

DIE TALSPERREN ÖSTERREICHS

SCHRIFTENREIHE · HERAUSGEGEBEN VON DER
ÖSTERREICHISCHEN STAUBECKENKOMMISSION
UND DEM ÖSTERREICHISCHEN WASSERWIRTSCHAFTSVERBAND WIEN · SCHRIFTFÜHRUNG:
PROF. DR. HERMANN GRENGG

HEFT 1

Prof. Dr. A. W. Reitz

*Beobachtungseinrichtungen an
den Talsperren Salza-Hierzmann
Ranna und Wiederschwing*

WIEN 1954 · IM SELBSTVERLAG DES
ÖSTERREICHISCHEN WASSERWIRTSCHAFTSVERBANDES

DIE TALSPERREN ÖSTERREICHS

HEFT 1

Prof. Dr. A. W. Reitz
Beobachtungseinrichtungen an
den Talsperren Salza-Hierzmann
Ranna und Wiederschwing

WIEN 1954 · IM SELBSTVERLAG DES
ÖSTERREICHISCHEN WASSERWIRTSCHAFTSVERBANDES

ZUM GELEIT!

Jahrtausende alt ist das Bestreben des Menschen, das Wasser sich und seinem Schaffen nutzbar zu machen und ebenso alt ist auch die Talsperrenkunst selbst. Es ist ein langer Weg von den Wasserbauten der Völker des Altertums, die vor allem der Bewässerung dienten, über die Kraftnutzungs-Sperren der Bergknappen der Harzbergwerke am Ausgang des Mittelalters und der Goldgräber Nordamerikas, bis zu den Schöpfungen unserer Tage. Reich ist die Geschichte dieser Bauwerke und vielfältig sind die Wandlungen, die sie im Laufe der Zeit mitgemacht haben. Waren es einst durchwegs einfache Massivbauten aus Erde oder Stein, welche dem jeweiligen Stande der Technik angepasst waren, so treten in der Gegenwart oftmals schlanke und schlankste Mauern aus Beton und Stahlbeton an deren Stelle und dokumentieren damit sinnfällig den Fortschritt des Bauingenieurwesens.

Doch nicht allein das Material und die Form lassen uns zwischen den einzelnen Sperren unterscheiden, sondern auch ihre Bestimmung selbst. Die dem Begriff der allumfassenden Wasserwirtschaft zugeordnete Mehrzweckanlage tritt heute vielfach an Stelle des nur einer einzigen Aufgabe gewidmeten Bauwerkes. Besonders der gewaltig anwachsende Energiebedarf unserer Tage hat es mit sich gebracht, dass sich auch im Falle einer anderen Primärbestimmung einer Sperre die fast immer zusätzlich noch mögliche Stomerzeugung zur Seite stellt. So dient denn heute fast jede Talsperre neben der Kraftnutzung und dem Hochwasserschutz mit mehr oder minder grossen Anteilen der Bewässerung, der Trinkwasserversorgung oder der Niedrigwasseraufbesserung für Zwecke von Schiffahrt und Flösserei.

Trotz der Fülle der eben genannten Aufgaben darf es aber nicht wundernehmen, wenn der Talsperrenbau in Österreich noch relativ jung ist. Ohne Schwierigkeiten konnten hier nämlich bis zum Ende des ersten Weltkrieges die Erfordernisse der Wasserwirtschaft auch ohne grössere Kunstbauten befriedigt werden, und erst der nach dem Entfall der heimischen Kohlefelder einsetzende Wasserkraftausbau brachte einen kräftigen Impuls für die Errichtung von Talsperren mit sich, als es galt, die in unseren alpinen Gegenden herrschende Gangcharakteristik der Wasserläufe durch den Bau von Grossspeichern den Bedürfnissen der Energiewirtschaft entsprechend zu verbessern.

Auch in unseren Bergen trifft nun der Wanderer neuerdings eine stets wachsende Zahl von künstlichen Speicherseen an, die sich würdig ihren natürlichen Vorbildern anreihen. Einmal sind es massive Gewichtsstaumauern, die

dem Wasserdruck standhalten, dann wieder elegant geschwungene Schalensperren, die sich gegen die Talflanken stützen und auf diese Weise den Abschluss des Stausees bilden.

Sie alle tragen, was äussere Form, Bemessung und inneren Aufbau betrifft, die unsichtbare Jahreszahl ihrer Errichtungszeit an sich. Beim Bau jeder einzelnen unter ihnen waren die Konstrukteure bestrebt, sich die bisherigen Erfahrungen des In- und Auslandes nutzbar zu machen, um früher häufig begangene Fehler und Irrtümer zu vermeiden.

Heute besitzt Österreich bereits eine ansehnliche Anzahl bedeutender Talsperren modernster Konstruktion, die sich nicht mit dem Nachempfinden von Vorbildern begnügen. Die Fortschritte des Massenbetonbaus, verbunden mit der Anwendung neuer Methoden der statischen Berechnung und ihrer Kontrolle durch eine stets verfeinerte Messtechnik haben dazu beigetragen, dass heute Bauwerke entstehen, deren Abmessungen, Form und Wirtschaftlichkeit man vor nicht allzu langer Zeit für kaum möglich gehalten hätte.

Wenn nun im Zuge dieser Schriftenreihe Einzelheiten aus Planung, Bau und Betrieb österreichischer Stauwerke bekanntgegeben werden, so möge dies einerseits dazu dienen, unser bedeutendes Erfahrungsmaterial einem grösseren Kreis von Interessenten zugänglich zu machen und soll dies andererseits auch ein Dank an jene sein, die durch ihr Wirken den Fortschritt in unserem Lande begünstigten.

Die Staubeckenkommission im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, die auch die Aufgaben eines österreichischen Nationalkomitees der Internationalen Kommission für grosse Talsperren übernommen hat, und der Österreichische Wasserwirtschaftsverband, die gemeinsam die Herausgabe dieser Schriftenreihe besorgen, hoffen damit einem allgemeinen Bedürfnis, aber auch den Interessen der österreichischen Techniker zu dienen.

Die Schriftleitung hat in liebenswürdiger Weise der o. Professor des Wasserbaues an der TH Graz, Dipl. Ing. Dr. Hermann Grengg, Mitglied der Staubeckenkommission und des Hauptausschusses des Wasserwirtschaftsverbandes, übernommen, wofür ihm an dieser Stelle wärmstens gedankt werden soll.

Das vorliegende erste Heft der Schriftenreihe stellt zunächst die allgemeine Problemstellung und eine Übersicht voran, worauf entsprechend der grundlegenden Bedeutung, die den Messungen, Beobachtungen und Versuchen an ausgeführten Sperren zukommt, verschiedene messtechnische Einrichtungen, die sich in der inländischen Baupraxis bewährt haben, beschrieben werden.

Dozent Dipl. Ing. Dr. Bernhard Ramsauer

Sektionschef im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Vorsitzender der Österreichischen Staubeckenkommission.

Dozent Dipl. Ing. Dr. Oskar Vas

Oberbaurat und Vorstandsmitglied der Österr. Elektrizitätswirtschafts-A. G.
Geschäftsführender Vizepräsident des Österreichischen Wasserwirtschaftsverbandes.

VORWORT DER SCHRIFTLLEITUNG.

Die zwanglose Folge von Berichten, deren erster der Fachwelt hiemit vorgelegt sei, will unseren österreichischen Talsperren dauernde Aufmerksamkeit sichern. Die bisher üblichen und nicht selten geglätteten Bauberichte reichen nur zur Eröffnung jenes Erfahrungsumsatzes aus, der für die weitere Entwicklung unserer Talsperrentechnik bestimmend sein wird, nicht aber vermögen sie dauernd wirksam zu bleiben. Auch die wasserrechtliche Kollaudierung ist keine 'Endbeschau', sondern eigentlich eine 'Anfangsbeschau'; sie kann keine volle Gewähr für späteren ordnungsmässigen Bestand geben. Entscheidend wichtig ist daher die fortlaufende Beobachtung, und je länger diese lückenlos andauert, umso wertvoller wird sie für die Erfüllung der Erhaltungs- und Betriebsaufgaben, für die Grundlagenforschung der Wasserwirtschaft, für den Fortschritt einer besonders schwierigen Bautechnik und für die Sicherung vor Katastrophen sein, die die Aufsichtsbehörde wahrzunehmen hat. Und so ist denn im Folgenden der Beobachtung und der zugehörigen Ausdeutung der erste Platz gewidmet.

Insgesamt sind die Forschungsziele, die sich das vorliegend begonnene Unternehmen setzt, die folgenden:

- 1.) Studium von Klima und Witterung des Standortes; Temperaturbeobachtung im Stausee; die Eisdecke und ihr Aufbruch; Schlammführung, sonstige Veränderungen im Stauraum, Verlandung; chemische Kontrolle des Wassers.
- 2.) Studium der Wasserwirtschaft und ihrer hydrographischen Basis, wie sie sich aus dem Füllungs- und Verbrauchverlauf ergeben; der Speicher als Messgefäss; der Bauwerksüberfall als Messüberfall; Kontrolle der Freiwasser- und der Triebwasserbewegung.
- 3.) Der Aufbau der Baukörper und ihre laufende Materialkontrolle; das Gründungsverhalten und die morphologischen Veränderungen im Baugrund; Beobachtung der Sickerverluste.
- 4.) Beobachtung der Bauwerksbewegungen und des jeweiligen Wärmezustandes im Tragkörper und im Boden.
- 5.) Deutung der Bauwerksbewegungen.

Zunächst waren die zu betreuenden Bauwerke festzustellen und auszuwählen. Eine wohlverstandene Statistik zwingt nicht nur zu eingehender Beschäftigung mit den Bauwerken, sondern auch zur Klarlegung der angewendeten Grundbegriffe um sie richtig in absoluten Massen und Vergleichswerten wiederzugeben zu können.

Was eine 'Talsperre' sei, versuchen die sogenannten Talsperren-Anleitungen und Verordnungen der einzelnen Bauherrenländer durch Kennzahlen zu definieren, wobei das Grössenverhältnis zwischen Bauwerk und Gewässer nicht ganz zu seinem Recht kommt. Eine weitere Schwierigkeit schafft die universelle Bedeutung der fremdsprachigen Ausdrücke 'dam' (englisch-amerikanisch),

'barrage' (französisch), 'diga' (italienisch) und 'dique' (spanisch), die zum grössten Teil auch unser 'Wehr' einbegreifen. Vollends verwirrend wirkt die im deutschen Sprachgebrauch aufkommende Unart, unseren 'Damm' durch das englische Wort 'dam' seines guten alten Namens zu berauben.

Die stärkere Ausdrucksfähigkeit der deutschen Sprache ist kein Nachteil, sondern ein Vorteil. Man braucht nur aufmerksam in sie hineinzuhorchen, um 'Talsperre' und 'Wehr' gegeneinander abgrenzen zu können. Funktionell scheint der planmässig veränderte Stau die Talsperre zu bezeichnen, doch gibt es auch hohe Wehre mit Speicherbetrieb. Die wasserwirtschaftliche Betrachtung trifft also nicht den konstruktiven Kern der Sache. Man hält sich mit mehr Erfolg an den Wortsinn. Eine Talsperre 'sperrt das Tal': damit ist der unbewegliche Staukörper gemeint, während eine feste Wehrschwelle 'das Tal noch nicht sperrt', also als Kennzeichen ausscheidet. Das Wehr gibt überhaupt und in jedem Fall die Durchströmung frei. Wer hier die Formel vermisst, möge sich anhand der Liste der 31 zu behandelnden Objekte überzeugen, dass die Entscheidung in keinem Einzelfall zweifelhaft ist. Die Wasserfassungs- und Speicherungsanlage des Kleinspeicherwerkes Partenstein z. B. ist ein Wehr, weil die beweglichen Schützen bis zur Flusssohle reichen und bei Hochwasser der Durchströmungscharakter vorherrscht, dagegen ist die Sperre Langmann ⑥ des Kleinspeicherwerkes Arnstein ungeachtet ihres den Gewichtsmauerkörper differenzierenden Grundablasses ebenso eindeutig eine kleine Talsperre.

Das Auswahlresultat sind die bereits erwähnten 31 Bauwerke in Betrieb oder in Bau. Entwürfe, auch wenn sie noch so baunah sind, bleiben ausser Betracht. Die laufende Nummerierung ist chronologisch zu verstehen, sodass sich die Liste zwanglos fortsetzen wird und jedes Bauwerk seine Kenn-Nummer behält.

Die beigegebene Kartenskizze dient der topographischen Orientierung.

Was die Bestimmung der Grössenordnung anlangt, so war hiefür ein einzelnes Längenmass nie brauchbar; und seit der echte Damm und vor allem das Gewölbe die Gewichtsmauer verdrängen, ist die Bauwerksmasse nur mehr ein Gruppenkennzeichen. Es sei hier der Vorschlag wiederholt, den Wasserdruck auf das ursprüngliche Talprofil und zwar auf eine ideelle, nach oben durch das Stauziel und im übrigen durch die Geländelinie begrenzte ebene Figur unter dem Stichwort 'Nennbelastung' als Mass zu nehmen. Gewiss liegt in der Wahl des zweidimensionalen Talprofiles, besonders bei bogenförmigem Sperrgrundriss eine gewisse Willkür, doch es genügt, zwei bis höchstens drei Ziffern an eine Kennzahl zu wenden, die von der Bauart unabhängig ist. Nach dieser 'Nennbelastung' ordnet sich die erwähnte Liste ohne jeden Zwang, und später wird es möglich sein, von der Nennbelastung ausgehend Werturteile zu fällen.

