

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: 55 (1957)

Heft: 7

Artikel: Untersuchungen mit dem Ni. 2 Zeiss-Opton bei Deformationsmessungen an Staumauern

Autor: Matthias, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-213581>

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: 25.01.2026

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

Untersuchungen mit dem Ni. 2 Zeiß-Opton bei Deformationsmessungen an Staumauern

Von dipl. Ing. H. Matthias

1. Einleitung

In den Fachzeitschriften wurde in den letzten vier Jahren – insbesondere in Deutschland – oft über Untersuchungen und praktische Arbeiten mit dem Ni. 2-Zeiß-Opton berichtet. Die Resultate können wie folgt zusammengefaßt werden:

Instrumentenuntersuchungen

Die Einspielgenauigkeit des Kompensators beträgt etwa ± 0.45 cc.

Die Justierung kann sich bei Transportbeanspruchungen bis zu 20 cc ändern. Diese Veränderungen werden im Lauf der Zeit kleiner. Ein häufiger und nicht allzu sorgfältiger Gebrauch des Instrumentes bewirkt eine Abnahme der Empfindlichkeit des Instrumentes.

Der Arbeitsbereich des Kompensators beträgt ± 30 c. Die Justierung des Instrumentes ist aber von der Stehachsenschiefe abhängig. Für eine Schiefe von ± 14 c beträgt die Veränderung der Justierung etwa ± 5 cc. Dieser günstige Wert kann für einzelne Instrumente größer sein. Einer Schiefe von ± 14 c entsprechen gegenüberliegende Stellungen des Blasenrandes an der Kreismarke der Dosenlibelle.

Allgemeine und einseitige Erwärmung haben auf die Justierung denselben Einfluß von etwa 15 cc / 15° C. Die Veränderung läuft gleichmäßig mit der Temperaturänderung und ist ganz wesentlich geringer als bei Libellennivellieren.

Praktische Arbeiten

Die erreichbaren m. F. für 1 km Doppelnivellement sind
bei 1-cm-Latte und Zielweiten von etwa 50 m etwa $\pm 1,8$ mm
bei $\frac{1}{2}$ -cm-Latte und Zielweiten von etwa 35 m etwa $\pm 1,2$ mm
bei $\frac{1}{2}$ -cm-Invarmire, Planplatte und Zielweiten von etwa 30 m
etwa $\pm 0,4$ mm.

Das Verhältnis des Zeitbedarfs bei der Arbeit mit dem Ni. 2 und einem normalen Libellennivellier stellt sich

bei Arbeiten auf dem Bauplatz und bei Profilnivellementen mit einer Latte zu etwa 1 : 1.6,

bei Festpunktnivellementen mit 2 Latten mit oder ohne Planplatte zu etwa 1 : 1.6.

Bei Festpunktnivellementen mit nur einer Latte entscheiden das Können und die zweckmäßige Arbeitsweise des Beobachters.

Für den Praktiker ist das Arbeitstempo, die fast völlige Unabhängigkeit von der Witterung und insbesondere die Tatsache entscheidend, daß die Arbeit mit dem Ni. 2 wesentlich müheloser von der Hand läuft.

Zu den Deformationsmessungen nach geodätischen Methoden an der Staumauer Sambuco der Maggia-Kraftwerke, die unter der wissenschaftlichen Leitung von Herrn Prof. Dr. F. Kobold von der ETH in Zürich stehen, gehören umfangreiche Nivellemente. Diese sollen Aufschluß über Bau- und Baugrundsenkungen sowie Ufersenkungen infolge des Gewichtes von Mauer und Wasserkörper geben. Bei diesen Untersuchungen darf der mittlere Fehler für 1 km Doppelnivellement den Betrag von $\pm 0,5$ mm nicht übersteigen.

Der Einsatz des Ni. 2 mit Planplatte war von Anfang an vorgesehen; doch sollte das Instrument in Kenntnis der eingangs erwähnten Eigenschaften bei den auf den großen Baustellen vorhandenen Verhältnissen vorerst geprüft werden. Diese Verhältnisse sind für Feinnivellemente alles andere als ideal. Infolge großer Geländeneigungen, Kurven, Richtungsänderungen im Stollen, Treppen und dergleichen kommen Zielweiten zwischen 4 m und 40 m vor. Wegen der Unaufschiebbarkeit der Arbeiten und der Höhenlage der Baustelle muß bei jeder Witterung und zu allen Tageszeiten gemessen werden. Temperaturdifferenzen am Instrument bis zu etwa 30° C kommen in derselben Festpunktstrecke am gleichen Tag vor¹. In der Nähe von Bauinstallationen ist der Vibration des Untergrundes nicht auszuweichen.

