

Paper-ID: VGI_192916



Geodätische Sicherungsmessungen an den Staumauern von Wasserkraftanlagen

Eduard Demmer

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **27** (6), S. 85–89

1929

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Demmer_VGI_192916,  
Title = {Geod{\a}tische Sicherungsmessungen an den Staumauern von  
Wasserkraftanlagen},  
Author = {Demmer, Eduard},  
Journal = {{\0}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
Pages = {85--89},  
Number = {6},  
Year = {1929},  
Volume = {27}  
}
```



ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN

ORGAN

des

ÖSTERREICHISCHEN GEOMETERVEREINES.

Redaktion:

Hofrat Prof. Dr. Ing., techn. et mont. h. c. E. Doležal und Vermessungsrat Ing. K. Lego.

Nr. 6.

Baden bei Wien, im Dezember 1929.

XXVII. Jahrg.

Geodätische Sicherungsmessungen an den Staumauern von Wasserkraftanlagen.

Von Hofrat Ing. EDUARD DEMMER.

Durchgeführt im Auftrage des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen.

Das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen wurde eingeladen, die durch den Wasserdruck entstandenen Lageveränderungen an den Staumauern des Spullerseewerkes und an jenen des Partensteiner Wasserkraftwerkes in Langhalsen auf geodätischem Wege festzulegen. Die Anlage dieser Staumauern war eine solche, daß eine einfachere Bestimmung dieser Lageveränderungen als auf trigonometrischem Wege nicht möglich war. Zudem war beabsichtigt, nicht nur allfällige Bewegungen der Mauerkronen, sondern auch Lageveränderungen an verschiedenen hoch gelegenen Mauerpunkten feststellen zu lassen. Die Bilder 1 und 2 geben die Ansichten der südlichen und nördlichen Staumauern am Spullersee von der Luftseite aus gesehen. Auf diesen Seiten wurden die Mauerpunkte ausgewählt, auf welche sich die Messungen zu beziehen hatten, und durch 6 mm starke und 100 mm hohe, matt geschwärzte Zielstiften sichtbar gemacht. Diese Zielstiften waren in wagrecht einbetonierte Bolzen einzustecken; ihre vertikale Lage wurde mit Hilfe einer aufsteckbaren Dosenlibelle erreicht. Die Lageänderungen dieser Mauerpunkte waren in horizontaler und vertikaler Richtung zu ermitteln, so daß Schlüsse auf ihre Bewegung im Sinne des Wasserdruckes und auf eine allfällige Senkung der Mauer gezogen werden können. Zur Feststellung der Bewegung im horizontalen Sinne wurde je ein Instrumentenpfeiler auf frei gelegtem Felsgestein in der Nähe der Mauerenden errichtet, von dem aus die spitzen Winkel zwischen den Mauerpunkten und einem gegenüber dem Pfeiler in Fels eingelassenen Zielpunkte gemessen wurden. Zur Bestimmung der Höhenänderung der Mauerpunkte war je ein frontal zur Mauer gelegener Pfeiler errichtet, von welchem aus die Höhenwinkel zwischen den Mauerpunkten und einem unveränderlichen Zielpunkte zu messen waren. In den Tafeln 1 und 2 sind die kleinen trigonometrischen Netze wiedergegeben, die zur Ermittlung der in Betracht kommenden Entfernungen und der linearen Größe der Lageänderungen der Mauerpunkte

gemessen wurden. Die Punkte J_1 der beiden Netze geben die Lage der Instrumentenstände wieder, von welchen aus die Richtungen nach den Bezugspunkten Z_3 (südl. Staumauer) und Z_4 (nördl. Staumauer) und den Mauerpunkten gemessen wurden.