Den Standort der Talsperre bezeichnen am einfachsten die geographischen Koordinaten. Beim Einzugsgebiet ist die durch Beileitungen künstlich erweiterte Fläche in der Klammer beigelegt. Unter den übrigen allgemeinen Bestimmungsstücken sei das 'Stauziel' als der planmässige Höchststau definiert, der nur von unvorhergesehenen, nicht bewirtschaftbaren Hochwässern überschritten würde und vielfach mit der Schwelle eines freien Überfalles übereinstimmt. Die

Unsicherheit in den meist widerspruchsvollen Höhenangaben kann man am besten dadurch vermeiden, dass man eine 'Höhe über alles' vom tiefsten Punkt der Gründung bis zum wirklichen Scheitel des Bauwerkes rechnet, den Freibord mit einbezieht, und die Höhenlage der Gewässersohle ausser Acht lässt. Diese 'Höhe über alles' gibt doch ohne Willkür einen ungefähren Anhaltspunkt für die Grösse der auftretenden Wasserdrücke.

Die Benennung des Bautyps ist schwieriger. Das Symbol 'D' für den Damm verzichtet für diese Bauweise auf eine weitere Unterscheidung. Es kommt zweimal als Hauptkörper (13 und 17) und zweimal als Nebenkörper (10 und 24) vor. Bei den Gewichtsmauern versuchte man solche mit atmenden Fugen und solche mit vergossenen Fugen zu unterscheiden, aber die letzteren sind nur im Bogen möglich und also bereits Gewölbegewichtsmauern. Die Gewichtsmauer (Symbol 'G', und zwar mit gerader Krone 'G_g' und Krone im Bogen 'G_b') ist somit charakterisiert durch atmende Fugen und das Fehlen einer räumlichen Verspannung. Sobald das Vergiessen der Fugen der Bogenform statische Bedeutung verleiht, darf man 'Gewölbe' sagen. Solange sich im Gewölbe das Gewicht am Widerstand gegen den Wasserdruck beteiligt, liegt eine Gewölbegewichtsmauer vor, und es erscheint aussichtslos, etwa nach dem Ausmass der Lastverteilung im Mittelschnitt 'eigentliche' Gewölbemauern herauszuholen zu wollen. Wohl aber ist die Unterscheidung nach der Formgebung in Rotationskörper (Symbol 'GWr', auch Zylindermauer genannt) und doppelt gekrümmte Schalen (Symbol 'GWj', Gleichwinkelmauer) leicht durchführbar. An der äussersten Grenze dieser Untergruppe liegen die Drossensperre ②⑨ gegen das Gewölbe zu und die Margaritzensperre ②⑦ gegen die Gewichtsmauer zu. Eine reine Gewölbemauer läge vor, wenn das Gewicht nur mehr Belastung wäre wie bei der Kuppel (Symbol 'GWk'), doch trägt der österreichische Boden kein solches Objekt; am nächsten kommt diesem Typ die Sperre Bächental ②③.

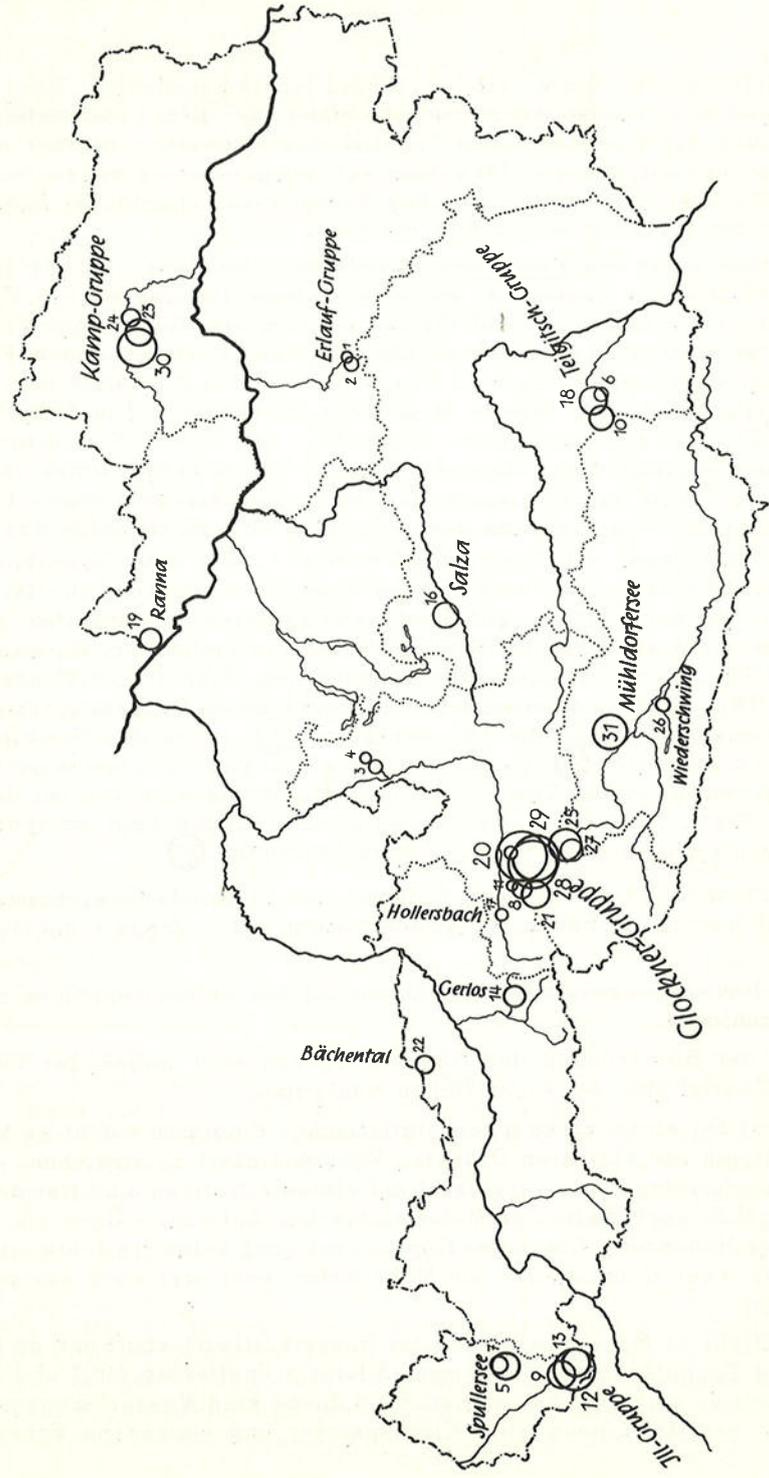
Insgesamt führt die Liste an Betonsperren 11 gerade Gewichtsmauern und 5 Gewichtsmauern im Bogen, 4 Zylindermauern und 9 doppelt gekrümmte Gewölbe.

Die Bauwerksmasse bezieht sich nur auf den Talsperrenkörper, nicht aber auf Nebenanlagen.

Bei der Bezeichnung der Bauzeit ergeben sich wegen der Vorarbeiten vielfach Zweifel über den eigentlichen Baubeginn.

Selbst bei einem so knappen statistischen Programm macht es Mühe, bei einigen älteren und kleineren Objekten Vollständigkeit zu erreichen. - Das folgende Literaturverzeichnis verzichtet auf kleinere Notizen und fremdsprachige Inhaltsangaben nach Berichten österreichischer Autoren. - Über die vier Talsperren der Höhenzone Glockner-Kaprun sind noch keine Berichte erschienen und für die zwei Hauptsperrungen am Moserboden wohl erst nach einigen Jahren zu erwarten.

Sämtliche 31 Bauwerke dienen der Wasserkraftwirtschaft und da nicht weniger als 4 Doppelsperren vorkommen (Silvretta, Spullersee, Müll und Moserboden), handelt es sich um 27 Speicher. Zwei davon sind Wasserfassungsspeicher (Bächental und Müll), neun sind Kleinspeicher und sechzehn Grosspeicher.



Name		Geographische		Gewässer	Einzugsgebiet	Hauptgestein	Stanzziel	Speicher	Nennlast	Höhe über alles	Bauwerksmasse	Baujahr		
der Talsperre	des Werkes	Koordinaten												
		n. B.	ö. v. G.											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Nr.			o	o		km ²		Seehöhe in m	hm ³		10 ⁹ t	m	m ³	
20	Limbergsperre	Kaprun - Hauptstufe	47 12	12 43,5	Kapruner Ache	50 (124)	Kalkglimmerschiefer	1672		GWj	757	120	443.600	1939-51
28	Mössersperre	Kaprun - Oberstufe	47 10	12 44	Kapruner Ache	22(96)	Kalkglimmerschiefer, Glimmerschiefer und Grünschiefer	2035	86	GWj	498	95	650.000	1951-55
29	Drossensperre	Kaprun - Oberstufe	47 10	12 44	Kapruner Ache	37(45)	Gneis	2030	38,6	Gq	312	80	430.000	1952-55
12	Silvrettsperre	Obervermunt	46 55	10 05	III	890	Phyryrtiger Granit	495	73	GWj	210	68	ca. 130.000	1939-48
30	Sperre Ottenstein	Kampwerke	48 35,5	15 20	Kamp	2.577,8	Kerngneis	2319	7,9	Gb	157	47	145.000	1953-
31	Sperre Mühltal	Mühltalberleitung	47 104	12 46	Möll	45(65)	Kalkglimmerschiefer	2000	3	GWj	79	92	34.550	1950-52
25	Mölsperre	Teigtischwerk	46 59,5	15 05	Teigtischbach	180	Gneis	708	7,2	GWj	75	58	43.000	1948-50
18	Hierzmannsperre	Werk Parthenen	46 56,5	10 03,5	III	940	Gneis	1743	5,4	Gq	71	57	142.000	1928-31
23	Dobrusperre	Kampwerke	48 35,5	15 24	Kamp	58(193)	Gneis	436	20	GWr	69	52	87.000	1928-31
5	Spullerseeperre Süd	Spullerseewerk	47 09,5	10 04,5	Spullersee	11()	Lasfleckenergestel	1825	12,4	Gq	57	37	63.000	1921-25
13	Bielertamm	Werk Obervermunt	47 08	12 38	III	37(45)	Grundmoräne	2030	38,6	D	56	34	19.000	1940-47
21	Weisseeperre	Stubachwerk	47 09,5	10 04,5	Weissee	5()	Granitgneis (Kerngneis)	2250	15,7	Gq	46	38	63.000	1950-52
16	Salzperre	Salzwerk	47 29,5	13 57	Salza	150	Dachsteinkalk	771	10,5	GWj	46	52	23.000	1947-49
19	Rannasperre	Werk Ranna	48 13	13 46,5	Ranna	164	Gneisgranit	493	2,5	GWj	31	53,5	23.000	1948-50
27	Marganzitzensperre	Möltalberleitung	47 04	12 46	Möll	45(65)	Kalkglimmerschiefer	2000	3	GWr	27	40	33.100	1951-52
10	Sperre Pöck	Teigtischwerk	46 59	15 01,5	Pöckerbach	63	Gneisglimmerschiefer	888	5,4	Gb+D	26	33	39.000	1929-31
8	Tauernmoosperre	Stubachwerk	47 09,5	12 39	Stubache	22(8)	Granitgneis m. Salzschiefereinlagerungen, Lasfleckenergestel	2003	22,4	Gq	21	30	28.500	1928-29
7	Spullerseeperre Nord	Spullerseewerk	47 09,5	10 04,5	Spullersee	11()	Gneis, Lasfleckenergestel	1825	12,4	Gb	11	25	24.000	1923-25
14	Gerlosperre	Gerloswerk Zell	47 13	11 59,5	Gerlosbach	144	Quarzschiefer	1190	0,9	GWj	10	37	7.390	1943-45
2	Sperre Thurnberg - Wegscheid	Kampwerke	48 36	15 29	Kamp	1010	Gneis und Amphibolit	364	2,5	Gq+D	10	24,5	1.100	1950-52
15	Sperre Blürg	Kaprun - Nebenstufe	47 15,5	12 44,5	Kapruner Ache	27	Kalkglimmerschiefer	847	0,2	Gq		22	1.100	1946-48
22	Bächentalperre	Dürrachtalberleitung	47 30,5	11 35,5	Dürrach	55	Hauptdolomit	952		GWj	7,2	34	2.810	1950-51
2	Sperre Erlaufklause	Erlaufwerke	47 50	15 17	Gr. Erlauf	45	Dolomit	779	2,1	Gq		35	22.000	1908-11
6	Langmannsperre	Teigtischwerk	46 59	15 06,5	Teigtischbach	170	Gneisglimmerschiefer	631	0,3	Gq	4,4	27	12.000	1922-24
3	Wiestalsperre	Wiestalwerk	47 44,5	13 08,5	Almbach	175	Hauptdolomit	550	6,5	Gb	3,5	35,5	11.500	1910-13
4	Strubklammperre	Strubklammwerk	47 46,5	13 13	Almbach	100	Hauptdolomit	606,5	2,7	Gb		36,5	9.140	1920-24
26	Sperre Wiederschwing	Werk Kamering	46 43,5	13 35	Weissenbach	125	Phyllit	675	1,0	GWr	2,3	15	8.000	1951-52
11	Sperre Enzingerboden	Stubachwerk	47 10,5	12 38	Stubache	39(45)	Peridotit und Blockwerk	1463,5	0,2	Gq	1,7	29	16,5	1937-40
17	Hollersbachdamm	Hollersbachwerk	47 15,5	12 24	Hollersbach	68	Grünschiefer und Phyllit	879,6	0,15	D	1,5	16,5	16.000	1948-49
1	Sperre Wienerbruck	Erlaufwerke	47 51,5	15 18	Gr. Lassing	31	Dolomit	789,7	0,35	Gq		10,5	2.500	1908-11

BEOBACHTUNGSEINRICHTUNGEN AN DEN TALSPERREN
SALZA ⑯ , RANNA ⑰ , HIERZMANN ⑱ UND WIEDERSCHWING ⑳
Von A. W. Reitz; Cairo.

