Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 72 (1980)
Heft: 7-8

Artikel: Staumauer Zeuzier : geodätische Deformationsmessungen
Autor: Egger, Kurt
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941401

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: 25.07.2025

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

Staumauer Zeuzier – Geodätische Deformationsmessungen

Kurt Egger

Zusammenfassung

Die geodätischen Deformationsmessungen weisen für die Zeit von 1972/1976 bis Mai 1979 grössere Setzungen und eine Verengung des Tales einwandfrei nach. Dieses Resultat ist für die Interpretation der anomalen Bewegungen als grossräumige Setzungsmulde wegweisend. Weitere geodätische Messungen bestätigen das Ergebnis und lassen auf ein allmähliches Abklingen der Bewegungen schliessen.

Eine neue stark erweiterte Messanlage gewährleistet eine genaue und zuverlässige Überwachung der Staumauer Zeuzier.

Résumé: Barrage de Zeuzier – Mesures géodésiques de déformations

Les mesures géodésiques prouvent définitivement des affaissements considérables et un rétrécissement de la vallée entre 1972/1976 et mai 1979. Ce résultat guide l'interprétation des mouvements anomals comme tassement étendu. Les mesures géodésiques ultérieures en 1979 confirment et laissent conclure une diminution graduelle des mouvements.

Un nouveau réseau géodésique considérablement étendu assure un contrôle précis et sûr du barrage de Zeuzier.

Summary: Zeuzier Arch-Dam – Geodetic Deformation Measurements

The geodetic deformation measurements clearly prove a considerable settling and a narrowing of the valley between 1972/1976 and May 1979. This result is guiding the interpretation of the unusual movements as extended subsidence. Further geodetic measurements in 1979 confirm the above result and infer a gradual decrease of the movements. A new considerably extended observation scheme ensures an accurate and reliable control of the Zeuzier arch-dam.

1. Einleitung

Die durch die Lotmessungen seit Oktober 1978 festgestellten aussergewöhnlichen Lageänderungen der Staumauer waren durch geodätische Messungen zu überprüfen und zugleich die Zahl der Informationen wesentlich zu erhöhen.

2. Bestehende Messanlage

Bereits in den ersten Lebensjahren der Staumauer (das heisst ab 1957) wurde ihr Verhalten mit Hilfe geodätischer Messungen kontrolliert [1].

Die zwischen 1961 und 1976 für die Messungen A–H verwendete geodätische Messanlage besteht aus Pfeilern (P1, P2, P4, P5, P7–P10) hauptsächlich im Vorgelände der Staumauer und aus Messpunkten (1a, 2a, usw.) an deren Luftseite (siehe Bild 1). Dazu gehört auch ein Nivellement von einem Fixpunkt N2 etwa 1 km vor der Staumauer auf der rechten Talseite über Punkte auf der Krone der Staumauer zur linken Talseite (N4 und N5), und ein Nivellement im Kontrollgang 6.

Die Resultate der Messungen A–H ergaben nur sehr kleine Lage- und Höhenänderungen von ca. 5 mm zwischen niederem (1709 m, Messung A, 1961) und hohem (1762 m, Messung G, 1972) Stauspiegel. Die im Herbst 1976 durchgeführte Messung H bei einem Stauspiegel von ebenfalls 1762 m ergab im Vergleich zur Messung G vom Herbst 1972 Lage- und Höhenänderungen von 0 bis max. 2 mm.

3. Messung I vom Mai 1979

3.1. Allgemeines

Auch diese Messung verwendete die bestehende, bescheidene Messanlage. Ein kleiner Umbau der bestehenden Pfeiler erlaubte genaue Zentrierung von Theodolit und Zielmarken/Reflektoren. Im Unterschied zu den früheren Messungen wurden nicht nur Horizontal- und Höhenwinkel beobachtet, sondern mit einem Präzisionsdistanzmessgerät Mekometer ME 3000 [2], [3], Distanzen im Pfeilernetz gemessen. Die Messung wurde Ende Mai 1979, sobald es die Schneeverhältnisse erlaubten – die Staumauer liegt auf 1800 m ü. M. –, bei einem Stauspiegel von 1672 m durchgeführt. Zum Vergleich diente wiederum die Messung G vom Herbst 1972 bei vollem Stausee.

