

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 81 (1963)
Heft: 48

Artikel: Dauermessungen mit Maihak-Fernmessgeräten bei der Staumauer Luzzone
Autor: Schmidt, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-66927>

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: 14.02.2026

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

Dauermessungen mit Maihak-Fernmessgeräten bei der Staumauer Luzzone

Von Dipl.-Ing. H. Schmidt, Blenio-Kraftwerke AG., Locarno

DK 627.825:531.7

1. Vorbemerkung

Nach Fertigstellung des Aushubs für die Staumauer Luzzone der Blenio S. A. im Spätherbst 1959 ereignete sich in der oberen linken Widerlagerzone am 4. Dezember 1959 ein Felssturz, der zum Glück keine Menschen und Aushubgeräte gefährdete, da die Arbeiten zwei Wochen vorher beendet worden waren. Rund 115 000 m³ Felsmaterial stürzte aus einer bis zu 80° geneigten Wand in die bereits ausgehobene Mauerfundierung, Bilder 1 u. 2.

Der Fels an der Sperrstelle besteht im Talboden, auf der ganzen rechten Flanke und auf der linken Flanke bis etwa auf Kote 1500 aus kompaktem Bündnerschiefer, von Kote 1500 aufwärts auf der linken Talseite aus Verfaltungen von Bündnerschiefer mit triadischem Schiefer. Im oberen Teil über Kote 1540 ist diese Zone stark zerklüftet und gestört. Die Ursache des Abrutschens der Flankenwand lässt sich nicht mehr einwandfrei feststellen. Wahrscheinlich ist sie auf ein Unterschneiden der Schichten und auf die Erschütterungen während der Aushubarbeiten zurückzuführen.

Nachträglich ausgeführte erweiterte Sondierungen (Stollen und Bohrungen) zeigten im verbliebenen Teil der Wand noch starke Klüftungen und Störungen, weshalb die ursprünglich vorgesehene Ausbildung des oberen linken Wider-

lagers nicht mehr möglich war. Man entschloss sich daher, das durch den Felssturz verlorene «Fleisch» durch eine künstliche Widerlagerverstärkung zu ersetzen, die gleichzeitig auch zur Abstützung der schlechten Felspartien dient. Die Erstellung dieses Stützkörpers war für die Arbeitssaison 1960 vordringlich. Es erforderte für die im Frühjahr 1960 anlaufenden Arbeiten (Wegräumen des Absturzmaterials, erweiterter Aushub und fast gleichzeitig beginnende Betonierung der Stützmauerblöcke) Sicherheitsmassnahmen, wozu die Felswand genau zu überwachen war.

2. Wahl der Messtellen und Messgeräte

Die geologische Begutachtung liess die Möglichkeiten weiterer Nachstürze der verbliebenen Wand offen. Bei der festgestellten Sachlage schien die Ueberlegung berechtigt, dass ein Felssturz im vorliegenden Fall nicht plötzlich erfolgen könne, sondern sich mindestens einige Zeit vorher durch periodisch grösser werdende Bewegungen anzeigen müsse. Zur rechtzeitigen Räumung der Baugrube von Arbeitern und Baumaschinen (Baggern, Bulldozern, Betoniergeräten usw.) vor Eintreten eines zu befürchtenden Sturzes war daher eine Dauerbeobachtung (Tag und Nacht) der Felswand unerlässlich.