Inhalt:

1. Einleitung.
 - 1,1. Aufgabenstellung.
 - 1,2. Die Beobachtungsgrößen.
 - 1,3. Der Umfang der Auslegung.
2. Die Messgeräte und ihr Gebrauch
 - 2,1. Beobachtungen in der Umgebung der Sperre.
 - 2,11. Stauhöhe,
 - 2,12. Wassertemperatur,
 - 2,13. Lufttemperatur,
 - 2,14. Wetter.
 - 2,2. Temperaturmessung in der Sperre, Mauerthermometer.
 - 2,21. Das Mauerthermometer.
 - 2,22. Messpunkte, Temperaturprofil, Isothermen.
 - 2,3. Die Loteinrichtung; Lotschacht, Lot, Koordinatenwinkel.
 - 2,31. Zentrierung und Aufhängung.
 - 2,32. Lotdraht und Gewicht.
 - 2,33. Das Ablesegerät: der Koordinatenwinkel.
 - 2,34. Orientierung des Koordinatenwinkels und Auswertung.
 - 2,4. Die Dehnungsmessung.
 - 2,41. Gesamtanordnung und Messsäule.
 - 2,42. Das Messgerät (Anzeige und Ablesung).
 - 2,43. Eichung und Auswertung.
 - 2,5. Messung der Fugenbreite, Fugenlehre.
3. Anhang.
 - 3,1. Zusatzeinrichtungen für die geodätische Vermessung.
 - 3,11. Zielbolzen.
 - 3,12. Beobachtungspfeiler, optische Zentrierung.
 - 3,2. Kostenaufwand.
 - 3,21. Aufwand Salza.
 - 3,22. Aufwand Ranna.
 - 3,23. Aufwand Hierzmann.

1. Einleitung.

1,1. Aufgabenstellung.

Dem Entwurf der Beobachtungseinrichtungen, die an den genannten Sperren seit deren Fertigstellung - also drei bis vier Jahre - in Gebrauch und Bewährung stehen, hatte die betriebsfertige Sperre vor Augen gestanden. Mit Rücksicht auf die Dimensionen der Bauwerke erschien der Verzicht auf die Anwendung dieser Einrichtungen schon in der Bauphase gerechtfertigt. Auch der seitens des Theoretikers vorgebrachten Fragestellung wurden nur geringe Konzessionen gemacht (Salza, Hierzmann). Das Ziel war, dem Betrieb möglichst einfache und dennoch genügend ausdrucksfähige Mittel zur laufenden Kontrolle des Bauwerkes in seiner Funktion als Ganzes an die Hand zu geben. Naturgemäss ist damit auch eine umgrenzte Möglichkeit für einen Vergleich zwischen dem praktischen Verhalten und dem Ergebnis der statischen Rechnung bereitgestellt.

Der den Wesenskern allen sinnbewussten technischen Schaffens berührende Grundsatz, das Optimale im wohlüberlegten und sparsamen Einsatz der Mittel zu erreichen, muss hier besonders sorgfältige Beachtung finden; allzuleicht verleitet das vielleicht nicht klar durchschaute Streben, eine besondere Modernität augenscheinlich zur Darstellung zu bringen, dazu, das gesunde Verhältnis zwischen messtechnischem und gesamten Bauaufwand zu überschreiten und eine Installation zu schaffen, die später weder durch die tatsächliche Ergiebigkeit noch durch die Verwertbarkeit der Beobachtungsergebnisse zu rechtfertigen ist.

Für die Tatsache, dass für die benötigten Einrichtungen nicht bereits bekannte Konstruktionen herangezogen, sondern eigene Wege beschritten wurden, waren abgesehen von der Tendenz zur Sparsamkeit verschiedene Gründe massgebend. Ein wesentlicher ist nur historisch zu verstehen: die zur Zeit des Entwurfes fast hermetisch geschlossenen Zonen- und Bundesgrenzen machten ein autarkes Vorgehen praktisch unvermeidlich. Ferner schien es damals geraten, wenn irgend möglich von der Anwendung elektrischer Messmethoden im Innern des Massenbetons Abstand zu nehmen. Zu gross war die Zahl der bekanntgewordenen Fälle, in denen Messanlagen grösstenteils oder sogar nahezu ganz ausgefallen sind, weil die Isolation der einbetonierten Teile versagte oder die Kabelverlegung nicht einwandfrei gelungen war. Zurückhaltung in dieser Hinsicht schien daher, nur allzu berechtigt. Das Bestreben musste darauf gehen, Methoden auszuwählen, bei denen sich Einbau- oder Installationsfehler auch nachträglich noch, bzw. im Betrieb beheben liessen. Heute scheint wenigstens die Temperaturmessung mit dem elektrischen Widerstandsthermometer isolationstechnisch so entwickelt und bewährt zu sein, dass man sie im Talsperrenbau ohne Bedenken zur Anwendung bringen kann.

Im folgenden sollen nun einige Überlegungen zur Auswahl der Messeinrichtungen, sowie ihre Konstruktion, ihre Anordnung und ihr Gebrauch beschrieben werden. Die individuelle Anwendung, die Mitteilung der gewonnenen Beob-

bachtungsdaten und deren Analyse und Auswertung ist späteren Beiträgen vorbehalten.

1,2. Die Beobachtungsgrössen.

Als Zustandsgrössen oder Beobachtungsgrössen erster Ordnung kann man diejenigen bezeichnen, die schon die einfachste statische Berechnung berücksichtigen muss, weil sie das Verhalten des Sperrenkörpers im wesentlichen bestimmen; diese Grössen sind ausserdem ohne Hilfsannahmen der Beobachtung direkt zugänglich. Es sind dies die Temperatur im Sperrenkörper T (Temperaturlast), die Wasserlast definiert durch die Stauhöhe H und die Durchbiegungen, von denen zunächst nur die horizontalen Radialkomponenten r (in Richtung des jeweiligen Horizontradius) ins Auge gefasst werden sollen. Der Begriff der Stauhöhe ist unmittelbar klar, es bleibt jedoch noch zu zeigen bzw. zu definieren, wie die Temperaturbeobachtungen zu verwerten und welche Durchbiegungen r heranzuziehen sind.

Auf die drei Zustandsgrössen T , H , und r wird sich der Vergleich mit der statischen Berechnung und im wesentlichen auch die betriebliche Überwachung zu stützen haben.

Die Zahl der Beobachtungsgrössen zweiter - und höherer - Ordnung ist gross. Soweit sie von theoretischem Interesse sind, ist ihre Beobachtung meist an aufwendige Installationen gebunden und mit grossen Unsicherheiten behaftet (z. B. Feuchtigkeit und Spannungsverhältnisse). Ohne Vollständigkeit anzustreben seien als Beispiele angeführt:

Neigung und Längenänderung bestimmter Umfangslinien,
Dehnung im Inneren, Zugspannungen,
Ausprägung von Unsymmetrien,
Verhalten von Untergrund und Talflanken,
Bodendruck,
Auftrieb,
Feuchtigkeit und Porenwasser
Sickerwasser,
Fugentätigkeit u. s. w.

Es sind zahlreiche Geräte für diese und andere Untersuchungen entwickelt worden und es ist ein Leichtes, dabei beträchtliche Mittel zu investieren. *)

1,3. Der Umfang der Auslegung.

Den Kern jeder Beobachtungsanlage wird ein Minimalprogramm bilden, das auf die vorerwähnte Beobachtung von Stauhöhe H , Temperatur im Mauerkörper T und dessen Radialverschiebung r mindestens im Kronenscheitel hinausläuft.

*) Eine eingehende Darstellung einer sehr umfangreichen Ausrüstung gibt A. U. HUGGENBERGER in seiner Monographie 'Talsperren - Messtechnik', Springer - Berlin 1951. Ebenda Literaturzusammenstellung.

Es wird also umfassen:

- a) laufende Beobachtungen der Stauhöhe, wie sie die Stauraumbewirtschaftung ohnedies notwendig macht;
- b) Temperaturbeobachtungen im Mauerkörper in regelmässigen Zeitabständen;
- c) Beobachtung der Radialverschiebungen
 1. täglich für mindestens einen Kronenpunkt (Scheitel) mit dem Mauerlot oder, falls sich ein solches im Gewölbekörper nicht unterbringen lässt mit dem Alignement;
 2. in grösseren Zeitabständen möglichst für ein System von Punkten auf der luftseitigen Maueroberfläche mit geodätischen Mitteln;
- d) Wetterbeobachtungen und ergänzende Temperaturbeobachtungen in der Umgebung des Mauerkörpers (Wasser und Luft), wie sie zum Verständnis der Temperaturvorgänge von wesentlicher Bedeutung und ohne nennenswerten Aufwand möglich sind.

Die Temperaturbeobachtungen mit dem später zu beschreibenden 'Mauerthermometer' sind mühevoll, die Auswertung selbst im Falle elektrischer Beobachtung zeitraubend, sodass schon aus diesen rein praktischen Gründen nicht zu oft beobachtet werden kann; andererseits gleicht die Dämpfung im Stauwasser und im Massenbeton den Temperaturgang soweit aus, dass man mit zwei, mindestens aber einer Beobachtung im Monat das Auslangen finden kann. Dasselbe gilt für die Wassertemperatur. Wochen- und Tagesspeicherbetrieb können allerdings Abweichungen von diesen allgemeinen Regeln erforderlich machen. Die Lufttemperatur muss mindestens dreimal täglich abgelesen werden.

Die praktische Notwendigkeit zur Erweiterung des Beobachtungsprogrammes ergibt sich mit dem steigenden Risiko aus der Grösse des Bauwerkes (Gesamtwasserlast), vor allem aber aus individuellen Besonderheiten in Gestalt und geologischem Rahmen. Unvermeidbare Unvollkommenheiten in der technischen Ausführung können nachträgliche Installationen erforderlich machen, doch bieten sich dazu meist nur geringe Möglichkeiten. Mit den individuellen Besonderheiten wie mit ihren speziellen Problemstellungen werden Statiker, Technologen und Entwurfsverfasser bei der Anmeldung ihrer mehr theoretisch begründeten Wünsche oder Forderungen argumentieren, dabei allerdings auch vermehrte Aufmerksamkeit der Finanzierungsfrage zuwenden müssen.

Allgemein ist zu sagen: die Beobachtungsinstallation wird umso bescheidener sein müssen, je kleiner die Gesamtkosten, mit anderen Worten die Kubatur des Bauwerkes ist, wenn die eingangs erwähnte, gesunde Kostenrelation nicht durchbrochen werden soll; das Minimalprogramm kostet für Sperren verschiedener Grösse nahezu gleichviel, sodass damit für kleine Bauwerke die durch die Kostenregel gegebenen Grenzen praktisch erreicht sind. Ferner der Aufwand auch für die bescheidenste Anlage ist nur zu verantworten, wenn von vornherein ein festes Messprogramm erstellt und Vorsorge für seine konsequente Einhaltung getroffen wird. Messreihen, die sich nicht geschlossen über Jahre erstrecken, sind fast immer wertlos. Und für den Betrieb ist nur dann das Optimum herauszuholen, wenn die Auswertung der Beobachtung unmittelbar folgt; Voraussetzung dazu ist allerdings, dass die dazu erforderlichen Verfahren zur

Verfügung stehen, die aber unter Umständen erst anhand der speziellen Verhältnisse zu entwickeln sind.