Aufgrund von Winkel und Distanzmessungen lassen sich nur Form- und Grössenänderungen eines Bauwerkes, das durch eine Anzahl messbarer Punkte dargestellt ist, bestimmen. Man spricht in diesem Fall von relativen Verschiebungen. Das Ziel der geodätischen Deformationsmessung sind aber absolute Verschiebungen. Dazu braucht man eine genügende Zahl von Festpunkten. Die Auswertung der Messung I zeigte aber, dass in der näheren Umgebung der Staumauer alle Punkte in Bewegung geraten waren. Die aus der Auswertung erhaltenen Lage- und Höhenänderungen stellen daher minimale Verschiebungen dar, das heisst Setzungen und Lageänderungen können in Wirklichkeit auch grösser sein.

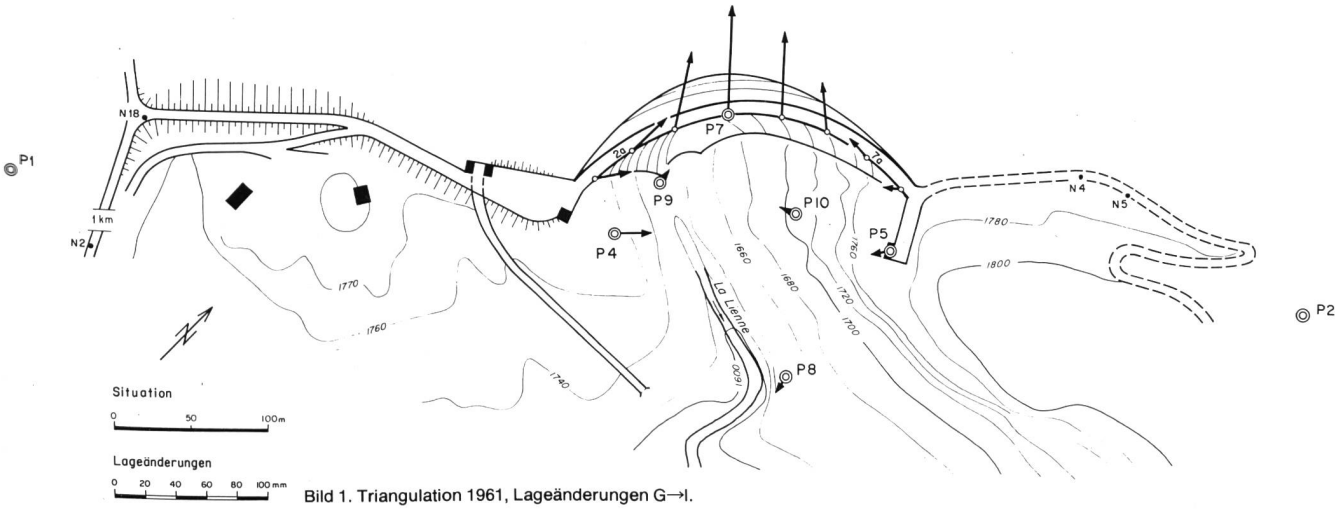

Bild 1. Triangulation 1961, Lageänderungen G→I.

3.2. *Triangulation*

Mit Hilfe der uns heute zur Verfügung stehenden Mittel der elektronischen Datenverarbeitung, insbesondere aber mit dem Programmsystem Helmert/77 für die Berechnung allgemeiner geodätischer Netze [4] wurde die Messung I als freies Netz dreidimensional gerechnet und dann mit Hilfe einer Helmerttransformation in die Messung G eingepasst. Und zwar so, dass die Lageänderungen der Punkte («Transformationsfixpunkte») P4, P5, P8, P9 und P10 ein Minimum wurden. Die azimutale Drehung wurde über die Orientierungspunkte 01 bis 05 hergeleitet.

Die geodätischen Messungen (Bild 1) bestätigen zuerst die Resultate der Lotmessungen. Der Pfeiler P7 auf der Krone in Mauermitte bewegt sich zwischen den Messungen G und I um 71 mm horizontal und in radialer Richtung gegen den See. Der Abstand zwischen den Pfeilern P4 und P5, die Sehne zwischen linkem und rechtem Widerlager, verkleinert sich um 37 mm. Und auch die übrigen Pfeiler erfahren kleinere Lageänderungen. Im Bild 1 sind auch die Lageänderungen der Mauerbolzen 1a bis 8a auf Höhe der Krone dargestellt.

