv. 1916, mittl. Kilometerfehler $\pm$ 0,50 mm.

Die entsprechenden Netzteile, der drei Vergleichs-Operate liegen ziemlich gleichmäßig orientiert zu den topographischen Hauptformen. In erster Linie konstatieren wir für die überwiegend *ebene, westliche Seite* den typisch *kleinern* mittleren Fehler als in der überwiegend *steilern, coupierten Ostseite.*

Das ist in der Erfahrung begründet, daß gleiche Meßfehler der Ebene nach Zahl und Betrag sich nicht so ungünstig auswirken wie in der Neigung, da in letzterer noch Fehler auftreten, die in der Ebene nicht vorkommen. Die abnehmende Größenordnung der Kilometerfehler ist pro 1915/1917 instrumentellen und Methoden-Vorteilen zuzuschreiben, der minimere Unterschied West-Ost einer topographischen Verschiebung zwischen den beiden ersten und dem dritten Netz (Käferbergpartie).

In allen bisher angegebenen Genauigkeits- und Abschlußergebnissen liegt auch der indirekte Nachweis, daß das verwendete Ausgleichungsgewicht $p = \frac{1}{L}$ nicht versagt hat, d. h. ohne Überprüfung eine richtige Fehlerverteilung gewährleistete.

III. Die Refraktion im Nivellement

Die Refraktion in der Horizontalen wird durch allgemeine atmosphärische Bedingungen oder durch örtliche wie zeitliche Gegebenheiten verursacht. Dabei ist zu unterscheiden zwischen ihrem *resultatfälschenden* Einfluß im gewöhnlichen Nivelliervorgang unter Verwendung bloß einer Latte, *wo ihre Einwirkung gar nicht bemerkt werden kann* – und ihrem erschwerenden, *resultatvermindernden* Einfluß im Präzisionsnivellement mit Rückblicklatte, qualitativ wie quantitativ.

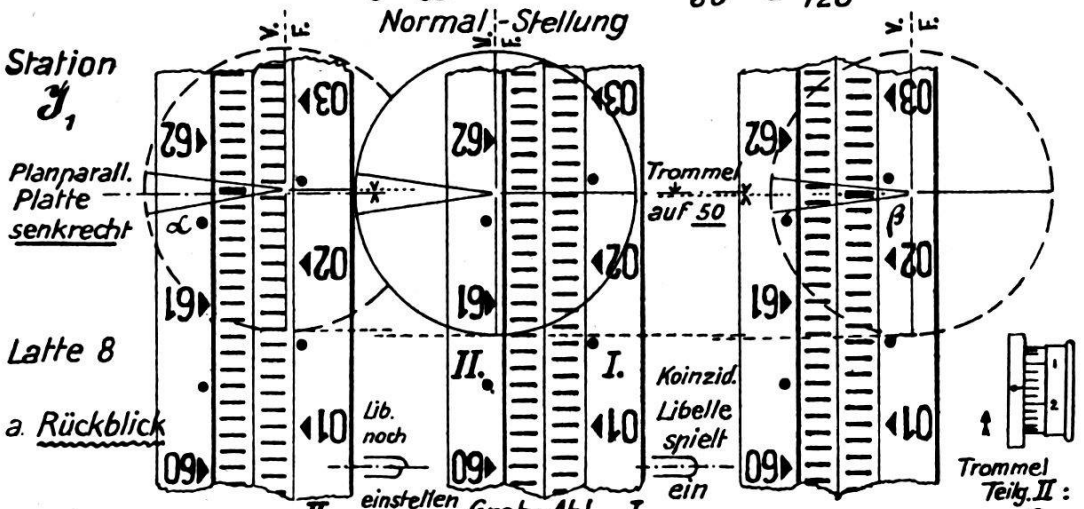
Zu den Figuren 3, 4 und 5/5 gehört noch die textliche Beschreibung des Ablesevorganges am Instrument Wild, Typ III, mit planparalleler Platte und Keilstricheinstellung. Invarlatte Wild mit Stricheinteilung. Es han-

Fig. 3

Ablesevorgang Nivellier-Instr. Wild, Typ III.