Im besonderen: Die Kubatur der hier zu berücksichtigenden Gewölbemauern Salza, Ranna, Hierzmann und Wiederschwing liegt unter 50.000 m^3 , die totalen Wasserlasten unter 100.000 to ; es handelt sich also um kleine Sperren. Dementsprechend beschränkte sich die Auslegung auf das Mindestprogramm mit kleinen Abwandlungen. Abgesehen von der Beobachtung der Stauhöhe wurde in allen vier Fällen vorgesehen: geodätische Beobachtung, Temperaturmessung im radialen Mittelschnitt des Gewölbes, im Wasser vor dem Gewölbescheitel und in der Luft mehr oder minder in Sperrennähe, sowie schliesslich Lotbeobachtungen. Die Sperre Salza enthält drei Lote mit je einer Ablesung an der Basis, die Sperre Hierzmann ein Lot mit einer Ablesestelle im Mauerfuss und einer weiteren im Felsuntergrund, die Sperre Ranna ein Lot mit einer Basis- und zwei Zwischenablesstellen und die Sperre Wiederschwing zwei Lote mit Basisablesung. Diese Erweiterungen fallen instrumentell nicht ins Gewicht, da überall nur je ein Ablesegerät erforderlich war. Darüber hinaus wurden an der Hierzmannsperre speziell für die Zwecke des Fugenschlusses Einrichtungen für die Messung der Fugenbreite an der luftseitigen Oberfläche vorgesehen. Und in den wasserseitigen Fuss des Salzgewölbes wurden versuchsweise über besonderen Wunsch des Bauherren zwei Dehnungsmesser besonderer Bauart installiert.

2. Die Messgeräte und ihr Gebrauch.

Die Darstellung ist im wesentlichen der Behandlung jener Vorkehrungen und Einrichtungen vorbehalten, die im und am Sperrkörper getroffen wurden. Auf die damit erzielten Ergebnisse wird sich dann auch die Auswertung in den späteren Beiträgen hauptsächlich stützen. Die Beobachtungen in der Sperrumgebung sollen daher eingangs nur kurz gestreift, die geodätischen Hilfseinrichtungen in den Anhang verwiesen werden.

Besonderes Augenmerk wurde beim Entwurf der Geräte der Frage der Beobachtungsgenauigkeit zugewendet; sie muss einerseits ausreichen, an das beabsichtigte Ziel zu kommen, andererseits muss man sich sehr vor Übertreibungen hüten. Denn der apparative Aufwand steigt meist mit höherer Potenz der zunehmenden Genauigkeit. Wie die Erfahrung zeigte, wurde mit einer Ausnahme das Richtige getroffen. Bei dem in allen Fällen zur Verfügung stehenden Theodolittypus ist jedoch leider mindestens die Alhidadenlibelle nicht empfindlich genug.

2,1. Beobachtungen in der Umgebung der Sperre (Wasser, Luft, Wetter).

2,11. Die Stauhöhe H wird an Marken unmittelbar oder mittels Fernpegel abgelesen oder durch einen Schreibpegel registriert. Sie muss auf halbe oder mindestens ganze Dezimeter genau bekannt sein und zwar insbesondere für den Zeitpunkt der jeweiligen Lotablesung.

2,12. Die Wassertemperatur wird - wenn nicht elektrisch vom Sperrkörper aus - mithilfe eines trägen Thermometers (Quecksilberthermometer in Vakuumröhre und Metallhülse, Thermometer besser gasgefüllt) vor dem Gewölbescheitel knapp unter der Oberfläche und in der Tiefe in denselben Horizonten wie im Sperrinneren (siehe 2,22) gemessen. Das Thermometer wird am bequemsten über eine Winde

mit Seil und Tiefenmarken niedergebracht und muss an jeder Messtelle je nach Konstruktion ein paar Stunden verbleiben. Gute Gewichtsbelastung ist vorteilhaft in Hinblick auf Unterwasserströmungen und Seilspannung. Beobachtung zugleich mit Mauerthermometer alle zwei bis meistens vier Wochen. Bei starken Staubbewegungen empfehlen sich Zwischenbeobachtungen, bei Kurzzeit-Speicherwirtschaft entscheidet die individuelle Erfahrung.

- 2,13. Nach den Vorschriften der meteorologischen Zentralanstalt ist die Lufttemperatur täglich um 7^h, um 14^h und um 21^h abzulesen und daraus das Tagesmittel nach der Formel

$$\frac{(7^h) + (14^h) + 2 \times (21^h)}{4}$$

zu bilden. Diese Vorschrift ist im Interesse der Vergleichbarkeit mit anderweitigen Beobachtungen unbedingt einzuhalten. Die Aufstellung des Thermometers muss gut überlegt werden, am besten im Jalousienhäuschen in 2/3 der freien Mauerhöhe, nicht direkt der Mauerrückstrahlung ausgesetzt. Insbesondere die Abendablesung belastet den Beobachter (Sperrwärter) stark. Es ist daher weit zweckmäßiger, einen Thermographen in das Jalousienhäuschen zu stellen, der nur einmal wöchentlich bedient und etwa zweimal jährlich kontrolliert werden muss.

- 2,14. Da ein Gewölbe auf Sonnenbestrahlung relativ stark durch Deformation reagiert, sind Angaben über Sonneneinstrahlung von hohem Interesse, zur Analyse des Tagesganges der Radialkomponenten r unerlässlich. Verlässliche Angaben sind nur mittels Sonnenscheinautograph zu erhalten. Die Aufstellung des Instrumentes, die man im allgemeinen kaum erreichen wird, muss nicht in unmittelbarer Sperrnähe sondern vielmehr so erfolgen, dass es von der gesamten Tagesbestrahlung erreicht werden kann. Einen Ersatz bieten subjektive Angaben über Sonnenschein, Himmelsbedeckung und Niederschläge zu den meteorologischen Beobachtungsstunden. Es würde sich überhaupt ausserordentlich empfehlen, jede Sperrwärterstelle als meteorologische Station der Zentralanstalt einzurichten.

2,2. Das Mauerthermometer; Temperaturmessung.

Die Aufgabe eine gegen apparative Ausfälle unempfindliche Einrichtung für die Temperaturmessung im Staukörper zu schaffen, wurde nach dem Vorschlage von H. Grengg nach dem Prinzip des Einschietbethermometers gelöst; systematisch verteilte Messpunkte sind von der Gewölbe-Luftseite her durch Bohrungen erreichbar, das Thermometer bleibt an jedem Punkt bis zum Temperaturgleich liegen.

2,21. Das Mauerthermometer.

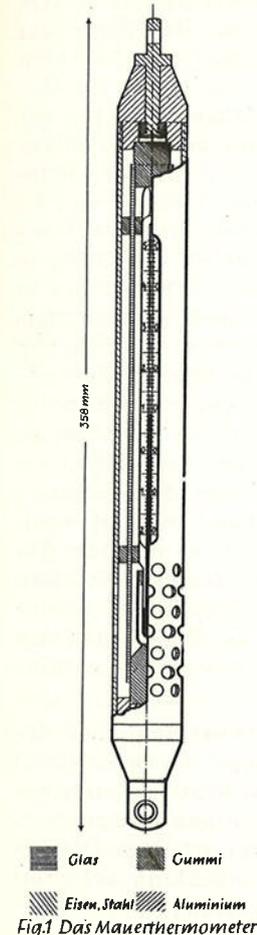
Das Mauerthermometer ist in Fig. 1, zum Teil im Schnitt dargestellt. Ein gasgefülltes Quecksilber-Stabthermometer, Bereich -20 bis +50 Grad, ist in einem inneren Glas- und dieses in einem äusseren Stahlrohr mittels Gummiringen und -stopfen sorgfältig eingebettet. Das Stahlrohr ist innen weiss emailliert und beiderseits durch Aluminiumkonen mit drehbaren Ringkloben verschlossen. Die Ablesung erfolgt im Durchblick, Zehntelgrade werden geschätzt, die Gasfüllung verhindert das Abreißen des Fadens; trotzdem vermeidet man besser das Stürzen des Thermometers, insbesondere beim Einschieben und Her-

ausziehen. Die Konstruktion erwies sich gegen leichten Stoss und Schlag unempfindlich und nimmt nur Schaden bei grober Misshandlung. Das Einschieben erfolgt - stets mit höherliegendem Kopfteil - mittels Stahldrahtseiles oder steifen Drahtes, wobei der Ringkloben zweckmässig in einen harten Drahtaken eingehängt wird, der zu einer Spirale von 540 Grad eingerollt ist.

Die Trägheit des Thermometers muss Konstanz der Einstellung für jene Zeitspanne (etwas unter einer Minute) gewährleisten, die zum Herausziehen und Ablesen des Instrumentes erforderlich ist; sie wird durch die Dimensionierung im Wesentlichen des Glasschutzrohres und der zusätzlichen Glas- kappe erreicht, die den Quecksilberkörper umschliesst. Fig. 2 zeigt eine typische Abkühlungskurve für ein solches Mauerthermometer; die Zeit- zählung beginnt mit dem Übergang aus einem Temperaturbad von 44,5° in einen Raum von 16,0°, der horizontale Ansatz der Kurve geht nach 1,5 min bei Punkt A in die Krümmung über und erreicht die Raumtemperatur praktisch bei B nach 54 min. Während der Ablesung wird das Rohr vorsichtshalber am oberen Ende gehalten. Die praktisch auftretenden Temperaturdifferenzen liegen unter, meist sogar weit unter dem Intervall in Fig. 2; es genügt daher eine Aufenthaltszeit von einer Stunde an der Messtelle.

2,22. Messpunkte, Temperaturprofil, Isothermen.

Eine einschnittige statische Berechnung berücksichtigt die Temperaturverteilung im radialen Vertikalschnitt der Mauer, aber selbst die mehrschnittige Berechnung nimmt Temperaturkonstanz innerhalb der einzelnen Horizonte an und gründet sich somit auf dieselbe thermische Voraussetzung. Die Kenntnis dieser Verteilung genügt daher für den Vergleich mit der Vorbere-



nung, im allgemeinen aber auch für die praktische Charakterisierung des Temperaturzustandes. Abgesehen von besonderen Problemstellungen hat man daher eine ausreichende Anzahl von Messtellen so zu verteilen, dass sich daraus der Verlauf der Isothermen in diesem Mittelschnitt (Temperaturprofil) ableiten lässt.

Das Mauerthermometer versagt infolge seiner Baulänge von etwa 35 cm in Bereichen hohen Temperaturgefälles, ist also in unmittelbarer Nähe der

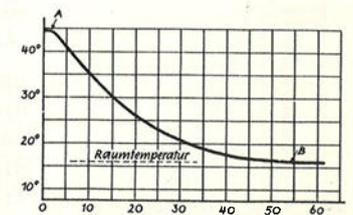


Fig. 2 Abkühlungskurve für das Mauerthermometer

Maueroberflächen nicht verwendbar. Damit geht zwar die direkte Messbarkeit der Temperatur in der luftseitigen Oberfläche verloren, - auf der Wasserseite ist sie durch die Wassertemperatur genügend genau gegeben - für die Charakteristik der Temperaturzustände fällt dies aber kaum ins Gewicht, wie im Zuge der

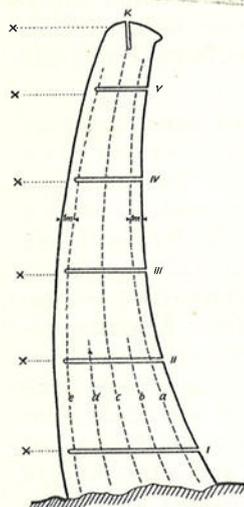


Fig. 3 Bohrungen und Messtellen für die Temperaturbeobachtung (x. Wassertemperatur)

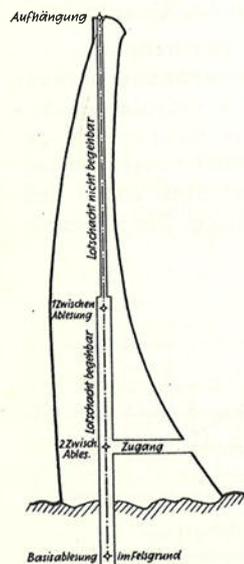


Fig. 4 Anordnung eines Lotschachtes (schematisch)

Auswertung gezeigt werden wird. Damit ergeben sich die fünf Gruppen von Messpunkten der Fig. 3: ein Meter innerhalb der Luftseite (a), in Mauermitte (c), ein Meter von der Wasserseite (e) und bei genügender Mauerstärke die Zwischenpunkte (b) und (d). Die Messpunkte werden durch Bohrungen (hier I bis V und K) zugänglich gemacht, deren Durchmesser den des Thermometers um ein bis zwei Zentimeter übertrifft, es können aber auch die dünnwandigen Injektionsrohre in den Fugenflächen ausgenützt werden, sofern man nicht speziell die Abbinde-wärmevorgänge untersuchen will; in diesem Falle wäre man an die Blockmitten gebunden. Eine Differenz der Ablesungen zwischen Injektionsrohr und benachbarter Bohrung hat sich nur im Bereich des ausserordentlichen Temperaturgefälles ergeben, wie es in der ersten Zeit nach der Betonierung durch die chemische Aufheizung erzeugt wird. Unter normalen Umständen hat sich sogar das Abschliessen des Thermometers vom übrigen Volumen der Bohrung durch Stoffballen als überflüssig erwiesen. Die Bohrungen haben etwa 1% Gefälle gegen die Luftseite, um die Ansammlung von Wasser zu verhindern.