Deshalb wurde folgende Meßanordnung vorgesehen:

Messung sämtlicher Vor- und Rückblicke mit einem Wild N III und einem Ni. 2 gleichzeitig auf dieselben Latten bei allen Festpunktstrecken im Hin- und Rückgang.

Arbeit nach der üblichen Methode für Feinnivellemente mit Planplatte, zwei $\frac{1}{2}$ -cm-Invarmiren mit Doppelteilung, Bodenplatten mit gehärteten Spitzen, Beobachtung in der Reihenfolge R-V-V-R aus der Mitte, je ein Beobachter für das N III und für das Ni. 2.

2. Beobachtungsverhältnisse, Instrumentarium und Resultate

Die Beobachtungen wurden im Frühjahr und Herbst 1955 an der Staumauer Sambuco durchgeführt. Die Nivellementswege führten längs einem beschotterten Fahrweg von 0 bis 15 % Neigung, durch einen Verbindungsstollen mit betonierter Sohle, über die Mauerkrone, längs einem unbefestigten Fußweg von 0 bis 20 % Neigung und durch einen Grundablaßstollen, dessen Sohle mit Schutt und Bauholz überdeckt war. Zur Verwendung kamen je ein Nivellierinstrument Wild N III und ein Zeiß-Opton Ni. 2 mit Planplatte, zwei $\frac{1}{2}$ -cm-Kern-Invarmiren² von 3 m und 1,9 m Länge, eine $\frac{1}{2}$ -cm-Kern-Invaranschlußmire mit Doppelteilung von

¹ 0° C im vereisten Stollen und 30° C im Freien an der Märzsonne.

² mit Doppelteilung.

1 m Länge und 2 Bodenplatten. Die übrigen Angaben ergeben sich aus den obigen Bemerkungen. Die Anzahl der für die Untersuchung zur Verfügung stehenden Messungen umfaßt 23 Festpunktstrecken im Hin- und Rückgang mit 173 gleichzeitig beobachteten Instrumentenstandorten. Die Resultate sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt.

Tabelle 1

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
|----------------------|-------------------|---------------|--|----------------|------------------------|-----------------------------|--------------|-----------------|
| Fixpunkt- strecke | N III h_w mm | 0 h_0 mm | $\delta =$ $(h_w - h_0)$ $\frac{1}{10}$ mm | z m | $\frac{1}{p\delta(z)}$ | $\frac{1}{P\Delta(\delta)}$ | $p\delta(z)$ | $p\delta\delta$ |
| 735–736 | — 2440.30 | — 2440.26 | + 0.4 | 9 | 0.5 | | 2.0 | 0.3 |
| | — 2325.20 | — 2325.06 | + 1.4 | 10 | 0.5 | | 2.0 | 3.9 |
| | — 2368.76 | — 2368.68 | + 0.8 | 10 | 0.5 | | 2.0 | 1.3 |
| | — 2677.00 | — 2676.83 | + 1.7 | 10 | 0.5 | | 2.0 | 5.1 |
| | — 2521.97 | — 2521.80 | + 1.7 | 14 | 0.7 | | 1.4 | 3.6 |
| | | | | $\frac{1}{pL}$ | 1.0 | 3.7 | | |
| 709–710 | — 94.91 | — 94.69 | + 2.2 | 20 | 1.0 | | 1.0 | 4.8 |
| | + 360.98 | + 360.97 | + 0.1 | 20 | 1.0 | | 1.0 | 0 |
| | + 243.71 | + 243.60 | + 1.1 | 20 | 1.0 | | 1.0 | 1.2 |
| | + 42.46 | + 42.93 | — 4.7 | 47 | 3.2 | | 0.31 | 6.8 |
| | | | | $\frac{1}{pL}$ | 1.0 | 7.2 | | |
| [] ganze Tab. | | | | | | | 234.7 | 375.7 |

Legende

Tab. 1 gibt einen Auszug der Resultate der einzelnen Instrumentenstandorte:

Kol. (1) Benennung der Festpunktstrecke

Kol. (2) Höhendifferenz h_w , gemessen mit N III (Mittel aus den Zielungen R–V–V–R mit je 2maliger Einstellung)

Kol. (3) Höhendifferenz h_0 , gemessen mit Ni. 2

Kol. (4) Differenzen $= |h_w| - |h_0|$

Kol. (5) Zielweiten

Tabelle 2

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
|------------------------------------|--------------|-----------------------------|---|---|---------------------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Fixpunkt- strecke | Distanz m | Anzahl Instr.-Stat. N | N III Δ_w (Hin-Rück) $\frac{1}{10}$ mm | Ni. 2 Δ_o (Hin-Rück) $\frac{1}{10}$ mm | $\frac{1}{P\Delta}$ | $P\Delta$ | $P\Delta \cdot \Delta_w \Delta_o$ | $P\Delta \Delta_o \Delta_o$ |
| 735-736 | 106 | 5 | + 1 | 0 | 3.7 | 0.27 | 0.3 | 0 |
| 709-710 | 214 | 4 | — 8 | 0 | 7.2 | 0.14 | 9.0 | 0 |
| 710-711 | 214 | 4 | — 2 | + 2 | 6.5 | 0.15 | 0.6 | 0.6 |
| 711-712 | 214 | 6 | + 2 | + 1 | 6.2 | 0.16 | 0.6 | 0.2 |
| 712-713 | 160 | 4 | + 4 | 0 | 5.0 | 0.20 | 3.2 | 0 |
| 713-714 | 170 | 4 | + 7 | + 7 | 5.3 | 0.19 | 9.3 | 9.3 |
| 714-715 | 190 | 4 | — 1 | + 8 | 5.8 | 0.17 | 0.2 | 10.9 |
| 715-716 | 250 | 4 | — 6 | + 1 | 8.3 | 0.12 | 4.3 | 0.1 |
| 709-709 ^a | 25 | 1 | + 4 | + 7 | 1.6 | 0.63 | 10.1 | 30.9 |
| 709 ^a -709 ^b | 20 | 1 | — 6 | — 4 | 1.5 | 0.67 | 24.1 | 10.7 |
| 709 ^b -708 | 190 | 5 | — 1 | + 4 | 5.6 | 0.18 | 0.2 | 2.9 |
| 708-706 | 40 | 1 | + 2 | + 3 | 2.0 | 0.50 | 2.0 | 4.5 |
| 706-705 | 160 | 4 | 0 | — 6 | 5.7 | 0.18 | 0 | 6.5 |
| 705-705 ^a | 40 | 1 | + 2 | 0 | 2.7 | 0.37 | 1.5 | 0 |
| 747-746 | 6 | 1 | | — 5 | 1.4 | 0.71 | | 16.8 |
| 746-745 | 200 | 5 | + 1 | + 1 | 6.0 | 0.17 | 0.2 | 0.2 |
| 745-744 | 50 | 1 | + 1 | + 3 | 2.3 | 0.43 | 0.4 | 3.9 |
| 744-743 | 45 | 1 | — 3 | — 4 | 2.2 | 0.46 | 4.1 | 7.4 |
| 743-742 | 40 | 1 | — 1 | — 2 | 2.0 | 0.50 | 0.5 | 2.0 |
| 706-604 ^H | 46 | 2 | 0 | — 1 | 2.2 | 0.46 | 0 | 0.4 |
| 604 ^H -706 | 24 | 2 | | — 2 | 1.6 | 0.63 | | 2.5 |
| 604 ^H -U. P. | 12 | 1 | 0 | | 1.4 | 0.71 | 0 | |
| 633 ^H -632 ^H | 12 | 1 | 0 | — 1 | 1.4 | 0.71 | 0 | 0.7 |
| 632 ^H -U. P. | 12 | 1 | — 1 | + 2 | 1.4 | 0.71 | 0.7 | 2.8 |
| 633 ^H -Pf ₃ | 90 | 6 | — 2 | — 10 | 4.6 | 0.22 | 0.9 | 22.0 |
| U. P.-630 | 12 | 1 | | — 1 | 1.4 | 0.71 | | 0.7 |
| | | | | | | 8.30 | 72.2 | 136.0 |