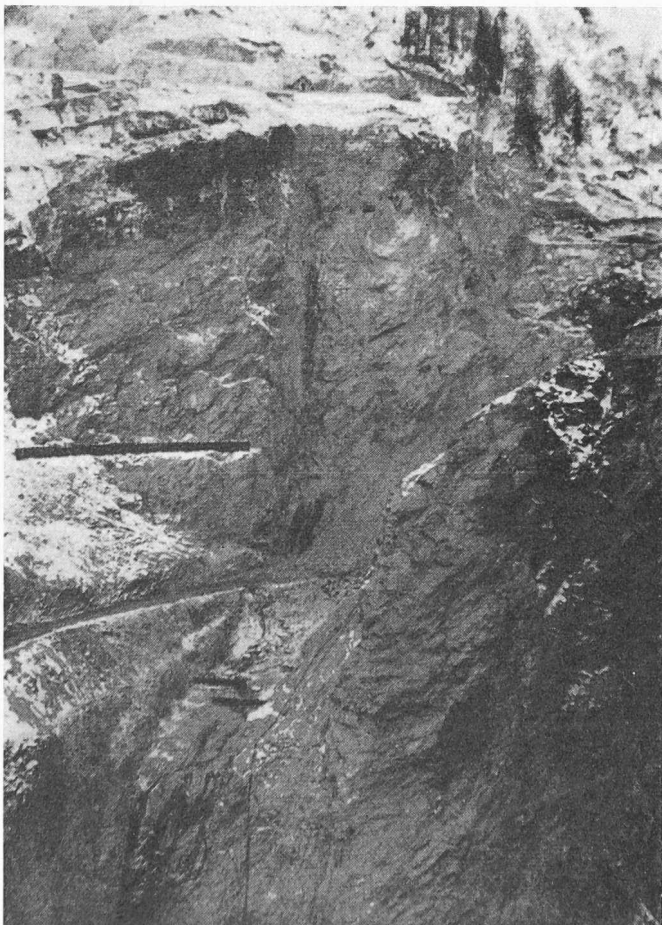


Bild 1. Aushubssituation vor dem Felssturz

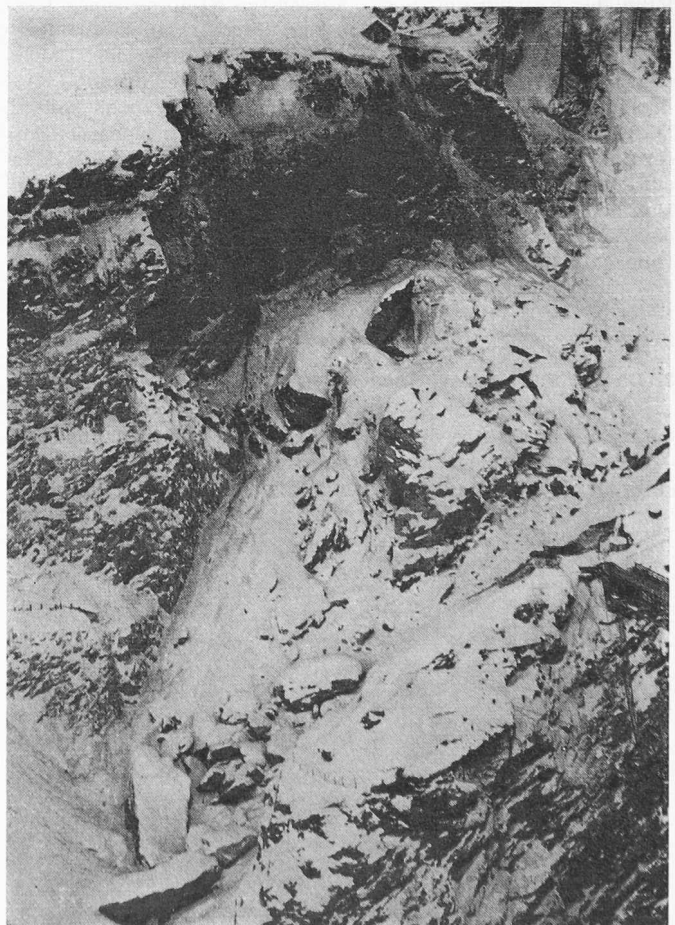


Bild 2. Situation nach dem Felssturz

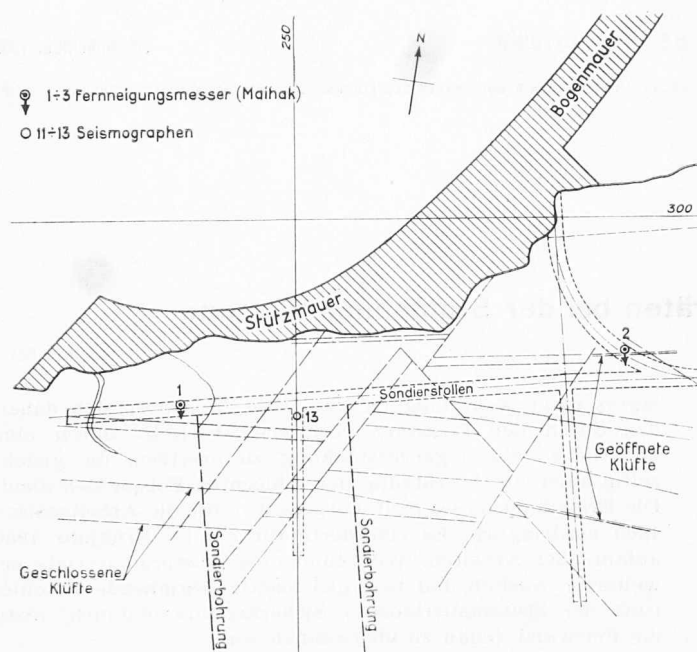


Bild 3a. Lage auf Kote 1592

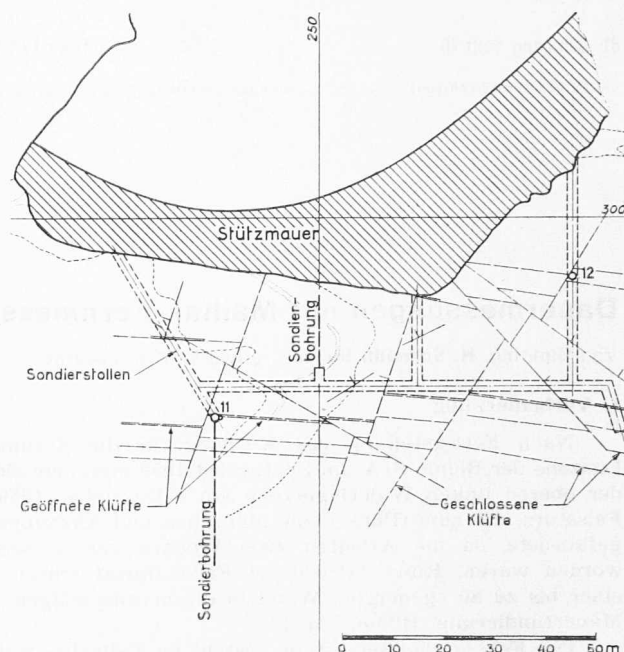


Bild 3b. Lage auf Kote 1560

Bild 3. Lage der Messgeräte auf der linken Flanke zur Beobachtung der absturzgefährdeten Felswand, 1:1500

Hiefür schienen neben Seismographen und laufenden geodätischen Kontrollen Fernneigungsmesser die geeigneten Messgeräte zu sein. Demzufolge wurden drei Fernneigungsmesser der Firma Maihak, Typ MDS 81a, an den charakteristischen Stellen der Wand eingebaut, Bild 3. Diese Stellen sind: für den Neigungsmesser Nr. 1 der Sondierstollen auf Kote 1592, rd. 20 m vom Stollenportal, für Messer Nr. 2 ebenfalls der Sondierstollen Kote 1592 in einer stark geöffneten Klüftung auf einer beweglich aufgehängten Schiene, Bild 4, für den Messer Nr. 3 die Gegenwagenfahrbahn der Kabelkrane in der äussersten Stellung eines Krans auf Kote 1637, Bild 5. In den Sondierstollen auf Kote 1560 und 1592 wurden zur Vervollständigung der Ueberwachung drei Phillips-Seismographen eingebaut, die das durch die Maihak-Anlage gewonnene Bild ergänzen sollten. Die Messzentrale ist in einer Holzbaracke in sicherer Entfernung von der Felswand eingerichtet worden, um die Messungen bis zum letzten Augenblick durchführen zu können. Von den einzelnen Gebern bis zum Empfangsgerät MDS 4 in der Zentrale waren etwa 570 m Zuleitungskabel erforderlich. Innerhalb des Stollens wurden die Kabel etwa 1,50 m hoch frei aufgehängt. Im Freien verlegte man sie in etwa 70 cm tiefen Gräben in Rohrleitungen, um sie zu einem späteren Zeitpunkt wieder unbeschädigt ausbauen zu können.

3. Das Maihak-Messverfahren