Um die Zahl der mühevollen Abstiege über die Mauer, die am besten mittels Winde bewerkstelligt werden, zu reduzieren, wird mit drei Thermometern gearbeitet; damit wird die Aufnahme eines Temperaturprofils an einem Tage ohne weiteres möglich. Die Ableitung der Isothermen, die etwas Einfühlung erfordert, fällt schon unter das Kapitel Auswertung.

2,3. Die Lotleinrichtung; Lotschacht, Lot. Koordinatenwinkel.

Die schematische Fig. 4 kombiniert die beiden, grundsätzlich möglichen Typen eines Lotschachtes; die obere, nicht begehbare Form ist, der Betonierung vorausseilend, aus Betonrohren aufgemauert zu denken, die untere, begehbare Form wurde in allen Fällen als kräftiges Stahlblechrohr ausgebildet. Der Lotschacht enthält das Lot, bestehend aus Zentrierung mit Aufhängung, Lotdraht und Gewicht; das tragbare Ablesegerät wird nur zur Ablesung hereingebracht und auf die ortsfesten Auflager gesetzt.

Im einfachsten Falle ist der Schacht als solcher nicht begehrbar, Gewicht und Basisablesung liegen in einer Lotkammer (Fig. 5, siehe Bildteil) im Bereich des Zugangsrohres, das gegebenenfalls mithilfe eines dichtenden Deckels verschlossen werden kann.

2,31. Zentrierung und Aufhängung.

Einbau und Justierung der Lotanlage werden durch das Vorhandensein einer Zentriereinrichtung wesentlich erleichtert. Als solche wurde der Deckel der Lotschachtkappe ausgebildet, die das oberste Betonrohr des nicht begehrbaren Schachtes abschliesst (Fig. 6). Der Deckel sitzt in einem mit Flansch-Segmenten ausgestatteten Rohrstützen und besteht aus einer Scheibe S_1 , die exzentrisch gelagert eine kleinere, S_2 , mit wiederum exzentrisch angebrachtem Lotdrahthalter 2/6 trägt. Zum Schutze gegen die Witterung sitzt über der Lotschachtkappe in Flucht mit der Mauerbeton-Oberfläche ein Schutzkasten mit niedergeschraubtem, gummigedichteten Eisenblechdeckel. Fig. 7 zeigt einen Blick in den geöffneten Schutzkasten und lässt die beiden Scheiben mit ihrer Fixierung (in Fig. 6 weggelassen) den Kopf des Drahthalters und den aufgesetzten Zielstift (siehe unten) erkennen. (siehe Bildteil)

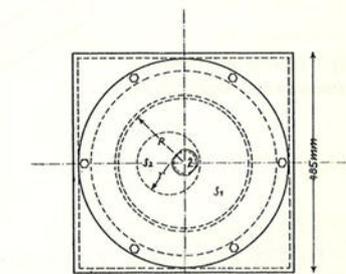
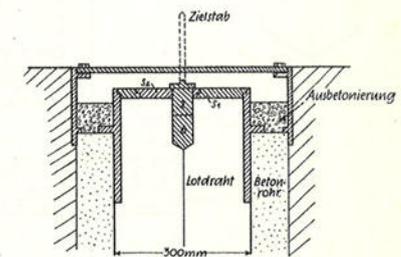


Fig. 6 Lotschachtkappe mit Aufhängung und Zentrierung des Lotes im Schutzkasten. (Nicht begehrbarer Lotschacht)

In einem zur Gänze begehrbaren Schacht läuft der Lotdraht der Wand entlang; an die Stelle des Rohrstützens tritt dann auf kräftiger Konsole eine ebensolche Grundplatte, die die Scheibe S_1 aufnimmt und gegebenenfalls mit der kräftigen, reichlich verankerten eisernen Schachtwand sorgfältig und ausgiebig verschweisst wird. Der Schachtzugang und damit auch die Lotaufhängung werden in diesem Falle stets übermauert sein; dann erübrigt sich auch eine Berücksichtigung der Wärmeausdehnung der Grundplatte.

Der Lotdrahthalter 2 ist aus Wellenstahl gefertigt und wird mittels Steckgewinde in die Scheibe S_2 (1 in Fig. 8) eingesetzt; dadurch wird eine einfache Auswechslung des Drahtes ohne Verletzung der Zentrierung ermöglicht. Zwei Backen 3 mit Nase und Schrauben 4 klemmen den Draht 5 gegen entsprechende Nuten (siehe Detail), eine kräftige Bronzekappe fasst mittels Gewinde diesen ganzen Teil des Halters zusammen und gibt dem Draht eine exakte Führung.

Für den Fall, als man die Lotaufhängung in die geodätische Vermessung der Sperre miteinbeziehen will, kann man im oberen Teil des Halters 2 ein Kugelgelenk zwecks Aufnahme eines Zielstiftes unterbringen (siehe Abschnitt 3,1). Die Kugel 7 mit Zapfen 8 kann mittels Schraubring 10 und Presstück 11 fest-

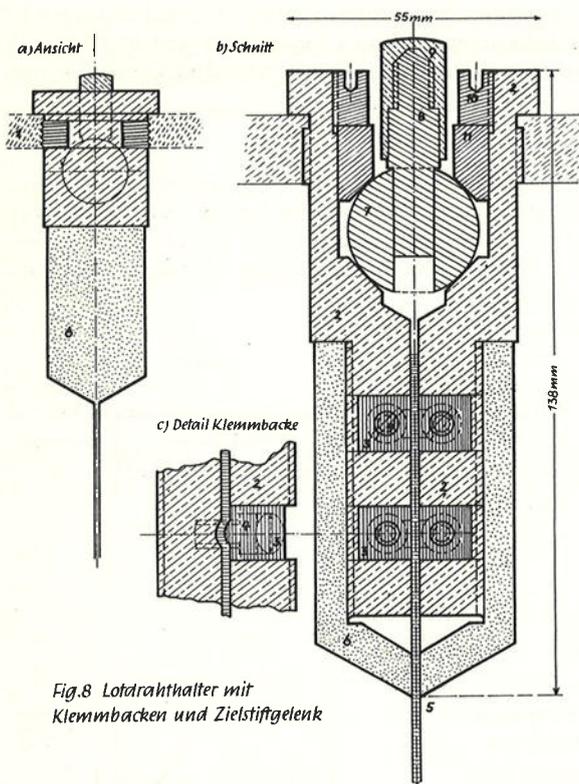


Fig. 8 Lotdrahthalter mit Klemmbacken und Zielstiftgelenk

Der Vorgang des Zentrierens wird durch Fig. 9 erläutert. Die beiden Scheiben werden zunächst in der Ausgangsstellung (dünn ausgezogen) so orientiert und festgeklemmt, dass der gemeinsame Durchmesser (strichpunktiert) in eine ausgezeichnete Richtung - z.B. Kronenradius - weist, der Lotdraht hängt nun in der Mitte: $M_1 = L$. Nun liest man im Lotschacht mithilfe des Ablesegerätes die Lotlage ab und stellt fest, dass der Draht etwa in L' hängen müsste, um im gewünschten Ablesebereich zu liegen. Die neue Lage M'_2 des Mittelpunktes der kleinen Scheibe S_2 ist durch die Bedingung gegeben, dass M'_2 von M_1 und L' denselben Abstand r haben muss. Man dreht daher S_1 um den Bogen B_1 und S_2 um den Bogen B_2 . Zweckmässiger Weise löst man die Aufgabe graphisch und überträgt z. B. die zu den Bögen gehörigen Sehnen vom Papier auf die Metallteile.

Häufig ist es schwierig, die Orientierung des Ablesegerätes zur Aussenwelt in sichere Beziehung zu setzen; auch dies gelingt mithilfe der Zentrier-einrichtung, indem man die Lotlage im Schachtinneren für zwei passend gewählte Einstellungen der Scheiben S_1 und S_2 vor der endgültigen Zentrierung abliest. Ausgangslage und endgültige Einstellung der Scheiben sind an den einzelnen Teilen dauerhaft zu markieren.

gemacht werden. Nach beendeter Justierung des Lotes wird anstelle der Schutzkappe 9 der Zielstift (siehe Fig. 26) aufgeschraubt, genau vertikal gestellt und Ring 10 festgezogen. Vor dem Verschiessen des Schutzkastens wird der Zielstift wieder mit der Schutzkappe vertauscht.

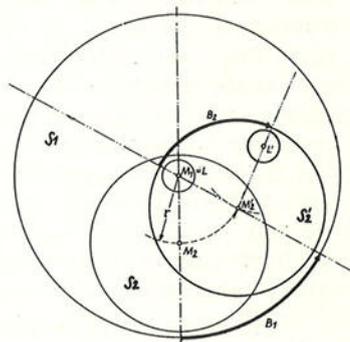


Fig. 9 Das Zentrieren des Lotes

2,32. Lotdraht und Gewicht.

Als Lotdraht wurde ein rostfreier Stahldraht der Firma Böhler in Kapfenberg, Böhler - (Stern) - Antinit - ASM von 1,8 mm \varnothing verwendet. Der Draht war vor der Lieferung von der Firma nachgezogen, sorgfältig und völlig bugfrei in Windungen grossen Durchmessers gelegt und sicher verpackt worden. Beim Einbau wurde peinlichst auch der schwächste Bug vermieden. In den zugänglichen Bereichen ist der Draht durch genügend weite Siederohre gegen Luftzug und Berührung geschützt; die Rohre werden in Stücken von 6 m im gegenseitigen Abstand von wenigen Zentimetern mit Laschen, Langloch und Winkel an der Schachtwand befestigt und einzeln nach dem justierten Draht eingerichtet.

Das Lotgewicht ist in Fig. 10 dargestellt. Ein passender Satz einseitig geschlitzter Bleischeiben wird von einem Teller getragen, der am unteren Ende einer kurzen Stahlwelle sitzt; das obere Ende der Welle mit Bronzekappe ist gemäss Fig. 8 als Drahthalter ausgebildet. Die erforderliche Belastung wurde empirisch zu etwa 100 kg bestimmt. Sind jedoch keine Zwischenablesungen sondern nur eine Basisablesung knapp über dem Gewicht vorgesehen, so kommt man bei Beachtung der obigen Vorsichtsmassnahmen mit einer wesentlich geringeren Belastung aus.

2,33. Das Ablesegerät: der Koordinatenwinkel.

Aufgrund der statischen Rechnung waren für die in Rede stehenden Gewölbemauern Gesamtbewegungen der Kronenscheitel in der Grössenordnung von 20 mm zu erwarten. Die Lotbeobachtung läuft auf die Vermessung dieser Bewegungen hinaus. Es wurde daher eine Ablesegenauigkeit von 0,1 mm gefordert, da nicht zu erwarten ist, dass grössere Feinheiten in den Beobachtungsergebnissen analysiert und gedeutet werden können. Das Bestreben, das empfindliche Ablesegerät tunlichst einem Milieu zu entziehen, das durch Feuchtigkeit, vielleicht sogar Tropfwasser (Sicker- oder mindestens Kondenswasser) oder gar eindringendes Überfallwasser, ferner durch Sand und Betonabrieb ungünstig genug gekennzeichnet ist, und der Wunsch, möglichst ein Instrument an mehreren Ablesestellen verwenden zu können, liessen den 'Koordinatenwinkel' entstehen. Die wesentlichen konstruktiven Einzelheiten zeigt Fig. 11. Der Grundkörper besteht aus einem stabilen, gleichschenkeligen 'Rechten Winkel' 1 mit Handgriff 2, dessen Schenkel und Ansatz ein U-Profil aufweisen. Dieser Winkel steht auf einem festen Fuss 4, einer Präzisionsstellschraube 5 und einer einfachen Stellschraube 6; die horizontale Einstellung beurteilt man mithilfe der Libelle 7. Jeder

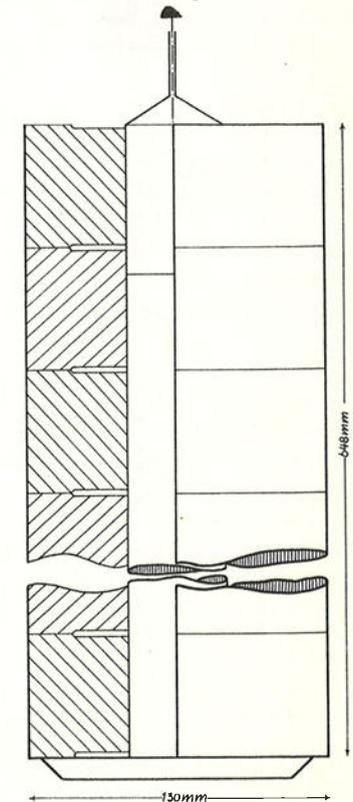


Fig. 10 Lotgewicht (12 Bleischeiben; Halterung wie in Fig. 8)

Schenkel trägt eine auf rostfreiem Stahl geteilte Millimeterskala mit einem Bereich von 80 mm; die Bezifferung differiert zwecks Vermeidung von Verwechslungen zwischen links und rechts um 120. Über der Teilung können den Schen-