Legende

Tab. 2 gibt den Überblick über die Differenzen Δ (Hin-Rück) aller Festpunktstrecken:

Kol. (1) Benennung der Festpunktstrecke

Kol. (2) Gesamtlänge

Kol. (3) Anzahl der Instrumentenaufstellungen

Kol. (4) Δ_w für N III

Kol. (5) Δ_o für Ni. 2

Tabelle 3

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
|-------|------------------------------|---|-------|-----------------------|---|---------------------------------------|--|
| z_i | $\xi_i =$ $(z_i - \xi_s)$ | δ_i | n_i | $[\delta_i \delta_i]$ | $m\delta(z_i)$ $^{1/100 \text{ mm}}$ | $\mu_i =$ $(m\delta[z_i] - \mu_s)$ | $\frac{1}{p\delta(z)} \frac{m\delta^2(z)}{m\delta^2(z)}$ |
| 6 | -11 | -1 +14 +14 +16 | 4 | 649 | 13 | -2 | 0.4 |
| 7 | -10 | 0 +1 +2 -2 -4 -4 +5 +10 | 8 | 166 | 5 | -10 | 0.4 |
| 8 | -9 | -2 +4 +5 -6 -6 -8 -12 +19 | 8 | 686 | 9 | -6 | 0.4 |
| 9 | -8 | 0 +2 +2 +4 +5 -12 +22 | 7 | 677 | 10 | -5 | 0.5 |
| 10 | -7 | +4 -5 -5 +5 -6 +8 -9 -12 +12 +14 +15 +17 -18 -41 | 14 | 3275 | 15 | 0 | 0.5 |
| 11 | -6 | -4 -9 | 2 | 97 | 7 | -8 | 0.5 |
| 12 | -5 | -5 +5 -6 +6 -8 +8 -8 +12 +19 -21 +22 | 11 | 1744 | 13 | -2 | 0.6 |
| 13 | -4 | 0 +8 -10 -15 +17 -20 -27 | 7 | 1807 | 16 | +1 | 0.6 |
| 14 | -3 | -1 +2 +17 | 3 | 294 | 10 | -5 | 0.7 |
| 15 | -2 | -4 -8 +8 -26 | 4 | 820 | 14 | -1 | 0.7 |
| 16 | -1 | +1 +4 +5 -8 +9 -15 +16 | 7 | 668 | 10 | -5 | 0.8 |
| 17 | 0 | -1 +4 -10 -11 +16 -21 +22 | 7 | 1419 | 14 | -1 | 0.8 |
| 18 | +1 | -1 +19 | 2 | 362 | 13 | -2 | 0.9 |
| 19 | +2 | +1 +1 +5 -5 -14 -16 -45 | 7 | 2529 | 19 | +4 | 0.9 |
| 20 | +3 | 0 0 -1 -1 +1 -2 +4 +4 -5 -5 +5 -5 +6 +6 +8 +9 -9 +10 -10 +11 -11 -11 -14 +14 +14 -15 +16 -16 -18 -19 -20 -21 -22 +22 -25 -25 +25 +26 +32 +45 | 40 | 10419 | 16 | +1 | 1.0 |
| 21 | +4 | -6 -11 -15 | 3 | 382 | 11 | -4 | 1.0 |
| 22 | +5 | +1 -2 -4 +12 +16 +20 -21 | 7 | 1262 | 13 | -2 | 1.1 |
| 23 | +6 | -11 -16 +21 | 3 | 818 | 17 | +2 | 1.2 |
| 24 | +7 | -2 | 1 | 4 | 2 | -13 | 1.2 |
| 25 | +8 | +5 +6 -8 +15 -25 +41 -50 | 7 | 5156 | 27 | +12 | 1.3 |
| 26 | +9 | +11 -16 +19 -21 -26 +51 | 6 | 4456 | 27 | +12 | 1.4 |
| 27 | +10 | -1 +6 -16 -25 | 4 | 918 | 15 | 0 | 1.4 |
| 28 | +11 | -9 | 1 | 81 | 9 | -6 | 1.5 |
| 30 | +13 | -1 +4 -6 -21 | 4 | 494 | 11 | -4 | 1.7 |
| 32 | +15 | -2 -9 | 2 | 85 | 6 | -9 | 1.8 |
| 42 | +25 | +32 | 1 | 1024 | 32 | +17 | 2.7 |
| 46 | +29 | +8 -42 | 2 | 1828 | 30 | +15 | 3.1 |
| 47 | +30 | -47 | 1 | 2209 | 47 | +32 | 3.2 |

$$\xi_s = \frac{[n_i \cdot z_i]}{[n_i]} = 17.4 \quad \mu_s = \frac{[n_i \cdot m\delta(z)]}{[n_i]} = 15.0 \quad \beta = \frac{[n \cdot \xi_i \cdot \mu_i]}{[n_i \xi_i \xi_i]} = 0.48$$