Abl. : 2 = 0,....m $\frac{I}{II}$-Konstante = 59250

Invarband Teilung I: kleine Zahlen 0 – 60 Teilung II: grosse Z. 60 – 120



Vertikalfaden seitl. versch. Trommel auf Strichsymetrie z. Keil Teil. II α Vert. Faden seitl. versch. Trommel Str.-Sym. I β

gibt Trom.-Feinablesung I : 024,16 (kürzestes Zeitintervall) 616,66 = Feinabl. II
sofort repetiert, 16 = (< 50) (> 50) = ,64 sofort repetiert

Konstanten-Kontrolle (Feld) = 59249
(Büro) 616.65 definitiv 024.16 ohne Refraktion

a. Rückblick, beendet auf Latte 8
b. Vorblick, auf Latte 31, Ablesungen wie oben
c. Rückblick$_2$: Kontrolle auf Latte 8 d.h. Feinablesung I ev. II. Δmax 1-4 Einheiten, Stat. $\mathcal{J}_1$ beendet.
d. Wenn Δ > 4 Einh. : Repetition Vorblick$_2$ 31 ev. R$_3$ 8 V$_3$ 31.....

Fig. 5/5

Rückblick Fol 27 Nivellements-

Jahr Mon. Tag Std	Punkt №	L	C°	Distanz ob. Faden unt. "	d = Δ/2	Kl. Zahlen Abl. : 2 = ..,m..		Gr. Zahlen		Bemerk	
16. XI. 3 20	86 Post ⊖	8	09	..,.. ..,.. Δ (Kontr. für Σ kl. Z)	:2 = ..,.. m	171 171	99 99 5 99	764 (rep.) 92 52 764	51 52 52	Repetition 52 52 sonnig	(ohne Refraktion)
... ...	178 Sihlhölzli Stein ⊡	31	14	..,.. ..,.. ..,..	..,.	112 112	72 72 5 72	705 92 50 705	22 22 23	25 25 bed.	(schwache Refr.)
... ...	... ...	..	..	~~1204 0742 462.1 23.1~~	~~44 60 45 58 38 34 38 34~~	~~097~~	~~31 29~~	~~689~~	~~79 79~~	~~690 12 689 98 93 85 89 88 87~~	(unbrauchbar)

