

Verschiebungsmessungen mit dem Mekometer ME3000

Autor(en): **Just, C.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **72-F (1974)**

Heft 3

PDF erstellt am: **17.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-226704>

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.

Verschiebungsmessungen mit dem Mekometer ME 3000

Chr. Just



Zusammenfassung

Im Diplommkurs 1973 der Kultur- und Vermessungsingenieure der ETH Zürich wurde ein Verschiebungnetz von ungefähr 100 auf 100 m erstmals mit *Mekometer* und Sekundentheodolit beobachtet.

Die Ausgleichung ergab eine Lagebestimmung von besser als 0,2 mm bezüglich des Netzmittelpunktes.

Die Verschiebungen seit den letzten, mit Invardraht durchgeführten, Messungen ließen sich einwandfrei feststellen.

Résumé

Durant le cours de diplôme 1973 de la section génie rural et mensuration de l'EPF Zurich, un réseau de déplacement d'environ 100 m sur 100 m a été observé pour la 1^{re} fois avec *Mekometer* et un théodolite à secondes.

La compensation d'erreur donne une position, déterminée à moins de 0,2 mm par rapport au centre du réseau.

Les déplacements depuis les dernières mesures, qui ont été faites avec une bande à invar, se montraient significatives.

1. Einleitung

Im Raume Peiden – im Lugnez, südlich von Ilanz – werden seit mehreren Jahrzehnten Bodenbewegungen beobachtet. Die zum linken Talhang parallel gelagerten Schichten des Bündner Schiefers, durch Tag- und Quellwasser vernäßt, verursachen größere Bewegungen in einem über mehrere Quadratkilometer ausgedehnten Rutschgebiet. Davon betroffen ist insbesondere das Dorf Peiden, wo die Rutschungen zu namhaften Schäden an Häusern und anderen künstlichen Bauwerken geführt haben. Deshalb befaßte sich das

Meliorations- und Vermessungsamt Graubünden im Jahre 1955 mit einer Umsiedlung der Bevölkerung von Peiden.

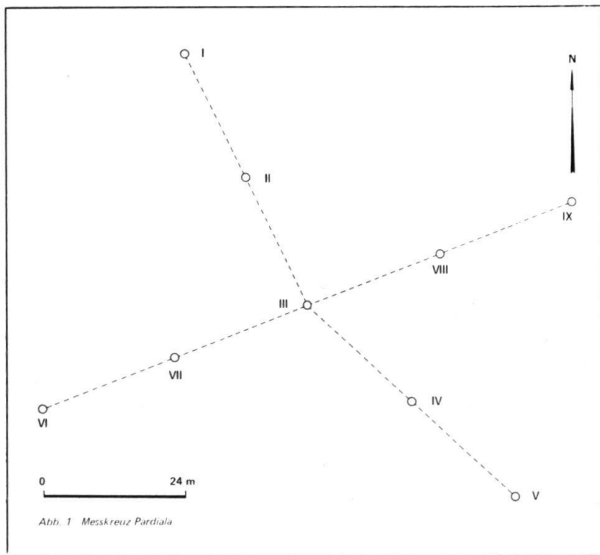
Den Diplomanden der Abteilung für Kulturtechnik und Vermessung der ETH Zürich wurde damals die Aufgabe gestellt, die Verschiebungsbeträge an zahlreichen Punkten des Gebietes zu ermitteln, um für die zu treffenden Maßnahmen sichere Unterlagen zu gewinnen.

Auf einer Terrasse oberhalb von Peiden – Pardiala genannt –, wo man damals an den Aufbau einer neuen Siedlung dachte, wollte man feststellen, ob sich lokale Rutschstauungen oder -zerrungen zeigten. Zu diesem Zwecke legte man das sogenannte «Meßkreuz Pardiala» an. Abbildung 1 zeigt die Anordnung der neun Beobachtungspunkte. Diese waren in Abständen von je 24 m bodeneben einbetoniert worden. Jeder dieser Sockel ist mit einem Spezialbolzen und abschraubbarem Deckel versehen (Abb. 1 a).

Diese aufwendige Versicherung des Meßkreuzes wurde gewählt, um zwischen den Punkten Präzisionsdistanzmessungen mit Invardrähten zu ermöglichen.