3. Auswertung

Um die Erläuterungen zu der Auswertung kurz und übersichtlich zu gestalten, sind im folgenden alle Bezeichnungen zusammengestellt.

| | |
|---|---|
| w | Index für Niv.-Instr. Wild N III |
| o | Index für Niv.-Instr. Zeiß-Opton Ni. 2 |
| z | Zielweite |
| $h = (R-V)$ | Mittel aus den Beobachtungen R-V-V-R mit je 2 Einstellungen |
| $\delta = h_w - h_o $ | |
| $\Delta = [h]_{\text{Hin}} - [h]_{\text{Rück}}$ | für 1 Instrument |
| $m_h(z)$ | mittlerer Fehler an h in Funktion der Zielweite |
| $m_\delta(z)$ | mittlerer Fehler an δ in Funktion der Zielweite |
| $p_\delta(z)$ | Gewicht von δ in Funktion der Zielweite |
| p_L | Gewicht an der Differenz von 2 unabhängigen Mirenaufstellungen auf den Nivellementsfixpunkten |
| $p\Delta(\delta)$ | Gewicht für Δ einer Festpunktstrecke, gerechnet aus den $p_\delta(z)$ |
| m.f. $p_{\Delta=1}$ | mittlerer Fehler für eine Festpunktstrecke mit $p\Delta = 1$ |
| M.F. $(z=20)$ | mittlerer Fehler für 1 km Doppelnivellement bei gleichmäßigen Zielweiten von 20 m |

Der Fehlerbetrachtung stehen die Differenzen δ und Δ zur Verfügung.

Die δ sind von äußeren Einflüssen frei; sie stellen Differenzen dar, die einerseits durch Beobachtungsfehler und andererseits durch systematische Instrumentenfehler mit zufälligem Einfluß auf das ganze Beobachtungsmaterial zu erklären sind. In Fig. 1 ist für alle Zielweiten zusammengefaßt die relative Häufigkeit der Differenzen aus Tabelle 3 in Klassen geordnet dargestellt. Diese Figur und die Untersuchung sämtlicher δ der vollständigen Tabelle 1 getrennt für positive und für negative Höhendifferenzen h nach Anzahl der Vorzeichen, Vorzeichenfolge und Vorzeichenwechsel und nach dem Abbeschen Kriterium ergeben den

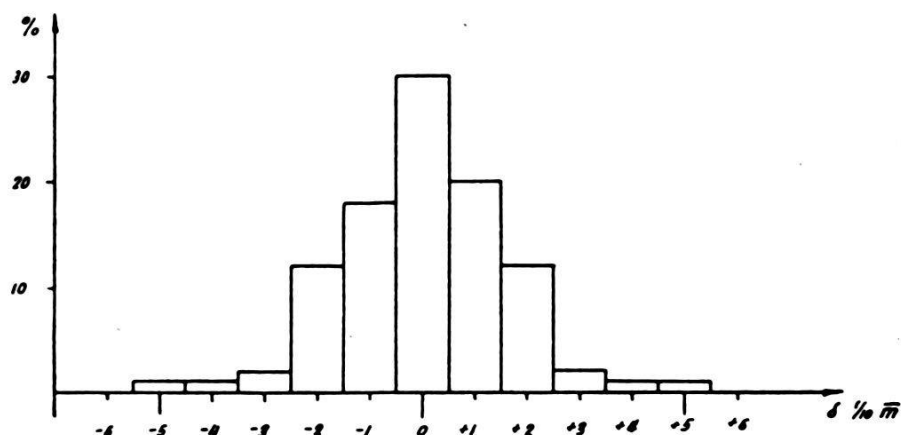


Fig. 1

erwarteten zufälligen Charakter. Fig. 1 dient nur dem Zweck, das Vorhandensein einer Normalverteilung festzustellen; es dürfen aus ihr keine Fehlermaße ermittelt werden, da die δ den verschiedenen Zielweiten entsprechend nicht gleichgewichtig sind.