Die Messanlage besteht aus den Neigungsgebern MDS 81, dem Empfangsgerät MDS 4 und den Verbindungskabeln. In den Neigungsgebern ist eine schwingfähig gespannte Stahlsaite zwischen dem Gehäuse und einem Pendel gespannt. Das

Gebergehäuse wird mittels Anker fest mit dem Prüfobjekt verbunden. Eine Neigungsänderung des Prüfobjektes überträgt sich daher auch auf das Gebergehäuse, während das Pendel in lotrechter Lage bleibt. Infolge dieser Relativbewegung tritt eine Dehnungs- und damit Frequenz-Änderung der Messsaite ein. Die mechanische Schwingung der Messsaite wird über ein elektromagnetisches System in eine elektrische Schwingung gleicher Frequenz umgewandelt. Die vom Geber auf das Empfangsgerät übertragene Frequenzänderung ist ein Mass für die eingetretene Neigungsänderung.

Das automatische Digital-Empfangsgerät MDS 4 misst die Schwingungszeit von 100 Messsaiten-Schwingungen und drückt sie an den Zählröhren in Durchläufen einer konstanten 100 kHz-Hilfsfrequenz aus. Die an den Zählröhren erscheinende Zahl wird von einem Messwertdrucker MDS 4 dr abgefragt und auf Papierstreifen registriert. Das Intervall zwischen den Messungen lässt sich am Empfangsgerät vorwählen. Mit Hilfe von automatischen Messstellenwählern können beliebig viele Geber automatisch dem Empfangsgerät zugeschaltet werden.

Das oben beschriebene Frequenz-Messverfahren wird von der Firma Maihak auch für Fernmesswertgeber zur Messung von Dehnung, Temperatur, Kraft, Bodendruck, Porenwasserdruck, Felsdruck, Deformation, Torsion usw. angewandt. Es bietet den Vorteil der Messung über beliebige Entfernungen und über beliebig lange Zeiten, da die Geräte eine unbegrenzte Eich- und Nullpunktskonstanz haben. Schwankungen elektrischer Grössen, wie Kabel- und Uebergangswiderstände, Spannungen, Stromstärken und Kapazitäten beeinflussen, da es ein Frequenzmessverfahren ist, das Messergebnis nicht.