Während der Jahre 1955 bis 1960 wurden die relativen Lage- und Höhenänderungen der Bolzen vom Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich systematisch überprüft. Dabei wurden die Höhendifferenzen mit Präzisionsnivellement, die Distanzen zwischen den Sockeln mit Invardrähten gemessen. Die Meßanordnung mit den Invardrähten gestattete jedoch nur, Lageverschiebungen in Richtung der Achsen des Meßkreuzes festzustellen.

Im Diplommkurs 1973 der Abteilung VIII (Kultur- und Vermessungsingenieure), unter der Leitung von Prof. R. Con-



zett, wurde versuchsweise das neue Präzisionsdistanzmeßgerät Mekometer ME 3000 eingesetzt; die oben beschriebene Punktanordnung wurde zudem in einem Koordinatensystem festgelegt.

2. Lagebestimmung

Das beobachtete Netz in Pardiala bestand aus den neun Punkten des Meßkreuzes sowie drei benachbarten Triangulationspunkten IV. Ordnung, welche die Orientierung des Netzes im schweizerischen Projektionssystem ermöglichen. Der Pfeiler III (Kreuzmitte) wurde vorgängig im Netz IV. Ordnung koordinatenmäßig bestimmt.

Als Meßstationen wählte man die vier äußeren Punkte des Kreuzes sowie dessen Mitte. Das beobachtete Netz ist in den Abbildungen 2a und 2b graphisch dargestellt. Von jeder dieser fünf Stationen aus wurden alle möglichen Richtungen und Distanzen gemessen. Dabei ist zu beachten, daß die topographischen Verhältnisse einige Visuren nicht zuließen. Die Beobachtungen erfolgten auf den schweren Stativen des Kern-Theodolites DKM3. Die Zentrierung wurde mit dem optischen Lot des DKM2-A vorgenommen. Für diese wegen der hohen Genauigkeit aufwendige Arbeit

benutzte man eine am Institut hergestellte Zentriermarke, welche in die Bolzen der Sockel eingefügt werden konnte. Sowohl die Distanzmessungen mit dem Mekometer ME 3000 als auch die anschließenden Beobachtungen der Höhenwinkel mit dem DKM2-A verliefen rasch und reibungslos. Für die Richtungsmessungen, ebenfalls mit dem DKM2-A durchgeführt, benötigte man einen zusätzlichen Tag, so daß die Beobachtungen im Netz Pardiala innert zweier Tage abgeschlossen werden konnten. Insgesamt wurden gemessen:

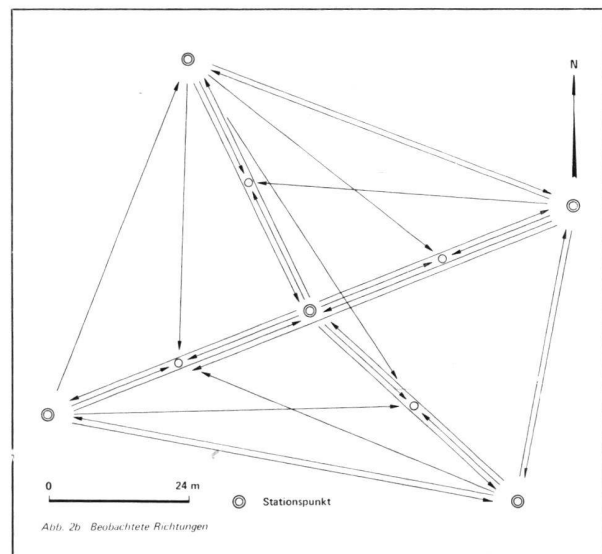
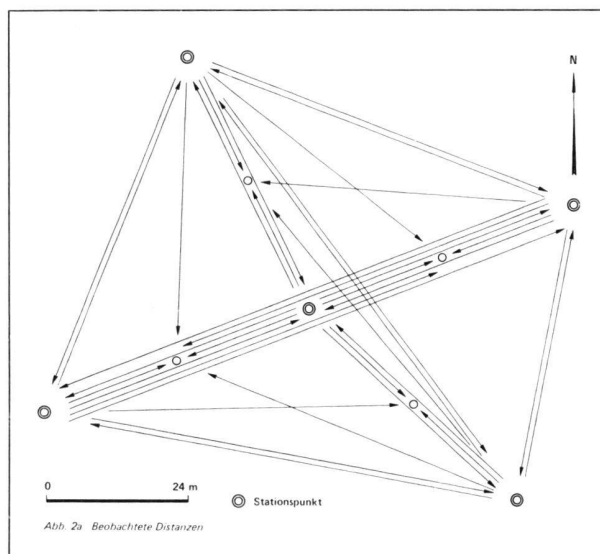
- 37 Distanzen, wovon 10 Strecken doppelt,
- 32 innere Richtungen,
- 3 äußere Richtungen für die Orientierung des Netzes.

