

Paper-ID: VGI\_196818



## Erste Messungen mit dem Mekometer III an Staumauern

Johann Krötzl <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Chur (Schweiz), Wingertweg 1*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **56** (4), S. 149–152

1968

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Kroetzl_VGI_196818,  
  Title = {Erste Messungen mit dem Mekometer III an Staumauern},  
  Author = {Kr{"o"}tztl, Johann},  
  Journal = {"Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen"},  
  Pages = {149--152},  
  Number = {4},  
  Year = {1968},  
  Volume = {56}  
}
```



Schließlich könnte noch gefordert werden, daß in gewissen besonders wichtigen Punkten die Klaffungen unter einer gewissen Schranke liegen müssen. Allerdings kann es dabei passieren, daß keine Lösung existiert.

#### Literatur:

- [1] *Dantzig, G. B.*: Lineare Programmierung und Erweiterungen, Springer 1966.
- [2] *Wolf, H.*: Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, Dümmler-Verlag
- [3] *Collatz-Wetterling*: Optimierungsaufgaben. Springer 1966.

## Erste Messungen mit dem Mekometer III an Staumauern

Von *Johann Krötzl*, Chur

Um die kleinen Bewegungen großer Bauwerke zu erfassen, begnügt man sich nicht allein mit dem verhältnismäßig einfachen Feinnivellement, man mißt Richtungsänderungen und in neuerer Zeit auch Längenänderungen. Während die physikalische Meßmethode eine große Anzahl von Meßgeräten kennt, verfügt die geodätische Meßmethode nur über wenige Meßmittel. Im folgenden Bericht wird gezeigt, was von einem neuen elektrooptischen Meßgerät erwartet werden darf.

*Präzisionsdistanzmessungen* wurden bisher mit Invardrähten oder -bändern ausgeführt. Der Aufwand an Personal ist beträchtlich. Zu einer Meßequipe gehören mindestens zwei Beobachter an den Endskalen, zwei Gehilfen an den Spannböcken und der Schreiber. Bei Basismessungen sind die Equipen noch größer. In den Kontrollgängen neuerer Staumauern sind Polygonzüge angelegt, durch deren Formänderung das Verhalten der Mauer und der angrenzenden Felszone überwacht wird. Die Polygonseiten sind bis auf wenige Zentimeter gleich lang und variieren je nach Mauerform und Blockabstand zwischen 10 m und 32 m. Die Messung einer Polygonseite dauert 1—2 Minuten. Gewöhnlich wird mit einem Draht der ganze Zug durchgemessen, dann rollt man den Draht auf eine Spule und hält ihn für die Messung in einem anderen Gang bereit. In der Regel verwendet man drei Drähte. Die ca. dreißig mir bekannten Deformationsmessungen, die vom Ingenieurbüro *W. Schneider*, Chur, ausgeführt wurden, ergeben eine Totallänge von über 100 km Präzisionsdistanzmessung. Bei sorgfältiger Bedienung treten Meßfehler kaum auf. Ein guter Schreiber erkennt sie sofort nach der Messung.

Allerdings gibt es *systematische Fehler* von einer Meßperiode zur anderen, von einem Kontrollgang zum anderen. Wir müssen dafür zwei Fehlerursachen annehmen: Einmal die Änderung der Drahtlänge durch das Auf- und Abrollen und dann die Änderung wegen der Instabilität der Invarlegierung. Bei sorgfältiger Behandlung bleibt die Drahtlänge für die Dauer einer Messung eines Polygonzuges konstant. Der relative systematische Fehler kann eliminiert werden. Der daraus berechnete mittlere Fehler für eine mit drei Drähten gemessene Polygonseite liegt bei  $\pm 0,04$  mm.

Die absolute Länge geht also bald verloren. Man könnte sie wieder bekommen, wenn man den freien Polygonzug (eine Funktion der Drahtlänge) in die Triangulation

einschließt oder die einzelnen Drähte auf einer Eichstrecke prüft. Die Erfahrung zeigte, daß früher oder später auch die Eichstrecken und die Triangulationsseiten auseinanderfallen. Es bleibt also noch die Möglichkeit, die Drähte vor und nach einer Messung am Komparator einer Eichanstalt zu prüfen, wie dies z. B. *J. Gerwise* [1] beschrieben hat.