Die Δ sind Differenzen für Hin- minus Rücknivellement mit demselben Instrument. Sie enthalten auch instrumentenfremde Einflüsse, wie Teilungsfehler, Lattenaufstellungsfehler, Einsinken, Refraktion usw.; diese sind aber für beide Instrumente dieselben.

Das Ziel der Auswertung ist es, den von äußeren Einflüssen freien, nur instrumentell und durch Beobachtungsfehler bedingten Wert $M.F.$ ($z = 20$) für beide Instrumente zu ermitteln. Entsprechend den obigen Bemerkungen dienen hiezu die Differenzen δ .

Die Differenzen δ ergeben sich aber aus Beiträgen beider Instrumente zusammen. Um diese Anteile im richtigen Verhältnis zu trennen, werden die Differenzen Δ für jedes Instrument beigezogen. Um den Δ infolge der stark verschiedenen Zielweiten die korrekten Gewichte $p\Delta$ (δ) entsprechend den vorkommenden Zielweiten zuteilen zu können, werden vorgängig aus den δ die Gewichte $p\delta(z)$ bestimmt.

a) In Tabelle 3 sind für alle Zielweiten getrennt die aus den Messungen ermittelten Werte

$$I. \quad m\delta(z_i) = \pm \sqrt{\frac{[\delta_i \delta_i]}{n_i}}$$

berechnet und in Fig. 2 aufgetragen. Für die Funktion $m\delta(z)$ wird ein linearer Ansatz

$$II. \quad m\delta(z) = a + \beta \cdot z$$

gewählt. Der Grund dafür ist folgender: Es ist

$$III. \quad m^2\delta(z) = m^2_{hw}(z) + m^2_{ho}(z)$$

m_{hw} und m_{ho} sind in guter Näherung lineare Funktionen der Zielweite

$$IV. \quad \begin{aligned} m_{hw}(z) &= a_w + \beta_w \cdot z \\ m_{ho}(z) &= a_o + \beta_o \cdot z \end{aligned}$$

Sie wären bei Kenntnis des mittleren Zielfehlers, des mittleren Libellen- beziehungsweise Kompensatoreinspielfehlers und des mittleren Trommelablesefehlers für jedes Instrument bestimmbar. Der Ansatz II ist somit berechtigt, wenn einerseits a_w und a_o und andererseits β_w und β_o nicht stark verschieden sind. Diese Voraussetzung ist für N III und Ni. 2 erfüllt.

Die Koeffizienten a und β des Ansatzes II sind die Konstanten der ausgleichenden Geraden in Fig. 2. Diese sind in Tabelle 3 für die Wertepaare $(z_i, m\delta[z_i])$, denen die Gewichte n_i zukommen, berechnet. Die Gerade geht durch den gewogenen Schwerpunkt aller Paare

$$\xi_s = \frac{[n_i \cdot z_i]}{[n_i]} = 17.4 \text{ m} \quad \text{und} \quad \mu_s = \frac{[n_i \cdot m\delta(z_i)]}{[n_i]} = 15.0 \text{ (}^{1/100} \bar{\text{m}}\text{)}$$

und hat den Richtungskoeffizienten

$$\beta = \frac{[n_i \cdot \xi_i \cdot \mu_i]}{[n_i - \xi_i \cdot \xi_i]} = 0.48$$

Damit sind die Werte $m\delta(z)$ gegeben. Mit der Wahl $p\delta_{(z=20)}$ gibt Tabelle 3, Kol. 8, die so festgelegten reziproken Werte der Gewichte $p\delta(z)$. Die Funktion $p\delta(z)$ ist in Fig. 2 dargestellt.