3.3. *Nivellement*

Ausgehend vom Nivellementsfixpunkt N2 erhielten wir für die Punkte N11 und N12 die grössten Setzungen mit 83 mm. Wir haben uns durch den Ingenieur der Landestopographie, der 1972 die Messungen durchführte, die Identifikation des Punktes N2 bestätigen lassen und mit anderen Instrumenten und Beobachtern das Nivellement wiederholt. Die Setzungen nehmen gegen die Talflanken um einige Zentimeter ab (Bilder 2 und 6 des Beitrags *T. Schneider).*

Die im Kontrollgang 6 gemessenen Setzungen zeigen dasselbe Bild. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Setzungen mit Hilfe von 2 Mauerbolzen berechnet wurden, die ihrerseits durch trigonometrische Höhenwinkelmessungen bestimmt wurden. Dabei spielen Massstabsprobleme des geodätischen Netzes eine Rolle.

3.4. *Einige Bemerkungen*

Die festgestellten Höhen- und Lageänderungen sind so gross, dass sich eine eingehende Fehlerbetrachtung erübrigt. Dazu nur der Hinweis, dass wir heute in der Lage sind, zum Beispiel die Distanz P4–P5 von rund 180 m Länge mit einer Genauigkeit – mittlerer Fehler oder Standardabweichung – von einigen wenigen Zentelmillimetern zu messen. An der Realität der festgestellten Lage- und Höhenänderungen bestehen keine Zweifel. Die Resultate waren überraschend und die geodätische Deformationsmessung hatte einen wesentlichen Beitrag zur Erkenntnis der aussergewöhnlichen Erscheinungen im Raume der Stauanlage Zeuzier geliefert.

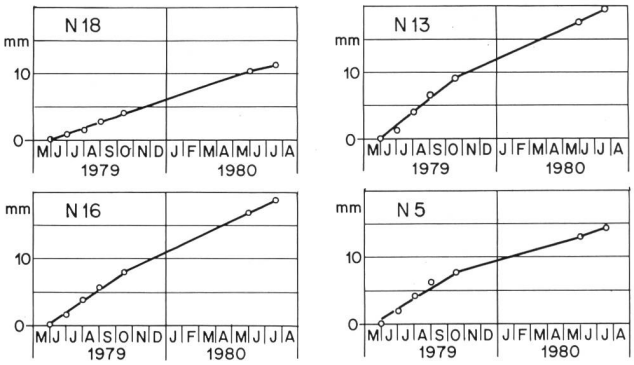

Bild 3. Setzungen der Punkte N 18, N 16, N 13 und N 5.

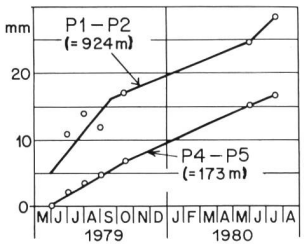

Bild 4. Änderungen der Distanzen P4–P5 und P1–P2.

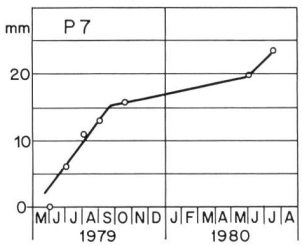

Bild 5. Radiale, geodätische Lageänderungen von P7.

4. *Minimessungen Juni bis Oktober 1979*

Im Laufe des Sommers 1979 wurden monatlich sogenannte Minimessungen (I1– I4) durchgeführt. Das stark reduzierte Messprogramm bestand im wesentlichen aus Beobachtungen (siehe dazu auch Bilder 1 und 2).

- des Nivellements N2–N5
- der Distanz P4–P5
- der Lageänderung P7
- der Distanz P1–P2.

Die Bilder 3 bis 5 zeigen die Resultate dieser Minimessungen. Auch während des Winters 1979/80 wurden geodätische Messungen in grösseren Zeitintervallen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen zeigen insbesondere, dass die Verkürzung der Sehne P4–P5 mit abnehmender Tendenz weitergeht.