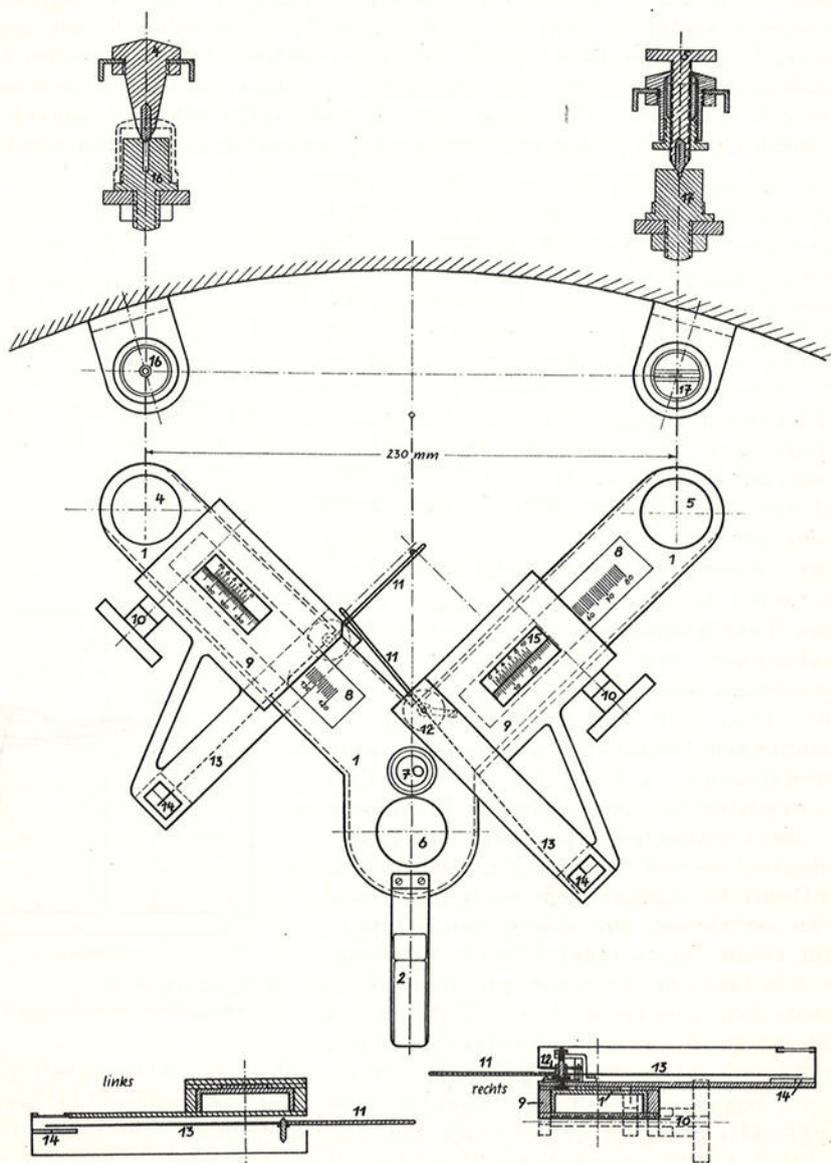


Fig. 11 Das tragbare Ablesegerät (Koordinatenwinkel)

keln entlang Schieber 9 mittels Zahntrieb 10 an den Lotdraht 3 heranbewegt werden; dabei erhält der Tasthebel 11, der durch eine leicht gespannte Wecker-Unterfeder 12 dem Lotdraht entgegengeneigt wird, (Darstellung des rechten Schenkels), mit dem Lotdraht Fühlung. Die Bewegung wird solange fortgesetzt, bis der an 11 sitzende Zeiger 13 über dem Spiegel 14 die Strichmarke deckt (Darstellung des linken Schenkels), der Tasthebel 11 steht nun senkrecht zum Schenkel und zur Teilung 8. Zwecks Erhöhung der Genauigkeit wurde der Zeiger 13 etwa doppelt so lang gemacht als der Hebel 11. Die Ablesung erfolgt mithilfe des Nonius 15 auf 0,05 mm genau. Das rechte Hebelsystem ist über, das linke unter dem Schieber 9 angebracht, wie aus der Nebenfigur hervorgeht. Die Stahlspitze des festen Fusses 4 ruht während der Messung in der konischen Bohrung des zentrierenden Auflagers 16, die Präzisionsstellschraube 5 auf dem orientierenden Auflagers 17 in einer Keilnut, die genau auf 16 ausgerichtet ist. Die Auflagers bestehen aus rostfreiem Stahl oder aus Bronze mit Stahlkern, sind mit der Unterlage (z. B. Winkel) verschraubt und verstiftet und ausser Gebrauch mit einer Schutzkappe abgedeckt. In Ruhe- und Transportstellung sind die Schieber 9 bis zum Anschlag an die Libelle 7 herangeschoben, der Zeiger 13 wird automatisch arretiert und der Hebel 11 tritt unter ein Schutzblech, das in der Zeichnung weggelassen wurde, in den beiden folgenden Figuren aber deutlich zu erkennen ist. Fig. 12a zeigt das Instrument im Tragkasten, Fig. 12b zeigt es frei auf einem Tisch, mit ausgefahrenen Schiebern 9. (Fig. 12a und 12b siehe Bildteil)

Die beiden Auflagers 16/17 setzt man am zweckmässigsten auf kräftige Bolzen oder T-Eisen, die direkt einbetoniert werden. Es hat sich aber auch bewährt, sie auf massiven Winkeln anzubringen, die an der stählernen Lotschachtwand angeschweisst sind, vorausgesetzt, dass für eine gute Verankerung der letzteren im Mauerkörper Sorge getragen ist. Die Lotkammer der Fig. 5 ist ein kleiner, kräftiger und gut verankerter Stahlblech-Kasten, der vom Zugangsrohr aus erreichbar, von demselben aber gänzlich isoliert einbetoniert wurde; ein innen sauber angeschweisster Eisenrahmen trägt die Winkelstücke mit den Auflagern. Ein dritter einfacher Bügel bildet die Unterlage für die Stellschraube 6, vorne. Der untere Teil des Kastens hat keine Vorflut und ist mit Tropfwasser vollgelaufen.

2,34. Orientierung des Koordinatenwinkels und Auswertung.

Die Beobachtungsergebnisse sollen die Kenntnis der Radial- und der Tangentialkomponente (r und t) der Bewegung des Aufhängepunktes in der Mauerkrone gegenüber dem Ablesungshorizont, bezogen auf die Richtung irgend eines Radius - z. B. Kronenradius - vermitteln. Statt nun aber die Schenkel des Instrumentes in das durch r und t gegebene Koordinatenkreuz zu legen und damit r und t unmittelbar abzulesen, verdreht man den Koordinatenwinkel besser um 45° dagegen; die derart rechts und links abgelesenen Komponenten R und L tragen dann gleicherweise in geometrischer Addition zur Bestimmung von r und t bei. Während nun r sich von Ablesung zu Ablesung merklich, oft sogar beträchtlich ändert, weist die Tangentialkomponente t naturgemäss nur einen sehr schwachen und äusserst stetigen Gang auf; Beobachtungsfehler an beiden Schenkeln machen sich also in t sofort bemerkbar, die Schwankungen in der

Tangentialkomponente sind unmittelbar ein Mass für die Ablesegenauigkeit. In der graphischen Darstellung ist z. B. sofort die Ablösung des geübten Beobachters durch seinen weniger geübten Stellvertreter zu erkennen. Durch diesen einfachen Kunstgriff ist also eine automatische und verlässliche Kontrolle der Beobachtung erreicht, bei einiger Übung ist sie ohne weiteres auf 0,1 mm genau. Fig. 13 zeigt das Instrument in Ablesestellung. Da das Gewölbe in der Natur stets mindestens unter Temperaturlast steht, können die Ablesungen nur auf einen willkürlichen Nullpunkt - die erste Ablesung - bezogen werden, als Bezugsrichtung wird man meist den Kronenradius wählen. Die Transformation von R und L auf r und t ist am bequemsten graphisch auszuführen. In Fig. 14 wurde als Ausgangslage angenommen: $L = 140,85$ und $R = 35,50$, Masstab 10 : 1. Auch r und t erhält man 10 : 1, zweckmässig legt man über das für R und L geteilte Blatt ein transparentes, andersfärbiges Millimeterpapier mit Bezifferung für r und t, nur muss man sich der Verzerrungsfreiheit der mm Raster versichern.

2.4. Die Dehnungsmessung.

Zu einer Vorstellung über die für die Beanspruchung des Materials entscheidenden Spannungsverhältnisse gelangt man ausschliesslich über die Dehnungsmessung. Dehnungen wie Spannungen sind räumlich verteilte Ortsfunktionen mit oft beträchtlicher Variabilität und naturgemäss hoher Abhängigkeit von der Qualität der Bauausführung. Schwankungen im Mischungsverhältnis, Ungleichmässigkeiten beim Einrütteln und wechselnde Sorgfalt bei der Behandlung der Arbeitsfugen können sich bis zur Rissbildung auswirken. Aus theoretischen wie aus diesen praktischen Gründen ist daher eine Dehnungsmessung in einem völlig isolierten Punkte ohne wirkliches Interesse. Das allgemeine Bestreben geht dahin, über eine Vielzahl von Messpunkten das Dehnungsfeld und durch sternförmige Anordnung von Geräten in jedem Messpunkt die räumlichen Komponenten kennenzulernen; dieses Ziel ist nur auf der Grundlage elektrischer Methoden zu erreichen (Maihak, Carlson), der Aufwand ist in jeder Hinsicht beträchtlich. Die eingangs gestreiften Verhältnisse zur Zeit des Entwurfes der Salza-Gewölbemauer wie der bis heute noch nicht entkräftete Vorbehalt gegen die Verwendung der genannten elektrischen Geräte im Massenbeton gaben Anlass, nach einem grundsätzlich anderen Weg zu suchen, um dem nachdrücklichen Wunsche des Bauherren zu entsprechen und Auskunft über die Verhältnisse im besonders interessanten Bereich des wasserseitigen Mauerfusses zu beschaffen.

Auf der Basis rein mechanischer Methoden ist der Einbau zahlreicher Geräte nicht möglich; man darf daher nicht nach dem Gesamtfeld fragen, sondern muss sich auf die Beantwortung der vordringlichsten Fragestellung konzentrieren. Ferner wird man auf die Kenntnis örtlicher Einzelwerte verzichten und sich mit der Feststellung von Mittelwerten über den interessierenden Be-

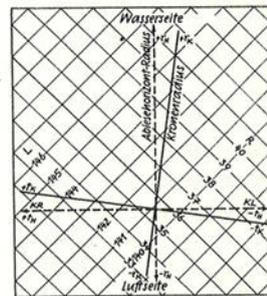


Fig. 14 Lotauswertung

reich begnügen müssen. Im Mauerfuss nahe der Wasserseite ist das Augenmerk in erster Linie naturgemäss den Spannungen, bzw. Dehnungen in vertikaler Richtung zugewendet. Damit ergibt sich das Problem die Längenänderung des Mauerkörpers gegenüber einer vertikal angeordneten Messstrecke hinreichender Länge zu erfassen.

2.41. Gesamtanordnung und Messsäule.

Die Messstrecke sollte durch eine schlanke Säule von Mauerbeton dargestellt werden, die abgesehen von der Belastung unter den gleichen Bedingungen (Alter, Temperatur, Feuchtigkeit) steht, wie der umgebende Mauerkörper, sodass der Einfluss dieser Nebenbedingungen als ausgeschaltet betrachtet werden kann. Fig. 15 zeigt die Anordnung schematisch. Die Säule 1 ist im Felsgrund gut verankert, und erreicht eine Höhe von etwa 7% der gesamten Mauerhöhe. Auf ihrem Kopfe sitzt das Anzeigergerät 2, das die vertikalen Abstandsänderungen gegenüber dem massiven Mauerkörper an dieser Stelle erfasst und über eine Rohrleitung 3 dem Ablesegerät 4 zuleitet. Das Ablesegerät sitzt in einer kleinen Kammer, die von dem als Zugang benützten Notauslassrohr her erreicht wird.

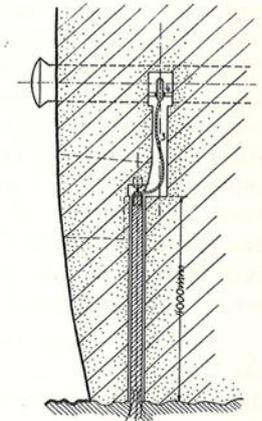


Fig. 15 Anordnung des Dehnungsmessers im Mauerfuss

2.42. Das Messgerät (Anzeige und Ablesung).

Der Vorschlag, die erforderliche Vergrösserung der Anzeige auf hydraulischem Wege zu erreichen, geht auf E. Tschsch zurück. Das wesentliche Problem, Zylinder und gleitenden Kolben und damit Dichtungsschwierigkeiten zu vermeiden, wurde in der Umkehrung des Prinzipes der Membrandose (Barometer, Flüssigkeits - Fernthermometer) erreicht.