Die äußeren Visuren wurden nicht in die Ausgleichung einbezogen.

3. Ausgleichung des Netzes¹

Die Ausgleichung des gesamten Netzes Pardiala nach der vermittelnden Methode erfolgte im schweizerischen Projektionssystem.

¹ Die im folgenden aufgeführten Daten sind der Diplomarbeit von dipl. Ing. W. Gurtner entnommen.



tionssystem, nachdem die schiefen Distanzen mit den gemessenen Höhenwinkeln reduziert worden waren.

Mit seinen neun Punkten enthält die Konfiguration, die als freies Netz mit einem Festpunkt (Kreuzmitte) und einer vorgegebenen Orientierung ausgeglichen wurde, insgesamt 20 Bestimmungsstücke. Als Unbekannte wurden die 8 Koordinatenpaare sowie 4 Orientierungen eingeführt. Als zusätzliche Unbekannte war die Additionskonstante des Mekometers zu bestimmen.

Dies ergab bei total 69 Messungen und 21 Unbekannten 48 überschüssige Beobachtungen. Die innere Genauigkeit der Richtungen, ausgedrückt durch den mittleren Fehler an einer Richtung aus der Stationsausgleichung (pro Station je drei Sätze), lag zwischen 1^{cc} und 3^{cc} . Aus den 10 doppelt gemessenen Distanzen ließ sich vorerst der mittlere Fehler an einer Distanz mit $0,33 \text{ mm}$ bestimmen.

Anhand dieser Angaben legte man die mittleren Fehler a priori für die Gewichtsbestimmung folgendermaßen fest:

$$\sigma_D = 0,3 \text{ mm}$$

$$\sigma_r = 3^{\text{cc}}$$

Der mittlere Fehler an einer reduzierten Distanz wurde demjenigen der gemessenen schiefen Distanz gleichgesetzt, da der Einfluß des mittleren Fehlers am Höhenwinkel bei der gewählten Meßanordnung vernachlässigbar klein war.

4. Resultate

4.1 Mittlerer Fehler a posteriori

Aus der Gesamtausgleichung ergab sich ein mittlerer Fehler an der Gewichtseinheit von $m_e = 3,68$ gegenüber dem A-priori-Wert von $\sigma_0 = 3,0$

Beim Test auf das mathematische Modell der Ausgleichung – ein Test des Quotienten $\frac{m_e^2}{\sigma_0^2}$ – mußte die Hypothese, daß m_e eine Realisierung von σ_0 sei, auf dem Signifikanzniveau 95% beim Freiheitsgrad $f = 48$ verworfen werden.

Ein gleichzeitig durchgeführter $\frac{v}{\sigma_v}$ -Test für die einzelnen Beobachtungen führte zu keinen Anhaltspunkten über allfällige grobe Fehler.

Um die Genauigkeit der Beobachtungen zu überprüfen, wurde nun einerseits das Netz nur mit Richtungen (mit der «Basis» III-II) und andererseits nur mit Distanzen (und dem Azimut III-I) ausgeglichen.