4. Dauer der Messungen

Die Installation der gesamten Messanlage war am 17. Mai 1960 beendet, worauf die Initialmessung vorgenommen werden konnte. Als Messdauer war die Zeit bis zur Fertigstellung der Stützmauer vorgesehen. Vom 17. Mai bis 26. November war die Anlage ununterbrochen Tag und Nacht in Betrieb. Die Geber wurden halbstündlich getestet, die Messergebnisse ausgewertet und in anschaulichen Diagrammen aufgetragen, so dass jederzeit ein Bild über Art und Grössenordnung der Bewegungen vorlag.

Am 9. November 1960 war die Stützmauer bis zur Kote 1586 ausgeführt (fertige Höhe mit Kronenausbildung 1592), so dass die Messungen hätten eingestellt werden können. Sie wurden aber im Dauerbetrieb noch bis zum 26. November fortgesetzt und danach über die Winterperiode 1960/61 mit einem Test je Woche bis Ende Februar 1961 weitergeführt.

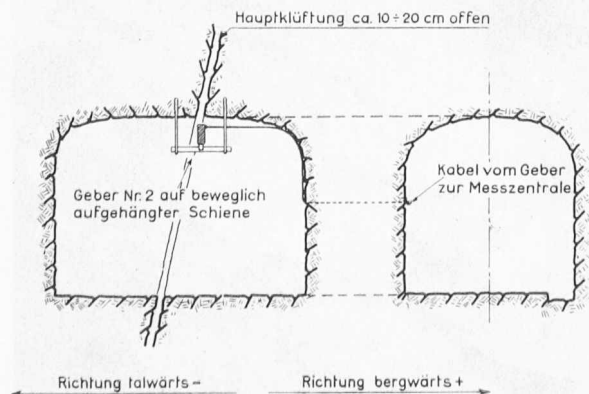


Bild 4. Lage des Gebers Nr. 2, 1:150

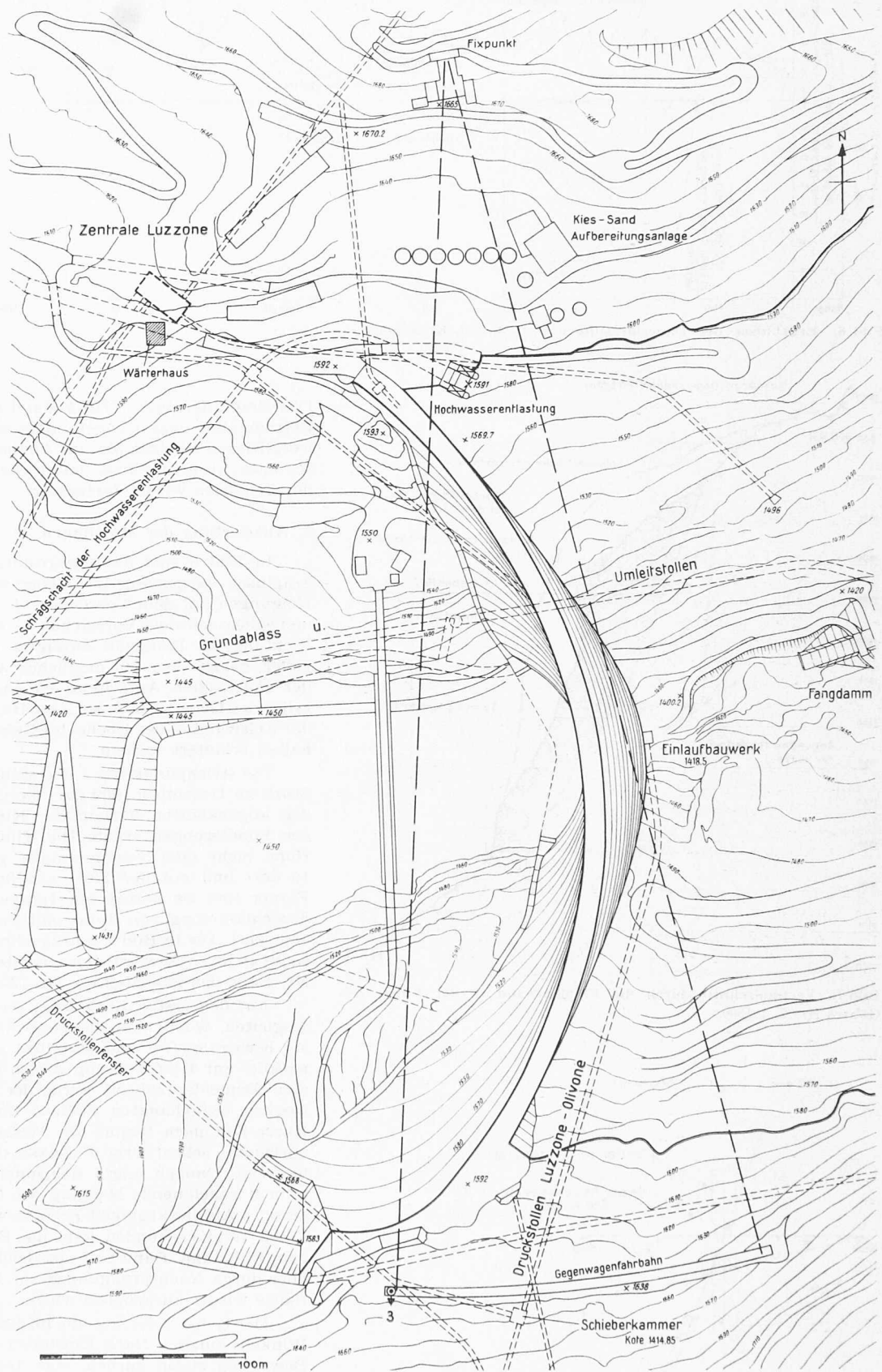


Bild 5. Gesamtsituation der fertiggestellten Staumauer Luzzzone, Masstab 1:3000

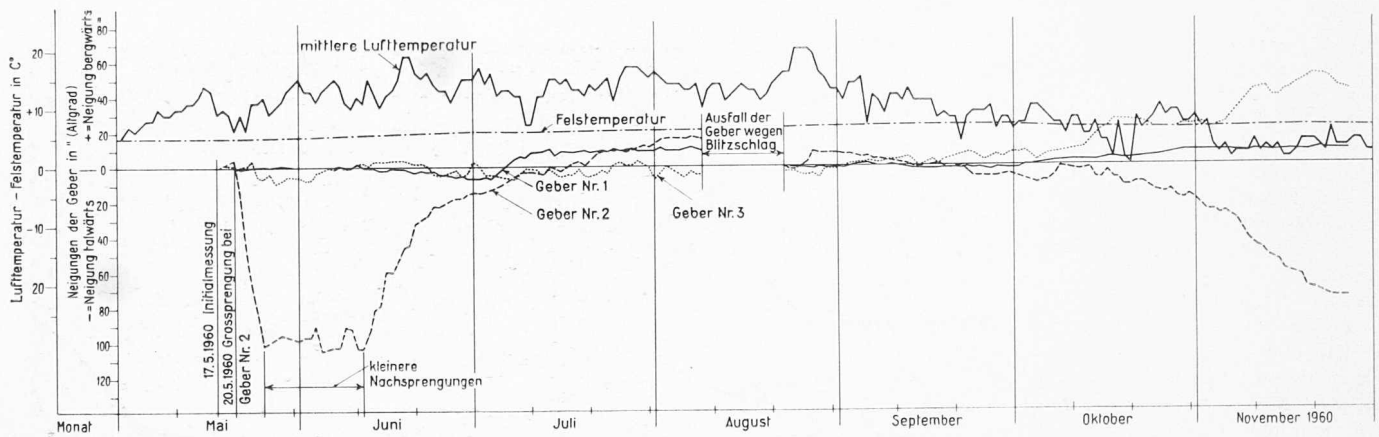


Bild 6. Ergebnisse der Dauermessungen mit Maihak-Klinometern

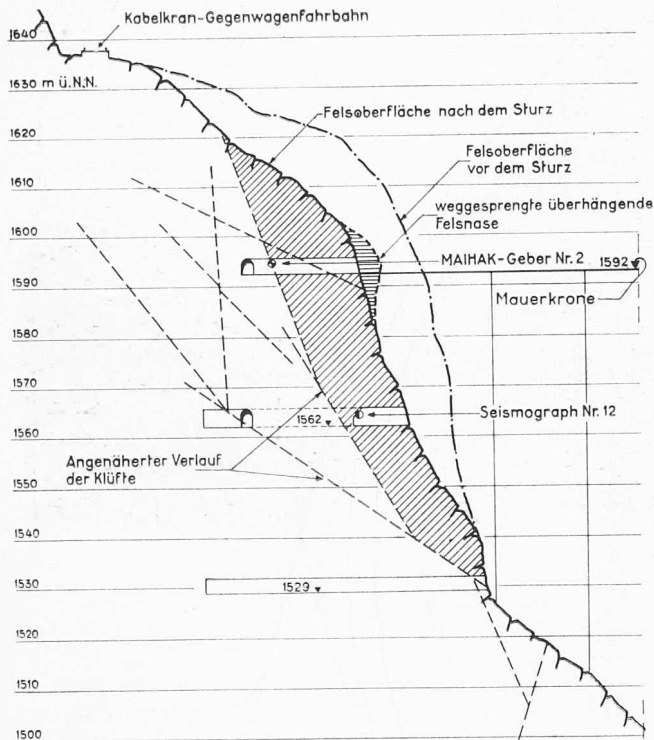


Bild 7. Vertikalschnitt durch die Flankenwand in der Ebene des Gebers Nr. 2, 1:1500