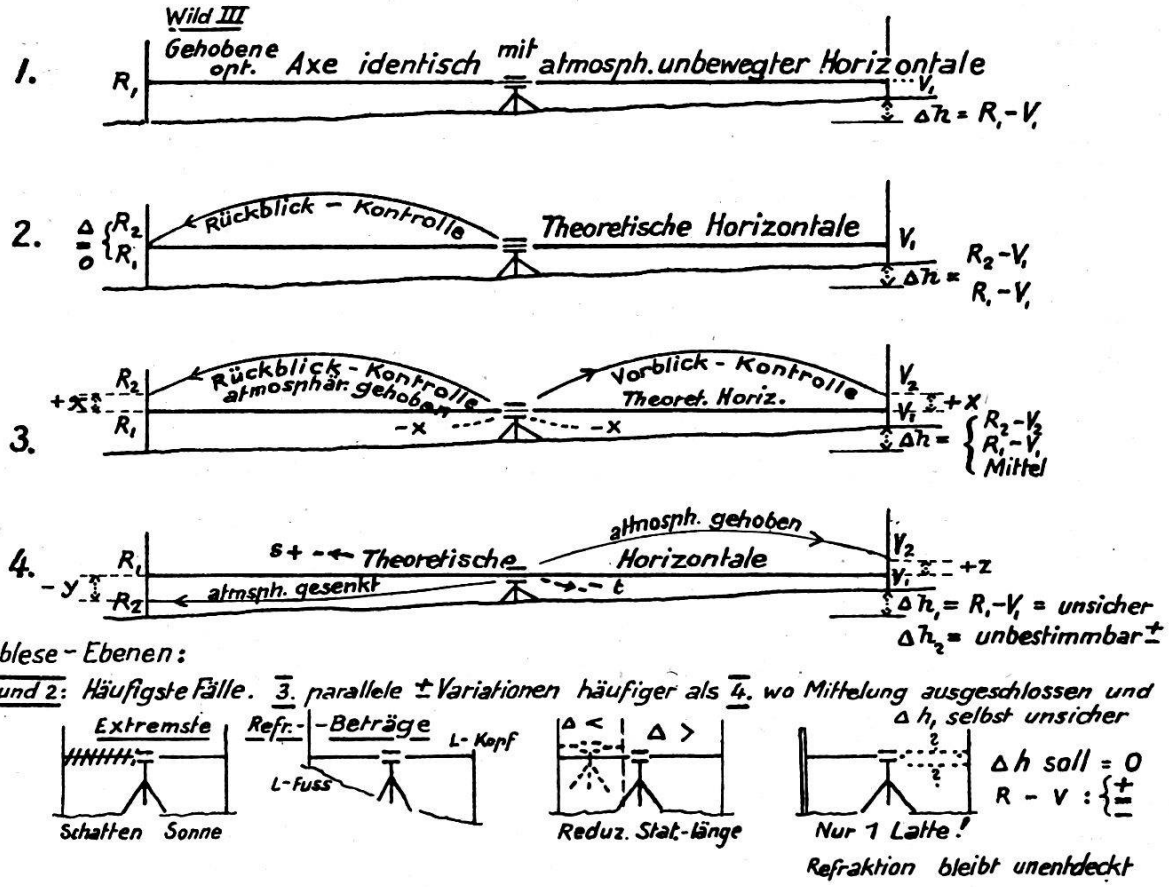
Präz. Niv. Zürich 1915 – 17

3 Einzelstationen ohne ⊖ mit Refraktion, pro Station mehrmalige Refr. möglich.

Fig. 4 III. stadtzürch. Präz.Niv. 1915-17 Abschn. III: Refraktion im Nivellement.

Schematische Ablese - Ebenen 1 - 4

Für Nivellieren mit 2 Latten.



Ablese - Ebenen:

1. und 2: Häufigste Fälle. 3. parallele ± Variationen häufiger als 4. wo Mittelung ausgeschlossen und Δh_1 selbst unsicher

Formular Fol 27 Vorblick

Fig. 5/5

Punkt №	L	C°	Distanz		Kl. Zahlen		Gr. Zahlen		Bemerkung	
					289	52 50	882 (rep.)	00 00	Repetition	ohne Refraktion
					5	92	48			
					289	51	882	00		
					364	84 86	957	36 36	39 39	schwache Refr.
					5	92	52			
					364	85	957	38		
231 Au ⊙			5838 5372 466 :2 233	61 ~~75~~ 62 73 55 58	560	85 85 5	1153 9250	35 35	24 10 24 12 07 08	unbrauchbar

Beobachteter Maximalbetrag aus einer Repetitionsreihe $R_1 - V_{10} = 3$ m/m

delt sich dabei um die möglichste Ausschaltung der zeitlich und betragsmäßig minimsten Refraktion zwischen Ablesung Teilung I und II derselben Latte, wie um die Eliminierung der gröbern Refraktion zwischen Rückblick und Vorblick einschließlich Rückblickkontrolle, genau genommen um 10 Fein- und 6 Grob-Refraktionen, stetiger Verlauf vorausgesetzt und auf eine einzige Station bezogen.

Strichabstand der Teilung = 0,5 cm (Strichdicke zirka 1 mm), Trommelteilung 10–100, 1 Teil = 0,05 mm. Stellt man auf die Latte ein, Keilspitze wie Mittelfigur in Figur 3, dreht die Trommel auf 50, so ist bei scharf einspielender Libelle die planparallele Platte genau senkrecht, so daß sofort *zwei gute Grob-Ablesungen* 024... Tlg. 1 und 616... Tlg. II gemacht werden können. Dabei merkt sich der Beobachter (0,24) *plus Feinbetrag* < 60, bzw. (616) *plus Feinbetrag* > 50. Damit ist nicht nur der bezügliche Feinbetrag, sondern auch der bezügliche Drehungssinn der Trommel im Bewußtsein; es erfolgt nun Drehung horizontal seitlich bis der nächstliegende Strich Tlg. I *im Keil* und Trommeldrehung vertikal, bis *Symmetrie Strich-Keil* erreicht ist. Libelle scharf gibt auf Trommel Tlg. I $(\ldots)_{16}$ und anschließend, seitl. und vert. Betätigung zu Tlg. II $(\ldots)_{66}$. Jede Feineinstellung hat rechtsläufig zu erfolgen und wird sofort repetiert, d. h. als Doppelwert notiert, der oft um 1–2 Einheiten differiert infolge Trommelgang oder Refraktion (immer Blick auf Libelle).