Seit etwa zehn Jahren arbeiten *Dr. K. D. Froome* und *R. H. Bradsell* vom N. P. [2] an einem elektrooptischen Gerät, das durch einfache Mittel linear polarisiertes Licht in elliptisch polarisiertes Licht hoher Modulationsfrequenz umwandelt. Je nach Bauart des Gerätes ergeben sich mittlere Ablesefehler von  $\pm 0,3$  mm bis  $\pm 0,03$  mm. Da sich die Stabilität der Meßfrequenz genügend genau kontrollieren läßt, stellt dieses Gerät eine transportable Eichstrecke dar und erlaubt somit unmittelbare Vergleiche mit der Invardrahtmessung oder den Seiten einer Präzisions-triangulation. Die Unsicherheit des Refraktionskoeffizienten der Luft setzt dabei die Grenzen des Anwendungsbereiches.

Im vergangenen Herbst brachten *Froome* und *Bradsell* ein neues handliches Modell dieses Gerätes, das Mekometer III nach Chur, um dessen praktischen Einsatz im Gebirge und in den Gängen von Staumauern zu erproben. Es wurden nur kleine Meßreihen beobachtet, die Zeit war knapp, das Wetter wurde täglich schlechter, die Anfahrt und der Aufstieg zu den Meßstellen war oft beschwerlich. Dennoch gelang es uns, an fünf Staumauern Messungen charakteristischer Strecken durchzuführen, die später wiederholt werden sollen.

Bei zwei Staumauern haben wir einzelne aufeinanderfolgende Polygonseiten nachgemessen. Wir wählten solche Strecken aus, die möglichst geringe Veränderungen infolge des variablen Wasserdruckes aufweisen. Bei den drei anderen Staumauern haben wir Seiten zwischen Triangulationspfeilern nachgemessen. Die Zentrierung des Mekometers sowie des Reflektors haben wir wiederholt kontrolliert, um die erwartete Meßgenauigkeit von einigen Zehntelmillimetern zu gewährleisten. Der unmittelbare Vergleich mit der Invardrahtmessung bzw. der Triangulation war nicht möglich, da die Meßequipen anderswo eingesetzt waren. Die Mekometermessung ist aber bei vier Staumauern durch zwei zeitlich auseinanderliegende Deformationsmessungen eingeschlossen. Nur als Folge der vorhandenen Auswertungsergebnisse werden bei den Polygonseiten horizontale und bei den Triangulationsseiten schiefe Distanzen miteinander verglichen. Wie zu erwarten war, kamen die *Maßstabsfehler* der Invardrähte und der lokalen Triangulationssysteme zum Vorschein. In den folgenden Tabellen sind die Polygon- und Triangulationsseiten um den jeweiligen Maßstabsfehler korrigiert. Die Vergleichsstrecke Sta. Maria 125—127 wurde aus dem Polygonzug hergeleitet. Die mittleren Fehler der Triangulationsseiten sind in Zehntelmillimetern angegeben.

Wir sehen, daß die Mekometer- und die Vergleichsmessung dort recht gut übereinstimmen, wo die Differenzen nur wenig voneinander abweichen. Mittelwerte der Differenzen dürfen nicht ohne weiters für einen Vergleich benützt werden, da viele Felsdeformationen nicht linear verlaufen. Die Vergleichsmessung an der Staumauer Contra liegt etwa zwei Jahre zurück und die Pfeiler gehören zwei verschiedenen Triangulationssystemen an.

Strecke	Mekometer (m)	Vergleichsmessung (m)		Differenz (1/10 mm)	
		A vorher	B nachher	zu A	zu B
Sta. Maria Polygonzug	125—126	16.0423	16.0421 .0421	16.0432 .0425	— 2 + 2
	126—127	16.0152	16.0155 .0155	16.0158 .0151	+ 3 — 1
	125—127	32.0572	32.0570 .0571	32.0583 .0571	— 1 — 1
Nalps Polygonzug	129—134	22.0158	22.0172 .0149	22.0174 .0153	— 9 — 5
	126—127	22.0288	22.0331 .0309	22.0314 .0293	+ 21 + 5
	134—135	21.9948	21.9970 .9947	21.9972 .9951	— 1 + 3
	135—136	22.0237	22.0263 .0241	22.0266 .0245	+ 4 + 8
	136—137	22.0000	22.0008 21.9985	22.0015 21.9994	— 15 — 6
	131—132	22.0030	22.0053 .0030	22.0045 .0024	0 — 6
Curnera Triang.	111—222	91.2380	91.2342 ± 5 .2379	91.2326 ± 5 .2367	— 1 — 13
	222—333	91.2499	91.2456 + 5 .2493	91.2471 ± 5 .2512	— 6 + 13
	111—333	175.3130	175.3067 ± 7 .3137	175.3051 ± 7 .3130	+ 7 0
Vasasca Triang.	44—11	83.8834	83.8721 ± 2 .8835	83.8723 ± 2 .8836	+ 1 + 2