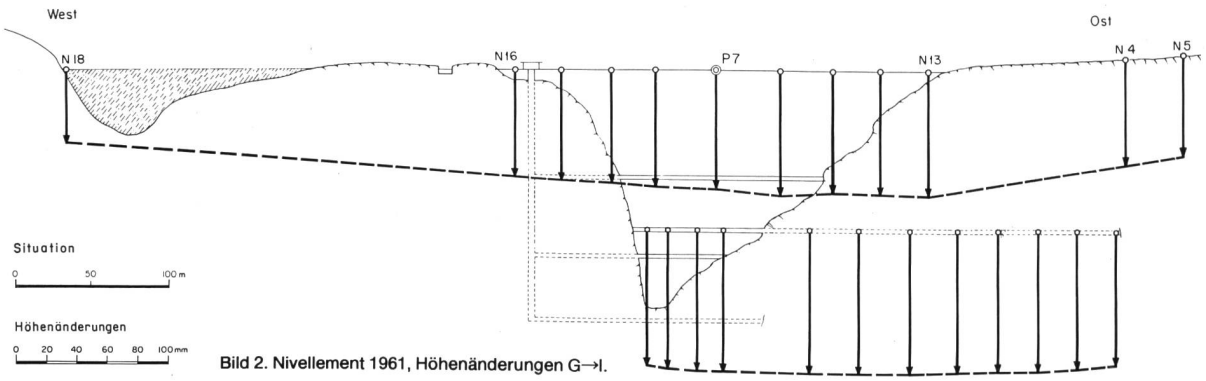

Bild 2. Nivellement 1961, Höhenänderungen G→I.