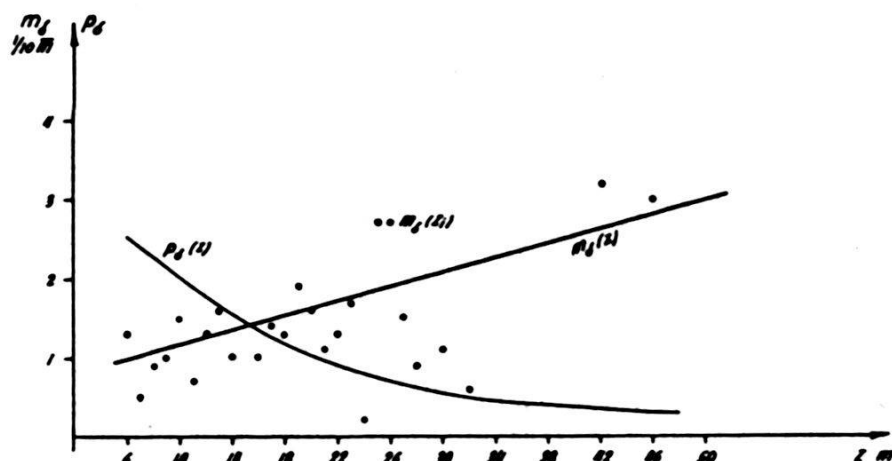


Fig. 2

b) Nun werden die Gewichte $p\Delta$ der Festpunktstrecken bestimmt. Der Ansatz mit den später zu bestimmenden Konstanten ω und Ω

$$\text{V.} \quad \begin{array}{l|l} m_{hw}(z) = \omega \cdot m\delta(z) & w_o \text{ entsprechend III} \\ m_{ho}(z) = \Omega \cdot m\delta(z) & \omega^2 + \Omega^2 = 1 \end{array}$$

macht die sicherlich nicht ganz zutreffende Einschränkung, daß

$$\frac{\alpha_w}{\alpha_o} = \frac{\beta_w}{\beta_o}.$$

Damit kann geschrieben werden

$$\text{VI.} \quad \begin{array}{l} \frac{1}{p\Delta_w} = \left[\frac{1}{ph_w(z)} \right] = \omega^2 \left[\frac{1}{p\delta(z)} \right] = \omega^2 \cdot \frac{1}{p\Delta(\delta)} \\ \frac{1}{p\Delta_o} = \left[\frac{1}{ph_o(z)} \right] = \Omega^2 \left[\frac{1}{p\delta(z)} \right] = \Omega^2 \cdot \frac{1}{p\Delta(\delta)} \end{array}$$

In Tabelle 1, Kol. 6 und 7, sind die $p\Delta(\delta)$ gerechnet. Zu den Beiträgen $\frac{1}{p\delta(z)}$ ist für jede Festpunktstrecke noch der Wert $\frac{1}{p_L}$ hinzugenommen.

Beim Aufstellen der Miren auf die Nivellementsfixpunkte unterlaufen unvermeidliche Aufstellungsfehler. Die Differenzen an 2 unabhängigen Aufstellungen haben zufälligen Charakter; sie wurden für den vorliegenden Fall untersucht, und es wurde gefunden, daß p_L das Gewicht zweier unabhängiger Lattenaufstellungen von der Größenordnung $m\delta$ ($z = 20$) ist. Pro Festpunktstrecke wird also entsprechend den 2 Lattenaufstellungen auf den Endpunkten der Betrag $\frac{1}{p_L} = 1.0$ einmal berücksichtigt.

Mit den Werten $p\delta(\delta)$ kann nun aus den Δ_w einerseits und den Δ_o andererseits der mittlere Fehler der Gewichtseinheit $m.f_{p\Delta=1}$ 2mal gerechnet werden. Es ergibt sich mit den Werten der Tabelle 2, Kol. 8 und 9,

VII.

$$m.f_{p\Delta(\delta)=1} = \sqrt{\frac{[p\Delta(\delta) \Delta_w \Delta_w]}{\omega^2 \cdot n}} = \sqrt{\frac{72.2}{\omega^2 \cdot n}}$$

$$m.f_{p\Delta(\delta)=1} = \sqrt{\frac{[p\Delta(\delta) \Delta_o \Delta_o]}{\Omega^2 \cdot n}} = \sqrt{\frac{136.0}{\Omega^2 \cdot n}}$$

und damit das Verhältnis

VIII.