Wir haben also im Feldbuch $024{,}16_{16}$ und $616{,}66_{66}$, 3mal ohne Refr.

Nun ist der Rückblick 1 beendet, es folgt (evtl. unter nicht konstatierbarer Refraktion) auf Latte II der Vorblick 1, siehe Figur 5/5 und hierauf normal Rückblick 2 auf Latte I, ergibt dies genau oder auf 2–(4) Trommeleinheiten max. = 1–(2) Zehntel-mm Übereinstimmung in Feinablesungen, so ist die Station J_1 beendet, das Instrument geht an L. II vorbei auf vorbezeichnete, evtl. neu abgeschrittene Stat. J_2.

Bei größern Differenzen im R_2 erfolgt Repetition auf V_2, evtl. R_3V_3, bis der Verlauf der Ablesungen fortdauernd Parallelität oder sich einstellende Konstanz zeigt. Bei Unstetigkeit, Streichung und Wiederholung, andernfalls Abbruch der Arbeit.

Die Distanzablesung erfolgt oberer/unterer Faden, die Distanz- und Konstantenbildung nimmt der Schreiber vor, damit sofort eine Kontrolle der Teilung I vorhanden ist, Division durch 2 ergibt Meterwert.

Da der Eintritt wie das Aufhören der Refraktion nur vermutet werden kann, so müssen die detailliert wiedergegebenen Ablesvorgänge den Eindruck bestätigen, daß das Nivellieren mit *einer* Latte sich *nur auf eine reduzierte Anzahl von Höhenermittlungen* beziehen sollte, wenn Zwischen- und Endresultate noch eine bestimmte Zuverlässigkeit beanspruchen. Durch die Verwendung zweier Latten wird ein Zeitgewinn erzielt und die Möglichkeit ausgenützt, bei geringer, gemeisterter Refraktion die Nivellierzeit selber auszudehnen.

Zur Einleitung der nivellistischen Refraktionsbeurteilung, Figur 4, sei ein drastisches Beispiel angeführt. Im zweiten Sommerhalbjahr 1916 zwischen morgens 8 und 9 Uhr wurde eine Station versuchsweise 10mal

rasch repetiert, d. h. im Rück- und Vorblick beobachtet. Die Schwankungen erfolgten im gleichen Sinn aber unstetig positiv wachsend, so daß schließlich der zeitlich letzte gegenüber dem ersten Höhenunterschied um volle 3 mm abwich. Die aufgewendete Zeit entsprach ungefähr demjenigen des Lattenwechsels einer Latte am Instrument vorbei, auf neue Stellung, so daß also *in der einen Station* beim gewohnten Nivellieren ohne Rückblickkontrolle eine Differenz von 3 mm verborgen geblieben wäre. Ein Luftzittern war von Auge nicht wahrnehmbar, die Lufttemperatur immerhin für diese Tageszeit übernormal.

Refraktion ist größtenteils *atmosphärisch* bedingt: bei gleichmäßig zu- und abnehmender Besonnung wirkt sie im gleichen Vorzeichen und stetigen kleinern Beträgen, während sie vor Föhneintritt, vor einem Gewitter, beim Durchbrechen von Sonne durch Nebel sprunghaft bedeutende Ableseänderungen verursacht.

Lokalbedingt tritt sie auf bei Wechsel von Sonne und Schatten, längs Wasserläufen, Bahngeleisen, über Asphaltflächen, wenn die Visur einen Durchgang oder ein geöffnetes Lokal passiert, einen arbeitenden Motor streift. Sie macht sich bemerkbar bei Bodenausdünstungen, Nebelwallungen, Auf- und Niedergang der Sonne, in starken Steigungen.

Refraktion kann ein grobes Auf- und Abschwanken, ein Vibrieren sein bis zum sanften Wegschwimmen, das noch brauchbare Werte liefert, sie kann nach 9 absolut ruhigen Stationen die 10te, letzte, perfid wertlos machen und damit die ganze Strecke.

Im günstigen Falle stellt sie sich als *parallele Wechselebene* ein, sie kann aber ebensogut einer Kalotte folgen oder den Rückblick plus, den Vorblick minus verändern. In vielen Fällen würde nicht einmal die gleichzeitige photographische Festhaltung von Rück- und Vorblick den richtigen Höhenunterschied ermöglichen und der Zweifel ist erlaubt, ob von allen repetierten Ablesungen eine einzige der absoluten Horizontalen angehört oder ob zwei zusammen den richtigen Höhenunterschied ergeben.