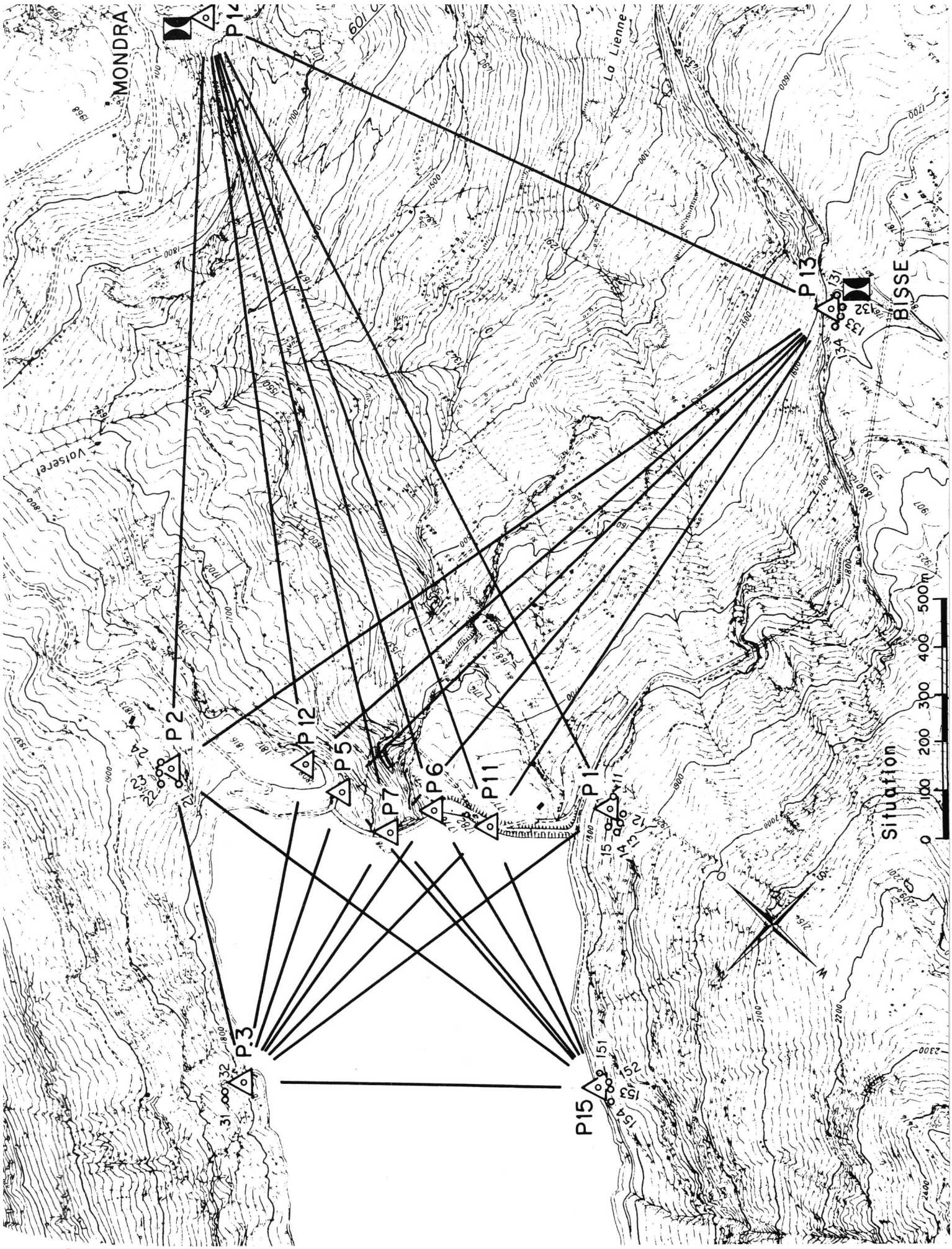

Bild 6. Triangulationsnetz 1979.

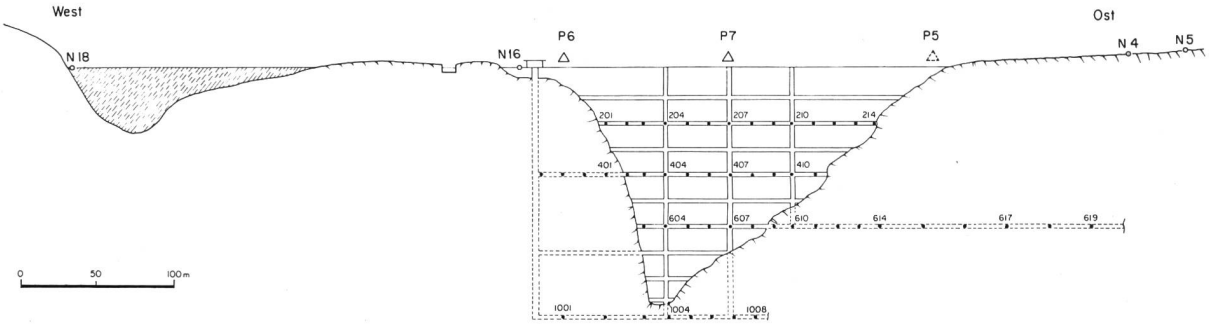

Bild 7. Polygonnetz 1979.

5. Messung K vom Oktober 1979

Aus Gründen der Kontinuität wurde im Oktober 1979 die bestehende Messanlage als Messung K zusammen mit der neuen Messanlage, die im Laufe des Sommers 1979 errichtet wurde, ein weiteres Mal beobachtet.

Die Resultate dieser Messung ergeben dasselbe Bewegungsbild wie die Messung I. Die Verschiebungsbeträge I bis K sind gegenüber G bis I ca. fünfmal kleiner geworden. Die Bilder 3 bis 5 geben über die wichtigsten Lage- und Höhenänderungen zwischen der Messung I (Mai 1979) und K (Oktober 1979) eingehend Auskunft.

Der Verdacht, dass auch die Distanz P1–P2 kleiner wird, wurde durch die direkten und indirekten Messungen bestätigt. Leider ist es nicht möglich, für die kritische Zeit Oktober 1978 bis Mai 1979 eine einigermassen sichere Distanzänderung zu berechnen. Die beiden Pfeiler P1 und P2 waren nur als Orientierungspunkte Bestandteil der Messungen A–H. Und die aus früheren Messungen (1957–1961) gerechnete Distanz P1–P2 weist eine grosse Unsicherheit auf. Es muss daher genügen festzustellen, dass diese Distanz zwischen Mai und Oktober 1979 um 18 mm kleiner geworden ist (Bild 4).