$$\frac{\omega}{\Omega} = \sqrt{\frac{72.2}{136.0}} = 0.73$$

Mit V und VIII liefert das Gleichungssystem

$$\omega^2 + \Omega^2 = 1.0$$

$$\frac{\omega}{\Omega} = 0.73 \quad \omega = \pm 0.6 \text{ und } \Omega = \pm 0.8.$$

c) Damit ist es möglich, die gewünschten Fehlermaße aus den Differenzen δ zu berechnen. Es ist gemäß V und Tabelle 1, Kol. 9,

$$m_{hw}(20) = \omega \cdot m\delta(20) = \omega \sqrt{\frac{[p\delta(z) \delta\delta]}{n}} = 0.6 \cdot \sqrt{\frac{375.7}{173}} = \pm 0.9 (1/10 \bar{m})$$

$$m_{ho}(20) = \Omega \cdot m\delta(20) = \Omega \sqrt{\frac{[p\delta(z) \delta\delta]}{n}} = 0.8 \cdot \sqrt{\frac{375.7}{173}} = \pm 1.2 (1/10 \bar{m})$$

Für den mittleren Fehler an 1 km Doppelnivellement bei gleichmäßigen Zielweiten von 20 m ergeben sich damit

IX.

$$M.F_{(z=20)W} = \sqrt{\frac{1000}{2 \cdot 20}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} m_{hw}(20) = \pm 3.2 (1/10 \bar{m})$$

$$M.F_{(z=20)O} = \sqrt{\frac{1000}{2 \cdot 20}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} m_{ho}(20) = \pm 4.2 (1/10 \bar{m})$$

Das Resultat der Untersuchung kann wie folgt zusammengefaßt werden:

Beide Instrumente geben praktisch dieselben Meereshöhen für alle mit ihnen nivellierten Punkte. Irgendeine systematische Verfälschung der Höhendifferenzen ist nicht zu erkennen.

Die zufälligen Fehler, bestehend aus eigentlich zufälligen Beobachtungsfehlern und aus systematischen Instrumentenfehlern mit zufälligem Einfluß auf das ganze Beobachtungsmaterial, bewirken mittlere Fehler an einem Kilometer-Doppelnivellement von ± 0.3 mm für das Wild-Präzisionsnivellierinstrument und von ± 0.4 mm für das Zeiß-Opton-Nivellierinstrument mit Planplatte. Da der mittlere Fehler am Verhältnis 0.7 zwischen den mittleren Fehlern für das Wild- und für das Zeiß-Gerät etwa ± 0.15 beträgt, braucht der Unterschied in der Genauigkeit zwischen den beiden Instrumenten nicht reell zu sein.

Der Einsatz des Ni. 2 für die in der Einleitung beschriebenen Arbeiten ist mit Rücksicht auf die Genauigkeit gerechtfertigt. Daß bei einem Instrument mit automatischer Horizontierung die Arbeit wesentlich rascher vor sich geht als bei einem Instrument mit Libelle, wirkt sich bei Deformationsmessungen besonders günstig aus. Änderungen am Justierzustand, wie sie gelegentlich beobachtet wurden und die sich gerade bei Verformungsmessungen besonders ungünstig auswirken würden, wurden nicht festgestellt.

Untersuchungen der vorliegenden Art können selbstverständlich Laboratoriumsprüfungen nicht ersetzen; ihre Resultate sind aber vor allem für den Praktiker wertvoll.

Azimet- und Breitenbestimmungen mit dem astronomischen Theodoliten DKM3-A der Firma Kern, Aarau zur Kontrolle von Lotabweichungen aus gegenseitigen Zenitdistanzen in einem Kleintriangulationsnetz

Von Niklaus Wyss, dipl. Ing.,
Forschungsassistent am Geodätischen Institut der ETH

1. Aufgabe

Zur Bestimmung von Deformationen an der Staumauer Sambuco der Kraftwerke Maggia AG wurden talwärts der Mauer 6 Beobachtungspfeiler auf gutem, anstehendem Fels errichtet (Bild 1). Die gegenseitige Lage und Höhe dieser Pfeiler wurden durch Horizontal- und Vertikalkinelmessungen ermittelt. Alle während der 3 Beobachtungsjahre gemessenen Winkel stimmen gut zusammen. Besonders überrascht die innere Genauigkeit der Höhenwinkel. Sie läßt sich einerseits durch die kurzen Visuren, bei denen die Refraktion nur geringen Schwankungen unterliegt, anderseits durch die genaue Zentrierung und Abstimmung der