Daraus resultierten:

$$m_r = 3,1^{\text{cc}} \text{ bei einem Freiheitsgrad } f = 13$$

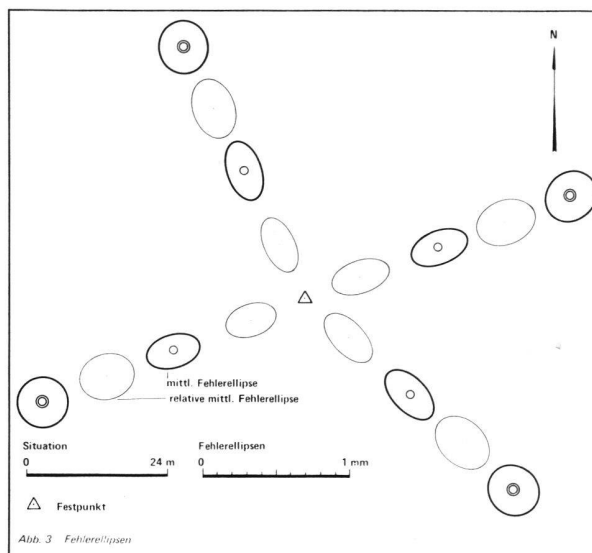
$$m_D = 0,28 \text{ mm bei einem Freiheitsgrad } f = 21$$

Beide Werte entsprechen sehr gut den A-priori-Werten.

Daß die Richtungen und die Distanzen offenbar nicht recht «zusammenpassen» wollten, ist wohl damit zu erklären, daß die Richtungen und die Distanzen an zwei verschiedenen Tagen durchgeführt worden sind und die Stative am zweiten Tag neu zentriert werden mußten.

4.2 Genauigkeiten

Die Genauigkeit der Punktkoordinaten bezüglich des festgelegten Modells (1 Festpunkt, 1 feste Orientierung) aus der Gesamtausgleichung ist in Abbildung 3 dargestellt. Daraus



ist ersichtlich, daß die Hauptachsen der mittleren Fehlerellipsen a posteriori durchwegs kleiner sind als $0,2 \text{ mm}$.

Um die Resultate mit früheren Auswertungen vergleichen zu können, wurden die Distanzen und die mittleren Fehler der Distanzen zwischen benachbarten Pfeilern berechnet. Die mittleren Fehler dieser Distanzen liegen zwischen $0,18$ und $0,21 \text{ mm}$. (Zum Vergleich die *relativen* mittleren Fehlerellipsen in Abb. 3.)

Aus 4.1 ist ersichtlich, daß der mittlere Fehler einer Distanzmessung mit dem Mekometer, bestimmt aus einem Distanznetz mit Freiheitsgrad $f = 21$, den Betrag von $m_D = 0,28 \text{ mm}$ aufwies. Die Additionskonstante $k = 14,99 \text{ mm}$ ergab sich aus der Ausgleichung mit einem mittleren Fehler von $m_k = 0,17 \text{ mm}$.

Aus den Meßprotokollen von 1960 ließ sich der mittlere Fehler einer Invardrahtmessung von 24 m bei einem Freiheitsgrad von $f = 71$ zu $m_s = 0,097 \text{ mm}$ berechnen.

5. Zusammenfassung

Das Meßkreuz Pardiala ist 1955 speziell für Invardrahtmessungen angelegt worden. Bei der Disposition des Meßkreuzes mußte den einschränkenden Bedingungen konstanter Entfernung von 24 m zwischen den einzelnen Pfeilern sowie kleiner überbrückbarer Höhendifferenzen Rechnung getragen werden.

Dem Vorteil der höheren Genauigkeit der Invardrahtmessung steht derjenige der größeren Einsatzmöglichkeit des Mekometers gegenüber. Mit diesem Gerät wird man in Zukunft in der Disposition solcher Aufgaben viel freier sein. Jedenfalls hat es sich gezeigt, daß Mekometer und Sekundentheodolit sich sehr gut eignen, das Meßkreuz Pardiala mit vernünftigem Aufwand koordinatenmäßig zu bestimmen. Auch die Verschiebungsbeträge seit 1960 von 2 bis 14 mm ließen sich einwandfrei feststellen.

Noch nicht befriedigend gelöst ist hingegen die Zentrierung, sofern die Beobachtungen auf Stativen erfolgen. So wäre zum Beispiel eine Art Kreuzschlitten zwischen Stativkopf und Instrument sehr praktisch gewesen, um das Instrument in zwei Richtungen genau zu zentrieren, ohne daß die Horizontierung jeweils zerstört worden wäre.