Die konstruktive Durchbildung in allen Einzelheiten erfolgte durch S. Gessner. Fig. 16 zeigt Seitenansicht und einen Schnitt durch den Anzeigeteil. Der gusseiserne Topf 1 sitzt mit dem Boden nach oben über dem Säulenkopf durch sechs starke Mauerschrau-

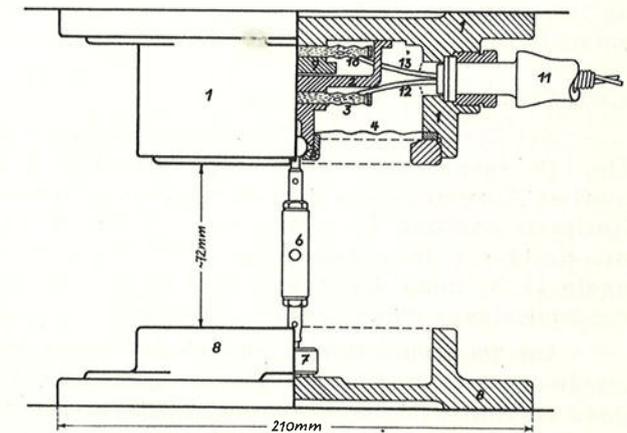


Fig. 16 Anzeigergerät des Dehnungsmessers

ben am massiven Mauerkörper. Er trägt auf dem steifen Bügel 2 die Doppelmembrandose 3, auf die über die sorgfältig abgedichtete Schutzmembran 4 und das spielfreie Kugelgelenk 5 eine als Spansschloss ausgebildete Übertragungsstange 6 wirkt. Die Stange 6 wird mittels eines zweiten Kugelgelenkes 7 von dem Flansch 8 geführt, der mit dem Kopf der Messsäule sicher verschraubt ist. Im Topf 1 befindet sich unter 2 ein zweiter Bügel 9, der der Halterung einer beiderseits eingespannten, mit 3 genau gleich grossen Doppelmembrandose 10 dient, die für die Korrektur der Wärmeausdehnung zwischen den Messinggefässen (Dose und Kapillarleitung) und ihrer Toluol-Füllung und des Barometereffektes vorgesehen ist. Ein mit Nippel eingedichtetes Bleirohr 11 mit eingelegter Stahldrahtwendel führt die beiden Kapillarleitungen 12 und 13, die mit dem Inneren der Dosen in langer Schleife (nicht wie vereinfacht in der Figur dargestellt) in Verbindung stehen, zum Ablesegerät hoch. Fig. 17 (siehe Bildteil) zeigt das geöffnete Gerät, Fig. 18 (siehe Bildteil) zeigt das obere Ende der Messsäule mit dem Flansch 8, der Übertragungsstange 6 und einen Teil des Topfes 1 vor Verschluss der Montageöffnung.

Fig. 19 zeigt die Einzelheiten des Ablesegerätes, Fig. 20 die Ansicht in der Messkammer. Die durch 11 geführten Kapillaren 12 (verdeckt) und 13 erreichen über ein Verbindungsstück 14 mit Füllorgan 16 die beiden Flüssigkeitsstandkapillaren aus Glas I und II vor der Millimeterskala 15. Um eine Einwirkung von aussen zu verhindern, wurden die beiden Glasrohre nicht offen belassen sondern in angeblasene Kugeln übergeführt, deren Volumen gegenüber dem eigenen gross ist. Die Anordnung befindet sich in einem Gussgehäuse mit Glasfenster 17. Für Druckausgleich mit der Aussenluft ist gesorgt.

Die Dose 3 steht also unter dem Einfluss der Längenänderung zwischen Mauerkörper und Messsäule, sowie des Temperatur- und Barometereffektes auf das Messgerät; sie wirkt auf Standrohr I. Dose 10 und Standrohr II sprechen nur auf den genannten Temperatur- und Barometereffekt an. Fig. 20 (siehe Bildteil)

Das Spansschloss in 6 diente der endgültigen Justierung nach dem Einbau. Der wesentlichste Mangel in der Anordnung liegt darin, dass der anzeigende Teil nach dem Einbau nicht mehr zugänglich ist, doch konnte man sich nicht entschliessen, die überschlankte Säule (1 : 8) noch weiter zu verlängern.

2.43. Eichung und Auswertung.

Zur Eichung wurden Topf 1 und Flansch 8 mittels Distanzstücken (siehe Fig. 17) gegeneinander sorgfältig verschraubt und eine der sehr genau hergestellten Schrauben des Spansschlusses unter Zuhilfenahme von Zeiger und Teilkreis betätigt. Es ergab sich ein Übersetzungsverhältnis von 165 : 1, die Eichkurve ist nahezu linear (Fig. 21); Abszisse: Skalenteile der Ablese-skala 15, Ordinate: Dehnung $\Delta l/l$ in 10^{-5} , die sich aus der Berücksichtigung der Säulenlänge durch Division ohne weiteres ergibt.

Die jährlichen Schwankungen in II sind entsprechend einer Temperaturamplitude von weniger als $\pm 5^\circ$ so gering, die Temperaturkurve so gut linear, dass die Korrektur durch einfaches Subtrahieren der Ablesungen (I) und (II) erfolgen kann:

$$[(I) - (I_0)] - [(II) - (II_0)] = (I) - (II) - [(I_0) - (II_0)]$$

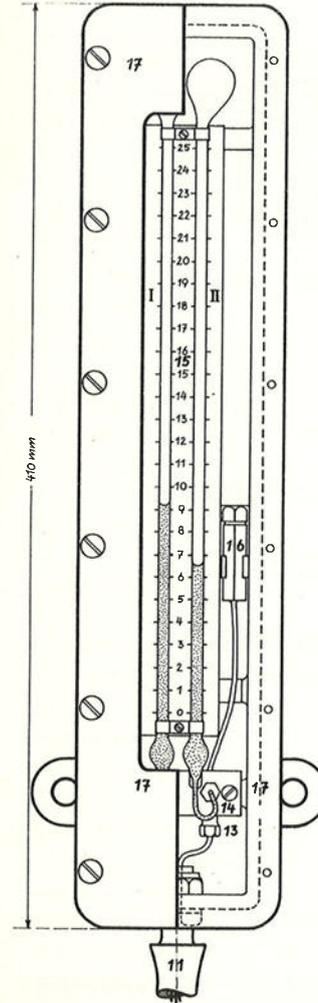


Fig. 19 Ablesegerät des Dehnungsmessers

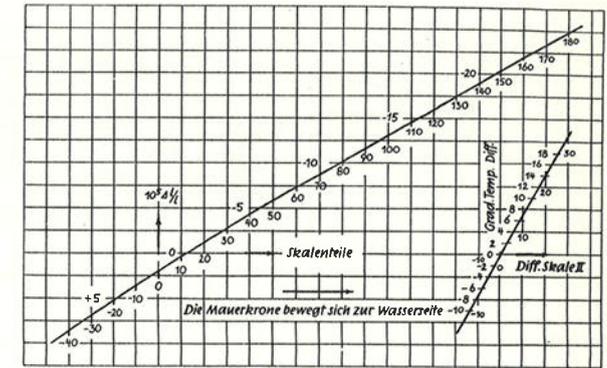


Fig. 21 Eichkurve für den Dehnungsmesser

Die Eichkurve wurde durch den - willkürlichen - Ausgangspunkt $(I_0) - (II_0)$ gelegt, so dass man nur (I) - (II) zu bilden hat und dann an der Kurve unmittelbar die Dehnung (relative Verlängerung) seit dem Ausgangszustand interpolieren kann. Da Nebeneinflüsse dank der getroffenen Anordnung in diesem Resultat nicht mehr enthalten sind, kann mit dem geeigneten Wert für den Elastizitätsmodul direkt auf Spannungen umgerechnet werden. Man erhält die Änderung der mittleren Zug- bzw. Druckspannung im Bereich der Säule.

2.5. Messung der Fugenbreite, Fugenlehre.

Die Fugenlehre besteht im Prinzip aus zwei Endmasstäben, deren relative Lage an einem Zeigerwerk auf 0,1 mm genau unmittelbar abgelesen werden kann. Damit werden die Abstandsänderungen je zweier Messbolzen bestimmt, die beiderseits der Fuge einbetoniert sind. Die Einzelheiten zeigt Fig. 22. Ein als Tragarm ausgebildeter kräftiger Körper 1 mit fester Backe 2 und Handgriff 3 dient zugleich der beweglichen Messbacke 4 als Führung. Die Backe 4 wird durch eine zwischen 4' und 1' wirkende, kräftige Schraubenfeder 5 bis zum Anschlag nach aussen gedrückt und kann mithilfe des in den Handgriff 3 gleitenden Spanschiebers 6 mit Nase 7 zurückgezogen werden. Die gegenseitige Verschiebung der beiden Backen wird durch eine Zahnstange auf das Messgetriebe übertragen und auf das Zeigerwerk so übersetzt, dass 0,1 mm direkt abgelesen werden können. (8). Eine Unruhfeder passender Stärke schaltet den toten Gang des Getriebes aus, indem sie gleichzeitig aufgezogen wird. Zwecks Temperaturkorrektur kann ein kleines Thermometer

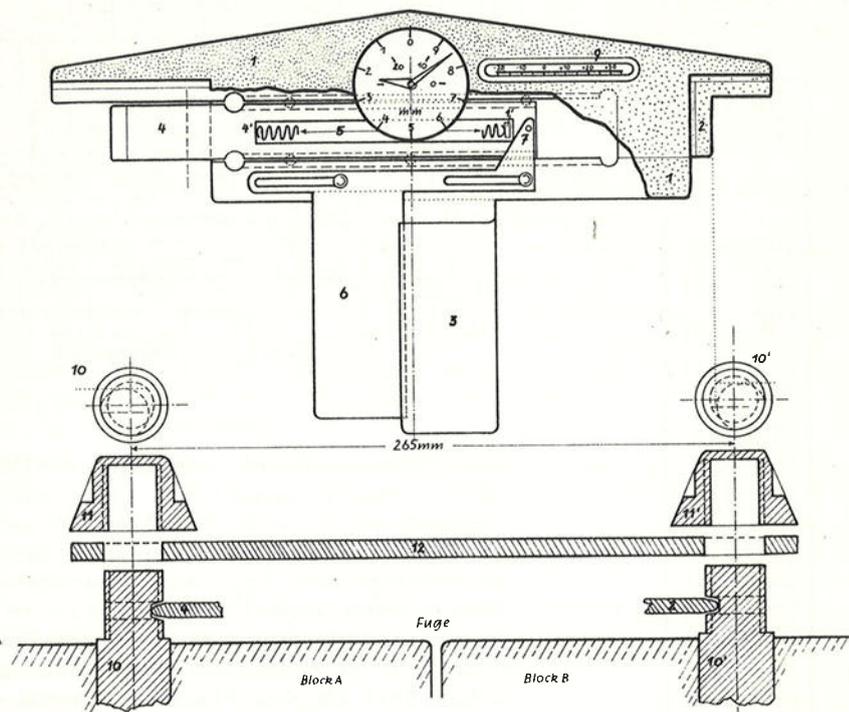
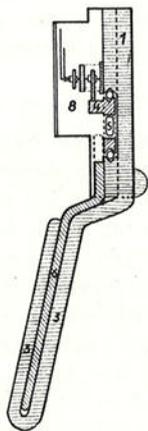


Fig. 22 Fugentehre

9 eingebaut werden. Die erfassbare Messlänge liegt zwischen 230 und 265 mm. Die Backen bestehen aus gehärtetem Stahl und zeigen nur abgerundete Kanten.

Fig. 23 (siehe Bildteil) zeigt das Instrument im Tragkasten, im Gebrauch hängt es an einem verstellbaren Tragriemen am Hals des Beobachters. Die Messbolzen 10 aus Bronze sind 150 mm tief einbetoniert und gegen Verschieben oder Verdrehen gesichert. In den herausragenden Gewindeteil ist eine exzentrische Nut eingedreht, die so eingestellt wird,



dass sie gleichzeitig als Auflager für den Tragarm 1 und als Anschlag für die Messbacken 2 bzw. 4 dienen kann. Für die Messung braucht die Schutzkappe nicht abgenommen, sondern nur genügend weit zurückgedreht werden, dass das Instrument mit gespanntem Schieber eingeführt werden kann. Letzterer wird dann langsam bis zur Berührung losgelassen; man nimmt unter gleichzeitiger Ablesung mehrmals Kontakt, um Messfehler auszuschalten. Fig. 24 stellt das Instrument in Messtellung dar, (siehe Bildteil) die Schutzkappen sind jedoch abgeschraubt.

Während des Versetzens sind die beiden Bolzen durch eine Montageleiste verbunden.

Die Einrichtung für die Fugenmessung wurde hauptsächlich dazu geschaffen, um die Vorgänge während des Fugenauspressens verfolgen zu können; für die dabei infrage kommenden Zeitspannen ist eine Temperaturkorrektur unerheblich, weshalb auf den Einbau des Thermometers verzichtet wurde. Die Beobachtung muss jedenfalls morgens vor Sonneneinwirkung erfolgen. Im übrigen ist ein Rückschluss von der oberflächlichen Fugenbreite und ihrer Veränderung auf das Fugenvolumen nicht allgemein möglich.

3. Anhang.

3,1. Zusatzeinrichtungen für die geodätische Vermessung.