In den Refraktions-Intervallen ist raschestes Arbeiten erste Bedingung und Selbstnotierung eine Unmöglichkeit im Präzisionsnivellieren. *Die Ablesungen sind eine visuelle und instrumentelle Funktion des kleinstmöglichen Zeitintervalles zwischen zwei zusammengehörenden Werten.*

Refraktionsablesungen sind in ihrer letzten Einheit nur Wahrscheinlichkeitswerte, eine strikte Mittelung als definitiver Rück- bzw. Vorblick ist problematisch. Wegleitend sind einzig die beruhigenden Schlußergebnisse einer Schleife, eines innern Polygons, einer ganzen Arbeit. Die Einhaltung einer wirtschaftlichen Genauigkeitsgrenze ist eben auch für Präzisionsarbeiten auf dem Felde eine Voraussetzung.

Von 402 Zügen (bis 10 Strecken) wiesen 83 % eine Diff. bis 0,5 mm auf
Von 64 Zügen (bis 10 Strecken) wiesen 13 % eine Diff. bis 1,0 mm auf
Von 21 Zügen und 13,21 wiesen 4 % eine Diff. bis 2,9 mm auf zwischen Niv.1/2, bei fast mathematischer Gleichzahl der ±-Vorzeichen.

Die heute mögliche Refraktions*abwehr* besteht für Nivellements, wo der Zentimeter-Abschluß nicht genügt, in der Verwendung zweier Latten mit guter Teilung, eindeutigen Lattendrehpunkten und einem modernen Nivelliertyp Wild II oder III.

Für Präzisionsansprüche kann alles hier Besprochene an Hand der neuesten Instrumentenkataloge überprüft und entschieden werden, ob es sich um ein vereinfachtes Präzisionswerk oder um ein hochwertiges Orts- bzw. Regionalnetz handeln muß. Da die heutigen Instrumente wieder wesentliche Neuerungen aufweisen, dürfte auch bei der Projektierung von künftigen Ortsnetzen Arbeit und Instrumentleistung in gute Übereinstimmung gebracht werden.

Deshalb liegt es dem Bearbeiter des behandelten Stadtnivellements sehr daran, die nivellitisch interessierten Fachkreise auf das Studium der Refraktion in der Horizontalen hinzuweisen, die nicht länger zu den in Kauf zu nehmenden Nivellementsübeln gezählt werden darf. Sie ist wohl eine Fehlergattung ewig pulsierender Unruhe; mit unsern Wildschen Instrumenten und durchdachten Methoden kann und muß ihr Einfluß herabgemindert und das Nivellieren allgemein gehoben werden.

Meilen, 20. Januar 1948. *E. Fischli*,
ehem. Verm.-Assistent.

Nachschrift des Redaktors

Ich füge der vorstehenden Abhandlung von Herrn Fischli einige Worte bei. Obwohl ich grundsätzlich der Ansicht bin, daß Landesnivellements mit allzukleinem zufälligem, mittleren Fehler unrationell sind, weil der unvermeidliche systematische Fehler bei langen Nivellementslinien fast allein für den endgültigen mittleren Fehler verantwortlich ist. Ich wende mich aus diesem Grunde gegen zu kurze Zielweiten.

Bei einem Stadtnivellement liegen die Verhältnisse aber anders, da bei der Kürze der Linien der zufällige Fehler ausschlaggebend für die zu erreichende Genauigkeit ist. Aus diesem Grunde habe ich den Artikel aufgenommen, trotz ständigem Platzmangel in der Zeitschrift und sprachlichen Unebenheiten, die z. T., wie der Telegrammstil, auf das Verlangen nach möglichster Kürzung zurückzuführen sind. Ich empfehle daher die Ausführungen von Herrn Fischli der Aufmerksamkeit der Fachkollegen.

F. Baeschlin.

Schweiz. Gesellschaft für Photogrammetrie

Dissertation Prof. Dr. Hallert

In den Diskussionen über fehlertheoretische Fragen der gegenseitigen und absoluten Orientierung ist schon mehrmals auf die analytische Behandlung dieses Problems durch Prof. Dr. Hallert hingewiesen worden.