Zur Feststellung etwaiger Lageänderungen der Instrumentenpfeiler selbst wurden am Standpunkte J_1 der Südsperre die Richtungen nach Z_3 , Z_2 , Z_1 und Z_4 und auf dem Pfeiler J_1 der Nordsperrre die Richtungen nach Z_4 , Z_1 , Z_3 und Z_2 gemessen. Für die Pfeiler J_2 wurden ähnliche Sicherungsmessungen ausgeführt, obgleich geringe Lageänderungen dieser Pfeiler für die beabsichtigten Feststellungen nicht von Bedeutung sind. Zum Nachweise der unveränderten Höhen der Bezugspunkte Z_3 (Südsperre) und Z_1 (Nordsperrre) wurden die Höhenwinkel auf den Pfeilern J_2 zwischen Z_3 und Z_1 , bzw. Z_1 und Z_2 und Z_4 wiederholt gemessen.

Die Richtungen und Zenitdistanzen nach den Bezugs- und Mauerpunkten sowie nach den Punkten der Rückwärtsschnitte würden bei der Bestandaufnahme (1. Messung) und den Kontrollmessungen auf der Südsperre in neun Sätzen und auf der Nordsperrre entsprechend den kürzeren Entfernungen in sechs Sätzen gemessen. Die übrigen Netzrichtungen wurden in zwei Sätzen gemessen. Neben der sorgfältigen, bereits erwähnten Signalisierung der Mauer- und Zielpunkte wurde ein besonderes Augenmerk auf die genaue zentrische Aufstellung des Instrumentes gerichtet. Zur tunlichst leichten Verschiebung des Instrumentendreifußes waren auf den gemauerten Pfeilern eine Metallplatte aufbetoniert mit einem Messingzylinder in der Mitte, dessen genau vertikale Bohrung zur Aufnahme eines eingepaßten Metallzylinders mit nach oben zentrisch abgedrehter Zentrierspitze diente. Die immer gleiche Höhenlage dieser Zentrierspitze wurde durch einen Querstift erreicht, bis an den der Metallzylinder in die Bohrung der Metallplatte eingedrückt wurde. Eine nach abwärts gerichtete Gegenspitze war mittels eines Gewindes in das für die Aufnahme der Herzschraube bestimmte Muttergewinde des Instrumentendreifußes ganz einzuschrauben, um die stets gleiche Entfernung dieser Spitze von der Horizontalachse des Instrumentes zu erhalten. Zur Messung wurde der Schraubenmikroskoptheodolit Nr. 519 der Firma Starke & Kammerer mit frei drehbaren Horizontal- und Vertikalkreisen und einer direkten Angabe von $2''$ verwendet. Die Ablesungen erfolgten bis auf wenige Sekunden genau stets an den gleichen Kreisstellen, so daß eine Berücksichtigung des Runs infolge der gleichen Anzahl der Trommelumdrehungen entbehrlich war. Gleichwohl wurde derselbe mehrmals bestimmt, um sich über seine unveränderte Größe Gewähr zu verschaffen.

Die Ergebnisse der ausgeführten Sicherungsmessungen sind in den Tafeln 3 und 4 enthalten. Den Messungen auf dem Standpunkte J_1 der Südsperre ist zu entnehmen, daß in der Zeit von der ersten Bestandaufnahme im Oktober 1924 bis zur ersten Kontrollmessung im Juni 1925 eine Bewegung des Pfeilers stattgefunden hat. Die lineare Größe und die Richtung dieser Bewegung wurde durch Rückwärtseinschneiden von den in Fels eingelassenen und als unverändert anzunehmenden Zielpunkten Z_2 , bzw. Z_3 , Z_1 und Z_4 erhalten. Diese