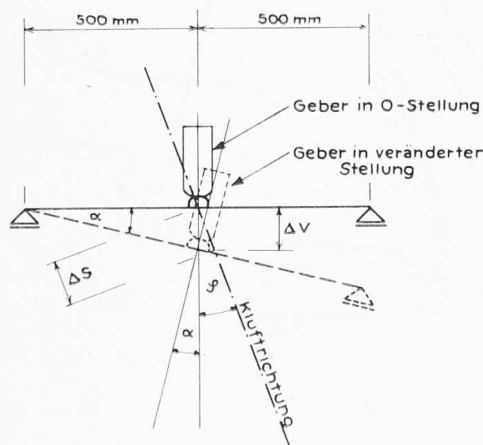


Bild 8. Berechnungsskizze

Tabelle 1. Gemessene Verschiebungen in Klüftrichtung

Tag	25. 5.	10. 6.	23. 11. 60	28. 2. 61
α	"	"	"	"
ΔS	mm	mm	mm	mm
	-102	-115	-75	-140
	0,2868	0,2965	0,1904	0,3607

Das Empfangsgerät MDS 4 stand somit rd. 4250 Stunden in Betrieb, ohne dass Mängel auftraten. Die Messungen wurden lediglich ein einziges Mal im August 1960, wegen eines Blitzschlages vorübergehend unterbrochen und nach Behebung des Schadens wieder fortgesetzt.

5. Auswertung der Messungen

In Bild 6 sind die Messresultate der Geber 1, 2 und 3 graphisch dargestellt. Die Geber wurden so eingebaut, dass Neigungen mit dem Vorzeichen + eine Bewegung bergwärts und solche mit dem Vorzeichen - eine Bewegung talwärts in Richtung der Baugrube anzeigten. Diese waren bedeutungsvoller, da sie über ein mögliches Abrutschen oder Abkippen der Felspartien Aufschluss gaben. In Bild 6 fällt die Anzeige des Gebers Nr. 2 auf. An Hand eines Vertikalschnittes der Felswand in der Ebene des Gebers, Bild 7, soll dieses Verhalten erläutert werden.

Die strichpunktierte Linie stellt den Felsverlauf vor dem Sturz im Dezember 1959 dar, die gestrichelten Linien zeigen den angenäherten Verlauf der Klüftungen, wie er sich aus den Sondierungen ergab. Die Klüfte sind mit zunehmender Höhe mehr oder weniger stark geöffnet (etwa von 2 bis 10 cm) und mit der Tiefe abnehmend nahezu geschlossen. Ferner sind sie immer mit Hangwasser gefüllt, das infolge Einschlämmung von Fein- und Feinstmaterial nur langsam absickert. Die in Bild 7 schrägschraffierte Felscholle sprach somit in ihren Bewegungen unmittelbar auf den Maihakgeber Nr. 2 und den Seismograph Nr. 12 an.

Auf den ersten Blick zeigt die Felscholle Tendenz zum Abgleiten, wenn man die bergwärts tiefer liegenden Zonen als bewegungsfrei und standfest annimmt. Eine Bewegung parallel zur Klüftrichtung schien daher am wahrscheinlichsten. Dementsprechend wurde der Geber Nr. 2 auf einer beweglich aufgehängten Schiene über der Klüft angebracht. Kurze Zeit nach Beginn der Messungen wurde die in Bild 7 horizontal schraffierte Felsnase durch eine Grosssprengung beseitigt. Danach zeigte sich innerhalb von fünf Tagen eine schnell zunehmende Neigung des Gebers 2 talwärts, so dass erhöhte Aufmerksamkeit geboten war. Bei einer Neigung von -102 Winkelsekunden kam die Bewegung jedoch zunächst zum Stillstand. Dann trat eine leichte Rückbewegung ein, die aber durch Nachsprengungen zur Begrädigung der Felsoberfläche wieder aufgehoben wurde.

Der Geber erreichte am 10. Juni den Tiefstwert bei -115 Winkelsekunden. Nach Einstellen der Sprengungen ging die Bewegung stetig zurück, war am 16. Juli wieder am Ausgangswert angelangt (± 0) und stieg weiter bis Mitte August auf +15 Winkelsekunden. Von Mitte August bis Anfang Oktober pendelten die Messwerte um den Nullpunkt, um dann gegen Ende November auf -75 Winkelsekunden langsam abzusinken. Die späteren wöchentlichen Messungen bis Ende Februar 1961 zeigten ein allmähliches Weiterabsinken auf maximal -140 Winkelsekunden.