	44—22	76.1641	76.1536 ± 3 .1640	76.1536 ± 3 .1639	— 1 — 2
Contra Triangulation	2—7	312.7356	312.7147 .7372		+ 16
	4—2	181.8741	181.8599 .8730		— 11
	4—7	255.0349	255.0065 .0249		— 100
	6—2	310.0490	310.0344 .0567		+ 77
	6—4	166.4166	166.4065 .4184		+ 18

Die Resultate zeigen aber, daß mit dem Mekometer III Distanzmessungen auf einer bisher ungewohnten Genauigkeitsstufe möglich sind. Dazu kommen noch andere Vorteile. Die Messung geht rasch vor sich. Die Temperaturkorrektur kann einem Diagramm entnommen und sofort an der Distanz angebracht werden. Die Meßequipe besteht aus dem Beobachter und zwei Gehilfen, die sich beeilen müssen, die Reflektoren zu stellen. Bemerkenswert sind auch das Gewicht des Gerätes von nur 5,5 kg und die kleinen Ausmaße. Zusammen mit dem Speisegerät hat die ganze Ausrüstung in einem normalen Rucksack leicht Platz.

Der Prototyp weist natürlich noch Schwächen auf. Der Temperaturbereich des Meßhohlraumes, die Zentrierungs- und Ablesevorrichtung werden noch verbessert. Die absolute Genauigkeit ist befriedigend, denn die Korrektur an der längsten Seite betrug nach einem Vergleich mit einem Frequenznormale nur 0,6 mm.

Ich bin sicher, daß die hohe Meßgenauigkeit des Mekometers kein Hindernis für dessen Anwendung in der Vermessungspraxis sein wird.

#### Literatur

[1] *Gervaise, J.*: Mesures de distances de haute précision au fil d'invar en micro-géodésie. PS/4851. C. E. R. N. Meyrin. 1965.

[2] *Froome, K. D.* und *Bradell, R. H.*: Distance measurement by means of a modulated light beam yet independent of the speed of light. National Physical Laboratory. Oxford Symposium 1965.

## Referate

### Über die geophysikalische Methodik zur Lokalisierung der isostatischen Kompensation

Über die mit dem Fragenkreis der Isostasie zusammenhängenden Probleme wurde über Einladung des Österreichischen Vereins für Vermessungswesen und der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie am 23. Jänner 1968 vom Direktor des Institutes für Geophysik der Technischen Hochschule Claustha (BRD), Herrn Prof. Dr.-Ing. Otto Rosenbach, ein Vortrag an der Technischen Hochschule in Wien gehalten, dessen Inhalt im folgenden kurz wiedergegeben wird.

Mit den Fragen nach Bau und stofflicher Zusammensetzung der Erdkruste beschäftigen sich vornehmlich die Fachgebiete Geodäsie, Geologie, Geophysik, Mineralogie und Petrographie. Obwohl sich diese Forschungen auf dasselbe Objekt beziehen, führte jeder dieser Wissenschaftszweige bis vor kurzem seine Arbeiten überwiegend im eigenen Bereich durch, ohne eine Beziehung zu den Nachbarwissenschaften zu suchen und gegebenenfalls zu pflegen. Seit jüngster Zeit sind auf der ganzen Welt jedoch stärkste Bestrebungen im Gange, nationale und internationale geowissenschaftliche Forschungsprogramme mit interdisziplinären Rahmenthemen so zu bearbeiten, daß mehrere wissenschaftliche Fächer aktiv daran beteiligt sind. Z. B. läuft zur Zeit das „International Upper Mantle Project“ der IUGG, zu dem die Bundesrepublik Deutschland mit dem Programm „Unternehmen Erdmantel“ beiträgt, das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für zehn Jahre mit namhaften Finanzmitteln gefördert wird.

Im Rahmen dieses Programms „Unternehmen Erdmantel“ führt das Institut für Geophysik der TH Clausthal mit anderen Instituten, darunter die Lehrkanzel für Geophysik an der Universität Wien (Univ.-Prof. N. M. Toperczer), gravimetrische Messungen in den Ostalpen durch, deren Ziel die Erarbeitung von möglichst gut fundierten Vorstellungen über die Massenverteilung unterhalb der Alpen ist. Deren Kenntnis ist wiederum für die Alpengeologie von größter Wichtigkeit. Hiermit ist naturgemäß das Problem der Isostasie mit angesprochen, dessen Behandlung in Zusammenhang mit den gravimetrischen Messungen sowie anderen geophysikalischen Befunden einer kritischen Diskussion unterzogen wird.