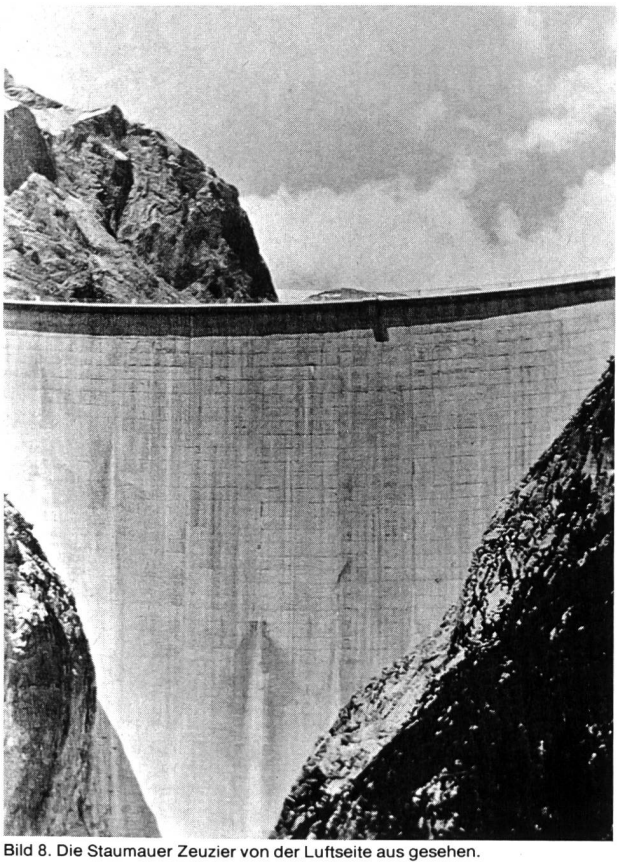

Bild 8. Die Staumauer Zeuzier von der Luftseite aus gesehen.

6. Neue Messanlage

Im Laufe des Jahres 1979 wurde eine neue Messanlage eingerichtet. Es wurden weitere Pfeiler talwärts der Staumauer und im Gebiet des Staubeckens gebaut (Bild 6) und in den Kontrollgängen 2, 4, 6 und 10 der Staumauer wurden Präzisionspolygonzüge installiert (Bild 7). Das Nivellement wurde auf der linken und rechten Talseite stark erweitert. Diese neue Messanlage wurde im Oktober 1979 zusammen mit der Messung K erstmals beobachtet. Sie erlaubt wegen der Polygonzüge in den Kontrollgängen auch geodätische Messungen im Winter. Wir erhalten damit gegenüber der alten Messanlage eine bedeutend grössere und sicherere Zahl von Informationen. Die geodätischen Messungen erlauben zusammen mit anderen Messeinrichtungen eine permanente, genaue und zuverlässige Überwachung der Staumauer Zeuzier.

7. Schlussbemerkungen

Die geodätische Deformationsmessung und deren Resultate waren bei der Staumauer Zeuzier wegweisend für die Interpretation der aussergewöhnlichen Bewegungen als grossräumige Setzungsmulde. Es wäre interessant die Ausdehnung dieser Setzungsmulde genauer zu kennen. Entsprechende Untersuchungen, ob eine Neuberechnung der Triangulation III und IV Ordnung aus dem Jahre 1924 und deren Vergleich mit einer Neumessung eindeutige Resultate liefern könnte, sind im Gange. Eine solche Neumessung wäre aber auch für eventuelle zukünftige Setzungen als Beweissicherung von grosser Bedeutung.

Im Hinblick auf die Reparatur der Staumauer und den späteren Wiederaufstau werden die geodätischen Messungen wichtige Beurteilungskriterien liefern. Durch organisatorische Massnahmen und den Einsatz moderner EDV wird es möglich sein, die Auswertung des umfangreichen Zahlenmaterials der geodätischen Beobachtungen innert nützlicher Frist zu gewährleisten.

Literatur

[1] Dr. h. c. *H. Gicot:* Barrage-voûte de Zeuzier, Comportement des grands barrages suisses, 1964

[2] *K. Egger:* Neue Instrumente und deren Anwendung bei der geodätischen Deformationsmessung an Staumauern. Internationaler Kurs für Ingenieurmessungen hoher Präzision, Darmstadt 1976.

[3] *K. Egger* und *W. Keller:* New Instruments, Methods and their Applications for Geodetic Deformation Measurements on Dams. XIIe Congrès international des Grands Barrages, Mexico, 1976. Volume IV, pages 995–998.

[4] *W. Keller:* Das Programmsystem Helmert/77 zur Berechnung allgemeiner geodätischer Netze. «Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik» 2/79.

Adresse des Verfassers: *Kurt Egger,* Ing., c/o Ingenieurbüro W. Schneider AG, Reichsgasse 61, 7000 Chur.