Aus den gemessenen Neigungen ergaben sich die Verschiebungen der Felscholle, wie sie in Bild 8 angedeutet sind. Sie dürfen als ziemlich genau angesehen werden, da sie

mit den geodätischen Kontrollen übereinstimmen. In Bild 8 bedeutet: φ den Neigungswinkel der Kluft gegenüber der Vertikalen ($\varphi = \sim 23^\circ$) und α den gemessenen Neigungswinkel mittels Neigungsgeber. Daraus folgt

die Vertikalverschiebung $\Delta V = 500 \cdot \operatorname{tg} \alpha$
und die Verschiebung in Klufttrichtung $\Delta S = \Delta V / \cos \varphi$

Zur Erleichterung der Rechnung wurden die Altsekunden in Neusekunden umgewandelt. Es ergaben sich die in Tabelle 1 angegebenen Deformationen. Sie lagen, wie ersichtlich, durchaus im elastischen Bereich der Felsscholle, und es bestand somit nie eine ernstzunehmende Gefahr des Abrutschens.

Die Geber Nr. 1 und 3 zeigten während der ganzen Dauermessperiode keine bemerkenswerten Neigungsänderungen. Von Mai bis September pendeln sie in der Grössenordnung von maximal ± 10 Winkelsekunden um den Nullwert. Das stellenweise Zu- und Abnehmen der Neigungen des Gebers Nr. 3 während kurzer Zeitintervalle deutet auf die verschiedenen Laststellungen des einen Kabelkranes hin. Gegen Saisonende ist ein langsames Ansteigen zu beobachten, das sich aus dem Nachlassen der Zugkrafteinwirkung des Kranes einerseits und der beginnenden Stützwirkung der Mauer andererseits erklären lässt. Der Geber erreichte am 20. November eine Maximalanzeige von $+30''$. Gegen Februar 1961 war ein leichter Rückgang auf $+12''$ festzustellen, der auf Eisdruck in den oberen Kluftzonen hinweist (Frostsprengungen). Der durch die Volumenvergrößerung auf die Kluftwänden ausgeübte Druck dürfte jedoch keine hohen Werte annehmen, da das Eis die Möglichkeit hat, nach oben zu entweichen. Das Gefrieren des Kluftwassers wird bis zu einer Tiefe von etwa 5 m stattfinden, da die Felstemperatur von dieser Tiefe an über Sommer und Winter nahezu konstant bleibt. Sie liegt im Mittel bei 6°C mit Streuungen von $\pm 1^\circ\text{C}$, Bild 6.

Wie aus den Messresultaten der beiden Geber Nr. 1 und 3 ersichtlich ist, bestand auch für den rechten Teil der Felswand kein Anlass zu Befürchtungen. Die Wand blieb auch hier während der Ausführungsarbeiten der Stützmauer ruhig. Inzwischen wurde die Staumauer Luzzzone fertig betoniert, Bilder 5 und 9. Die grössten Schwierigkeiten bot die Erstellung des oberen Widerlagers, die aber dank der guten Ueberwachung der Felswand überwunden wurden.

Zum guten Gelingen hat hier die Maihak-Anlage einen wesentlichen Beitrag geleistet. Ein besonderes Verdienst am Zustandekommen sowie an der erfolgreichen Durchführung der beschriebenen Messungen kommt dem Schweizerischen Generalvertreter der Firma Maihak, *Paul Meier-Schroeder*, Zürich, zu. Er stand der Bauleitung bei der Projektierung