Rückwärtsschnitte wurden aus der Gegenüberstellung der Beobachtungen im Oktober 1924 und im Juni 1925 gerechnet, wobei die Koeffizienten der Bedingungsgleichungen mit jenen Werten eingesetzt wurden, wie sie sich aus der Netzberechnung ergeben haben. Dadurch wurde der Einfluß der Netzberechnungsfehler auf die aus den späteren Messungen des gleichen Strahlenbüschels abgeleiteten Koordinaten des Standpunktes J_1 ausgeschaltet. Die Messungen nach Juni 1925 haben die vorerwähnte Bewegung des Pfeilers J_1 bestätigt. Den in den Tafeln 3 und 4 angeführten Messungsergebnissen sind ihre mittleren Fehler beigefügt. Die Mauerbewegung, die einem Fehler des maßgebenden Horizontalwinkels von $1''$ entsprechen würde, beträgt an der Südsperre 0.3 bzw. 0.9 *mm* für die dem Pfeiler J_1 zunächst und entferntest gelegenen Mauerbolzen und an der Nordsperrre 0.3 bzw. 0.5 *mm*. Die einem Fehler des maßgebenden Höhenwinkels von $1''$ entsprechende vertikale Lageänderung des Mauerbolzen wurde an der Südsperre 0.6 bzw. 0.8 *mm* und an der Nordsperrre 0.4 bzw. 0.5 *mm* für die den Pfeilern J_2 zunächst und entferntest gelegenen Mauerbolzen betragen. Die Schlüssigkeit der Messungsergebnisse in bezug auf eine Bewegung der Sperrmauern im Sinne des Wasserdruckes hängt weiter von der Zuverlässigkeit der Feststellung der allfälligen Bewegung des Instrumentenpfeilers J_1 ab. Hierüber geben die mittleren Lagefehler jener Pfeilerstellungen Aufschluß, wie sie sich durch Rückwärtseinschneiden auf Grund der ausgewiesenen jeweiligen Beobachtungswerte ergeben würden. Zieht man zur Berechnung dieser mittleren Punktlagefehler den jeweils größten mittleren Winkelfehler heran, so werden für die Stellungen des Pfeilers J_1 an der Südsperre im Oktober 1924, Juni, August und Oktober 1925 bzw. August 1926 die nachfolgenden Werte erhalten: ± 0.64 , ± 0.45 , ± 0.70 , ± 0.51 bzw. ± 0.24 *mm* und für die Stellungen des Pfeilers J_1 an der Nordsperrre im Juni, August und Oktober 1925 und August 1926 ± 0.34 , ± 0.42 , ± 0.56 bzw. ± 0.30 *mm*. Der Einfluß der größten dieser Stellungsunsicherheiten auf die in Spalte 15 bzw. 10 der Tafeln 3 und 4 ausgewiesenen linearen Werte der Mauerbewegungen beträgt — eine Bewegung des Pfeilers vorausgesetzt — bei Annahme der größten Auswirkung auf die Winkeldifferenzen in Spalte 14 bzw. 9 bei den den Pfeilern J_1 zunächst und entferntest gelegenen Mauerbolzen ± 0.5 bzw. ± 0.2 *mm* bei der südlichen Sperrre und ± 0.4 bzw. ± 0.3 *mm* bei der nördlichen Sperrre. Diesen theoretischen Mittelwerten für die Unsicherheit der ausgewiesenen Messungsergebnisse gegenüber sind im folgenden die tatsächlichen Abweichungen angeführt, wie sie sich bezüglich der Südsperre dann ergeben, wenn die Bewegung des Pfeilers J_1 in der Zeit von Oktober 1924 bis 1925 nicht durch Rückwärtseinschneiden von Z_2 , Z_1 und Z_4 , sondern von Z_3 , Z_1 und Z_4 errechnet werden. Von der anfänglich beabsichtigten Durchführung der Sicherungsmessungen auf Grund des erstbezeichneten Strahlenbüschels mußte ab Oktober 1925 aus dem Grunde abgegangen werden, weil der Zielpunkt Z_2 wegen Absprengung des Felsens entfernt wurde. Da jedoch beide Zielpunkte Z_2 und Z_3 in die bis dahin stattgefundenen Messungen nach den Mauerbolzen einbezogen wurden, war es möglich, die Lageänderungen des Pfeilers J_1 nicht nur aus den wiederholten Messungen nach Z_2 , Z_1 und Z_4