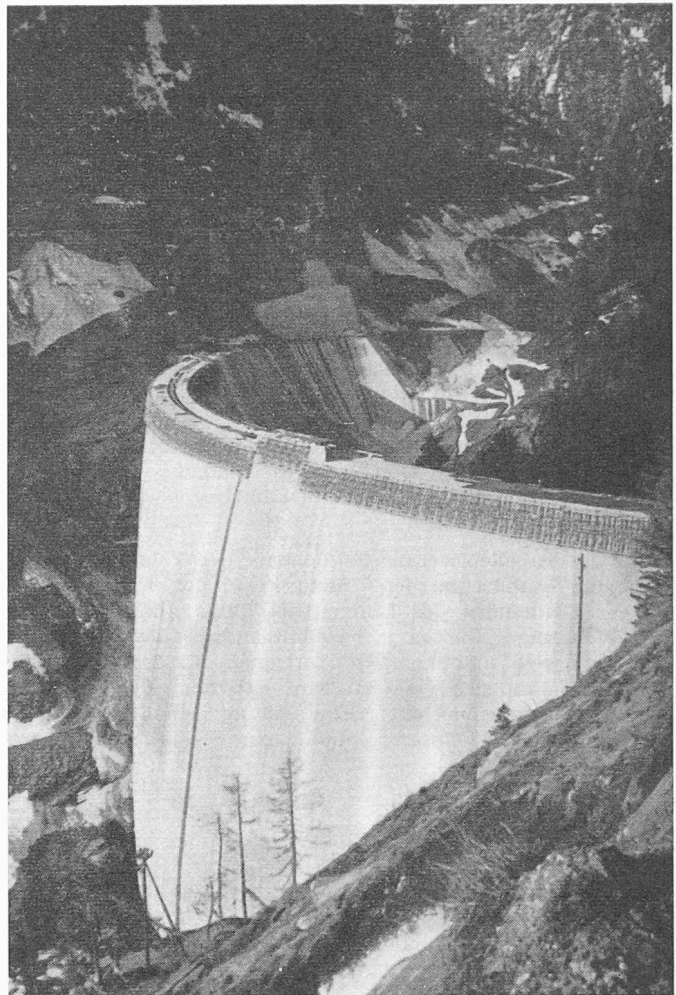


Bild 9. Staumauer Luzzzone, Gesamtansicht

und Aufstellung der Messeinrichtungen mit Rat und Tat bei und betreute diese während der langen Dauer der Messungen aufs beste. Hinsichtlich Genauigkeit und Messkonstanz wurden aussergewöhnliche Anforderungen über eine lange Messperiode gestellt und auch erfüllt. Für ähnliche Fälle kann der Fernneigungsmesser dieser Firma bestens empfohlen werden.

25 Jahre Schweizerische Kommission für Elektrowärme

DK 061.2:621.364

Unter dem Vorsitz ihres Präsidenten, Direktor *U. V. Bütikofer*, AEK, Solothurn, hielt die Studienkommission der SKEW am 18. Okt. 1963 in Zürich eine Arbeitssitzung ab; sie war zugleich eine Jubiläumssitzung, kann doch die Kommission auf 25 Jahre ihres Wirkens zurückblicken. Dabei wurden u. a. folgende Sachfragen besprochen: Die weitere Behandlung des im Auftrage der Kommission von *P. Senn*, Baden, ausgearbeiteten Berichtes über die Rückwirkungen des Anschlusses von Lichtbogenöfen auf die Betriebsverhältnisse der Verteilnetze, der als Fachbericht dem 5. internationalen Elektrowärmekongress in Wiesbaden eingereicht und dort diskutiert wurde. Besprochen wurde insbesondere auch die Ausarbeitung von zukünftigen Messrichtlinien für Untersuchungen beim Anschluss von Lichtbogenöfen sowie die Messung des «Flackerns» bzw. «Flimmerns» sowie die zukünftige Zusammenarbeit auf diesem Gebiet mit dem Ausland. Grosses Interesse fand sodann auch der vorliegende Teilbericht von *P. Bommer*, Breitenbach, über die Heizung und Trocknung mit Infrarotstrahlen, der speziell die physikalischen Grundlagen in umfassender Weise behandelt. Der 2. Teilbericht, der sich vor allem mit der Anwendung von Infrarotöfen sowie den Auswirkungen auf das Wärmegut befassen soll, wird bis Frühjahr 1964 ausgearbeitet werden. In einem weiteren Traktandum wurde sodann über den derzeitigen Stand der Untersuchungen an ölgeheizten, mit der

Zentralheizung kombinierten Warmwasseranlagen von *H. Lienhard*, Zürich, orientiert, sowie ein zusammenfassender Bericht über die ausgeführten Messungen und Studien in Aussicht gestellt.

An der Jubiläumssitzung hielt sodann der Präsident ein Referat über die Entstehung und Entwicklung der Schweizerischen Kommission für Elektrowärme sowie deren Aufbau und Zielsetzung von heute. Diesem ist unter anderem zu entnehmen: «Das allgemeine Ziel der als Schweizerische Kommission für Elektrowärme (SKEW) bezeichneten Organisation ist das Studium aller im Zusammenhang mit der Erzeugung und dem Einsatz von Elektrowärme auftretenden technischen und wirtschaftlichen Probleme. Die eigentliche Arbeit wird durch die Studienkommission geleistet, die sich wie folgt zusammensetzt: Ein Vertreter der Wissenschaft (Hochschule), je zwei Vertreter der Fabrikanten elektrophysikalischer Apparate für Industrieanwendungen und Anwendungen in Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft, dann vier Vertreter der Konsumenten von Elektrowärme (Industrie, Haushalt, Gewerbe, Landwirtschaft), sowie acht Repräsentanten der Elektrizitätswerke und ein Mitglied der Geschäftsstelle.

Die Studienkommission bearbeitet mit Hilfe von Arbeitsgruppen die gestellten Aufgaben, die je unter der verant-