— wie den in Tafel 3 angeführten Messungsergebnissen zugrunde liegend — zu errechnen, sondern auch aus den Messungen nach Z_3 , Z_1 und Z_4 . Die aus den Messungen des ersten Strahlenbüschels erhaltenen Bewegungs- bzw. Zentrierungselemente für die nach Oktober 1924 gemessenen Richtungen nach Z_3 und den Mauerbolzen sind für die Pfeilerstellung im Juni 1925: E in bezug auf die Richtung nach $Z_3 = 127^\circ$, $r = 2.5 \text{ mm}$ für jene im August 1925 $E = 102^\circ$ und $r = 2.9 \text{ mm}$, für jene im Oktober 1925 $E = 100^\circ$ und $r = 2.0 \text{ mm}$. Für die Zentrierung der im August 1926 gemessenen Richtungen nach Z_3 und den Mauerbolzen wurden mit Rücksicht auf die fast gleichen Ergebnisse der Sicherungsmessungen für J_1 die letztbezeichneten Elemente angenommen. Dagegen sind die aus den Messungen des Strahlenbüschels Z_3 , Z_1 und Z_4 abgeleiteten Zentrierungselemente die nachfolgenden, und zwar für die Pfeilerstellung im Juni 1925 $E = 166^\circ$ und $r = 2.0 \text{ mm}$, für jene im August 1925 $E = 132^\circ$ und $r = 1.6 \text{ mm}$, für jene im Oktober 1925 $E = 121^\circ$ und $r = 1.4 \text{ mm}$ und für die Pfeilerstellung im August 1926 $E = 130^\circ$ und $r = 1.3 \text{ mm}$. Gegenüber den in Tafel 3 ausgewiesenen Endergebnissen der Sicherungsmessungen, d. s. die in Spalte 15 ausgewiesenen Mauerbewegungen im Sinne des Wasserdruckes, wurden auf Grund der letztbezeichneten Zentrierungselemente die nachstehenden in der gleichen Reihenfolge angeführten gleichsinnigen Größen erhalten: 2.3, 3.0, 2.1, 1.4, 2.0, 1.5, 2.4, 1.3, 1.4, 1.3, 1.1, 1.8, 2.0, 1.2, 1.9, 0.9, 1.5, 1.3, 1.3, 1.3 und 0.4 mm.

Diese Gegenüberstellung zeigt eine gute Übereinstimmung mit den theoretisch zu erwartenden Unsicherheiten der Endergebnisse und läßt den Schluß ziehen, daß die ausgewiesenen, wenn auch sehr geringen Mauerbewegungen infolge des Wasserdruckes bis auf die den Fehlern der maßgebenden Horizontalwinkel entsprechenden Unsicherheiten tatsächlich eingetreten sind.

Aus den Richtungsmessungen an der Nordsperrre kann der Schluß gezogen werden, daß eine Bewegung der Mauer im horizontalen Sinne nicht stattgefunden hat. Die in Tafel 4 ausgewiesenen geringfügigen Differenzen in Spalte 10 dürften auf Messungswidersprüche zurückzuführen sein.

Bezüglich der Ergebnisse der Höhenmessungen ist zu bemerken, daß die Schlüssigkeit derselben wegen der Refraktionseinflüsse jener der Richtungsmessungen nachsteht. Zumindest jedoch wurde durch die geringfügigen zum Teil wechselnden Endergebnisse der Nachweis erbracht, daß eine Senkung der Mauern bis 1926 wohl kaum stattgefunden hat.

Die im Auftrage des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen beim Partensteiner Wasserkraftwerk vorgenommenen Messungen bezogen sich auf die Talsperre in Langhalsen und die Rohrbrücke bei Neufelden. Die erstere wird, wie das Bild 3 zeigt, durch zwei gegen die Schützen mit hohen Pfeilern flankierte Mauern gebildet. Wegen der gegen die Luftseite weit vorspringenden, der Aufnahme der beiden Schützen dienenden drei Pfeiler mußten die Richtungs- und Höhenmessungen von je zwei am linken und rechten Ufer der Mühlerrichteten Instrumentenpfeilern aus durchgeführt werden. Aus der Tafel 5 ist die Lage dieser Instrumentenstände und der Mauerbolzen ersichtlich. Der Bezugspunkt für die Richtungsmessungen auf Pfeiler J_1 und die Höhenmessungen

auf Pfeiler J_3 am linken Flußufer bildete der in Fels einbetonierte Versicherungsbolzen V_2 und der Bezugspunkt für die Richtungsmessungen auf Pfeiler J_2 und die Höhenmessungen auf Pfeiler J_4 bildete der an einem im Wiesenhang aufbetonierte Steinsockel eingelassene Versicherungsbolzen V_1 . An dem die drei Wehrpfeiler luftseitig verbindenden Träger der Hebeanlage für die Schützen waren die Bolzen B_8 , B_9 und B_{10} angebracht, die in die Sicherungsmessungen einbezogen wurden. Die Richtungsmessungen wurden in vier Sätzen und die Höhenmessungen in zwei Sätzen ausgeführt. Aus den in Tafel 6 enthaltenen Ergebnissen ist auf ein geringfügiges Nachgeben der Sperrmauern im Sinne des Wasserdruckes und auch auf eine geringe Senkung derselben zu schließen. Bemerkenswert ist, daß die früher erwähnten, an den Schützenpfeilern angebrachten Bolzen B_8 , B_9 und B_{10} nach allen Prüfungsmessungen geringere Differenzen aufweisen als die übrigen Mauerbolzen. Auch lassen die Messungen auf Pfeiler J_1 im Jahre 1925, die je zur Hälfte vor und nach einem den Stauweiher voll auffüllenden Wolkenbruch stattfanden, auf eine gewisse Elastizität der Sperrmauer schließen, da die bezüglichen Ergebnisse ein größeres Nachgeben der Mauer zeigen. Dabei sind die Richtungsmittel aus den beiden vor dem Wolkenbruch gemessenen Sätzen bei gleicher Lesung des Einstellobjektes V_2 bezüglich der Bolzen B_{11} — B_{16} zwischen 6·3" und 8·1" größer als jene aus den beiden nach der Auffüllung des Stauweihers gemessenen Sätzen. Das heißt, daß das Anschwellen des Wasserdruckes ein Kleinerwerden der spitzen Winkel zwischen dem Bezugspunkt V_2 und den Mauerpunkten bedingte, also ein Nachgeben der Sperrmauer im Sinne des Wasserdruckes stattfand.

Auf der Rohrbrücke bei Neufelden (Bild 4) übersetzt das dem Staubecken in Langhalsen entnommene Wasser in zwei Rohren den Mühlfluß. Die Widerlager dieser Brücke sind durch Betonkoffer gebildet, deren Bewegung gegenüber dem Mittelträger festzustellen war. Aus der in Tafel 7 enthaltenen Darstellung ist die Lage der zu diesem Zwecke angebrachten Brückenbolzen ersichtlich. Die Bolzen B_1 , B_2 , B_5 und B_6 sind an den beiden Betonkoffern und die Bolzen B_3 und B_4 an dem Mittelträger angebracht. Zwischen den Bolzen B_2 und B_3 bzw. B_4 und B_5 sind die Fugen zu denken, die der Bewegung der Betonkoffer gegenüber dem Mittelträger Raum geben. Zur Ermittlung der Höhenänderungen der Rohrbrückenteile waren auf dem Betonkoffer und dem Mittelträger die Nieten N_1 bis N_{10} eingelassen, deren Höhenunterschiede gegenüber der in einer Felswand einbetonierten Höhenmarke mit einem Nivellierinstrumente gemessen wurden. Die Ergebnisse der Richtungs- und Höhenmessungen sind in der Tafel 8 enthalten. Zur Beurteilung der Lageänderungen der Brückenbolzen sind in dieser Tafel die aus den Messungen der Jahre 1925 und 1926 errechneten Koordinaten ausgewiesen und deren Differenzen in der in Tafel 7 gegebenen Skizze zur Darstellung gebracht. Daraus geht hervor, daß der am linken Ufer der Mühl errichtete Betonkoffer seine Lage in der Zeit von 1925 auf 1926 nicht änderte, während der gegenüberliegende Betonkoffer sich dem Mittelträger um 2 mm genähert haben dürfte.