An der Entwicklung dieser Einrichtungen, die auf einen zur Verfügung stehenden Theodolit Th 40 der Firma Zeiss abgestimmt sind, war W. Priner wesentlich beteiligt. Es handelt sich um die Entwicklung eines Zielbolzens mit Zielbild und des Beobachtungspfeilers mit Instrumentenaufstellung und Zentrierung.

3,1,1. Die Zielbolzen.

Die Zielbolzen wurden in Zusammenarbeit mit der Firma R. u. A. Rost, Wien, entworfen (Fig. 25). Ein hohler Bronzegussbolzen trägt unter einem unverlierbaren Schraubdeckel das Zielbild. Die Dekkeloberfläche liegt in der Mauerflucht; zwei Nasen am Bolzen oben und unten nehmen Schrauben auf, mit denen der Bolzen während des Betonierens an der Schalwand befestigt wird, sodass das nachträgliche Versetzen entfällt.

Nach verschiedenen Vorversuchen hat man sich für das in Fig. 25 dargestellte Zielbild entschieden, das seit vielen Jahren bei der Schweizerischen Landestopographie verwendet wird. Der schwarze Lack ist eingebrannt, die weissen Ringe versenkt und mit weisser Spezialmasse ausgelegt.

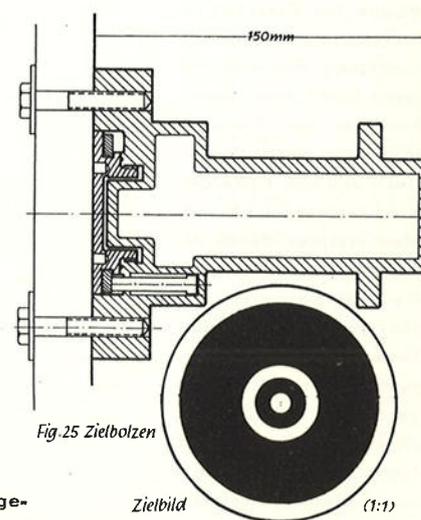


Fig. 25 Zielbolzen

3,12. Der Beobachtungspfeiler.

In die sechsseitige, bewehrte Aussparung des Pfeilerkopfes wird der 'Maueraufsatz' der Fig. 26 - bis nahe an das obere Ende des Mittelbolzens - einbetoniert. Mit dem Grundstern 1 sind verschraubt und verschweisst der Mittelbolzen 9 und drei Säulen 2. Letztere tragen mittels der Ringmuttern 3, ein für allemal horizontal, verschraubt und verstemmt die Grundplatte 4. Auf ihr wird in der üblichen Weise mittels Herzschaube 5 und Sternplatte 6 der Theodolit 7 zur Aufstellung gebracht; eine der Fussrauben wird markiert und ihre Orientierung auf der Grundplatte gekennzeichnet, sodass der Theodolit zwecks Ausschaltung von Fehlermöglichkeiten stets in derselben Stellung verwendet wird. Die Zentrierung erfolgt mit dem optischen Lot des Instrumentes; dieses wird zur Verwendung auf die nahe Distanz mit einer Vorsatzlinse 8 versehen, die entweder fest angebaut oder in einer Fassung mit zentrierendem Sitz gehalten wird. Der Mittelbolzen 9 ist mit dem schon von der Ausgestaltung des Lot-schachtkopfes (Fig. 8) her bekannten Kugelgelenk ausgestattet, das den Zielstift 11 aufnehmen kann, der der Anzielung von den anderen Standorten dient. Nachdem der Zielstift sorgfältig vertikal gestellt und das Kugelgelenk festgeklemmt ist, wird ersterer durch die Kappe 10 ersetzt, die die Zentriermarke für das optische Lot des Theodoliten trägt. (Gegenüber der Zeichnung wurde die Kugel tiefer gesetzt, der Zapfen und damit auch die Führungshülse am Zielstift verlängert, um die Zentrierung des letzteren zu verbessern).

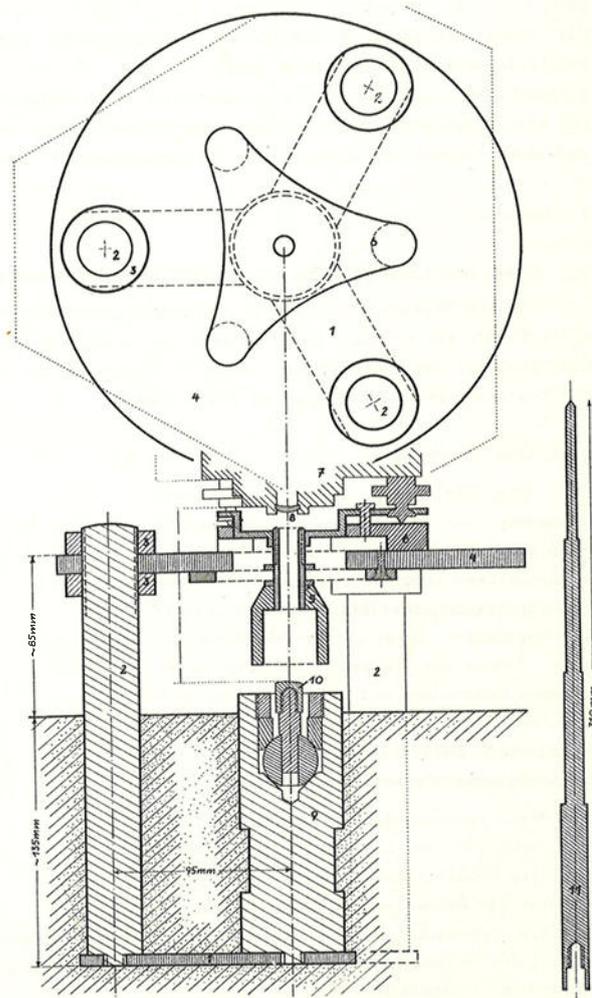


Fig. 26 Ortsfester Maueraufsatz mit optischer Zentrierung und Zielstift

3,2 Der Kostenaufwand.

Im folgenden wird der Aufwand zusammengestellt, wie er sich für die drei behandelten Sperren aus den Anschaffungskosten der Messeinrichtungen und den baulichen Vorkehrungen, die hierfür erforderlich waren, ergibt. Die Zahlen für Salza gelten für die Baujahre 1948/49, die für die beiden anderen Sperren für 1949/50; eine Umrechnung ist nicht erfolgt. In allen Fällen wurde unterschieden zwischen dem Aufwand für das Mindestprogramm (siehe 1,3) und den Kosten für zusätzliche Einrichtungen. Im baulichen Aufwand sind die anteilmässigen unproduktiven Kosten (Baustelleneinrichtung, Verwaltung u.s.w.) mit enthalten; es drücken sich hier also auch der Unterschied in der Verkehrslage und andere äussere Einflüsse aus, die nicht beiseitegelassen werden können, die Vergleichbarkeit der Zahlen aber stark beeinträchtigen. Solche Unterschiede sind auch schon unmittelbar in der Sache selbst gegeben; etwa, wie der Zugang zur Lotablesestelle erreicht wird, ob er dieser Aufgabe allein oder mehreren Zwecken dient, welche Schwierigkeiten in der Messpfeiler-Errichtung durch das Gelände gegeben sind, oder ob man schliesslich - wie an der Ranna - zum Zwecke der Temperaturmessung eigene Bohrungen im Mauerkörper anbringt. Der apparative Aufwand für die geodätischen Einrichtungen enthält in allen Fällen einen Anteil von 6 bis 7000 S für die Beschaffung des Theodoliten, der natürlich entfallen würde, sofern ein solches Instrument etwa schon vorhanden wäre. An der Ranna wurde schliesslich eine wesentlich einfachere, jedoch nicht wettergeschützte Type von Zielmarken verwendet, die in die stehengebliebenen Konen der Schalungsspannschlösser einfach eingeschraubt wurden. Nicht inbegriffen sind die Kosten für Entwurf, Entwicklungen, Überwachung von Herstellung und Einbau, Eichung und Justierung sowie laufende Kontrolle, die einschliesslich der Beobachtungen während des Fugenschlusses und ihrer Auswertung bis zu diesem Zeitpunkt 7 bis 10% des apparativen und baulichen Aufwandes für die messtechnischen Einrichtungen erreichen. Trotz dieser Einschränkungen geben die angeführten Zahlen einen recht guten Masstab für die Ausmasse der unvermeidlichen Ausgaben für den messtechnischen Sektor. Die Installation einer elektrischen Einrichtung für Temperatur-Fernmessung würde beispielsweise die Kosten für die angeführten Minimalprogramme um 50 bis 80% erhöhen.

3,21 Aufwand Salza (1948/49).

	Apparativ	Baulich	Total
a) Mindestprogramm			
Lot (+ ½ Notauslass)	3.700	12.200	15.900
Temperatur (in I-Rohren)	1.100	2.000	3.100
Geodäsie (+ Theodol. Ant.)	<u>12.800</u>	<u>11.000</u>	<u>23.800</u>
	17.600	25.200	<u>42.800</u>
b) Zusatzprogramm			
2 Lote (+ 5/4 Notauslass)	2.500	22.800	25.300
2 Dehnungsmesser (¼ N. A.)	<u>2.800</u>	<u>7.800</u>	<u>10.600</u>
	5.300	30.600	35.900
Insgesamt	österr. S 22.900	55.800	<u>78.700</u>

3,22 Aufwand Ranna (1949/50).

a) Mindestprogramm	Apparativ	Baulich	Total
Lot (+ ½ Schachtrohr)	4.200	22.200	26.400
Temperatur (bes. Bohrung).	1.000	16.400	17.400
Geodäsie (+ Theod. Ant.)	<u>10.000</u>	<u>10.000</u>	<u>20.000</u>
	15.200	48.600	<u>63.800</u>
b) Zusatzprogramm.			
2 Lot-Zwischenablesungen	300	900	1.200
Insgesamt	österr.S 15.500	49.500	<u>65.000</u>

3,23 Aufwand Hierzmann (1949/50).

a) Mindestprogramm			
Lot (½ Zugangrohr)	5.900	21.500	27.400
Temperatur (in I-Rohren)	1.200	1.400	2.600
Geodäsie (+ Theod. Ant.)	<u>12.900</u>	<u>11.800</u>	<u>24.700</u>
	20.000	34.700	<u>54.700</u>
b) Zusatzprogramm			
Lotablesung im Felsgrund	500	23.000	23.500
Fugenmessung	<u>2.600</u>	<u>1.300</u>	<u>3.900</u>
	3.100	24.300	27.400
Insgesamt	österr.S 23.100	59.000	<u>82.100</u>

Wenngleich die Einrichtungen im Auftrage und im Interesse der Bauherren geschaffen und eingebaut wurden, so sei abschliessend doch mit Anerkennung und mit Dank ihres stets bewährten Verständnisses und Eingehens auf die Erfordernisse des Mess-Physikers gedacht, die naturgemäss den Baubetrieb oft unangenehm belasten.

Über die Beobachtungsergebnisse wird in einem späteren Beitrag berichtet werden.

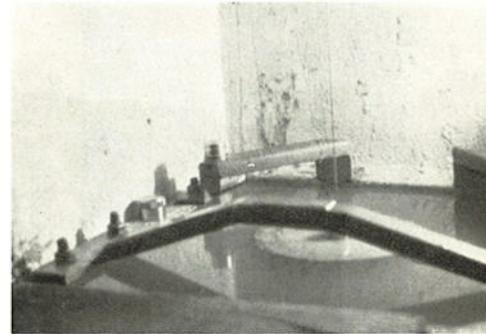


Fig. 5
Lotkammer, Lotdraht mit Gewicht,
Auflager.

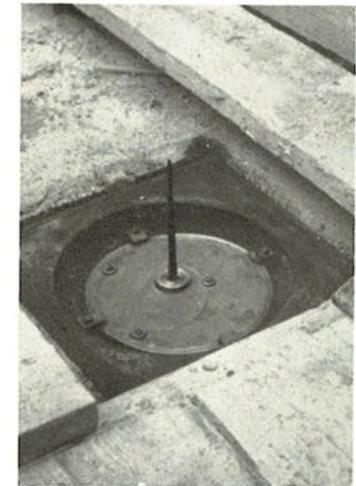


Fig. 7
Lotschachtkappe, Schutzkasten geöffnet;
Zentrierung, Zielstift aufgesetzt.



Fig. 12 a
Der Koordinatenwinkel im Tragkasten.



Fig. 12 b
Der Koordinatenwinkel, Schieber mit
Tasthebel ausgefahren.

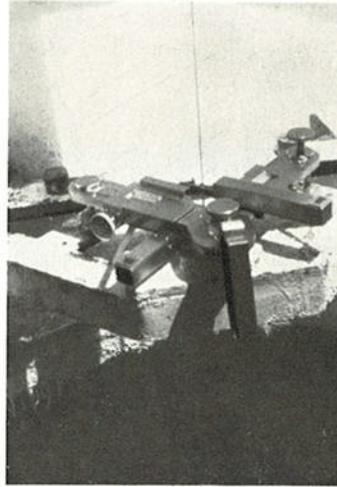


Fig. 13 a
Zwischenablesung, auf höherem Niveau.

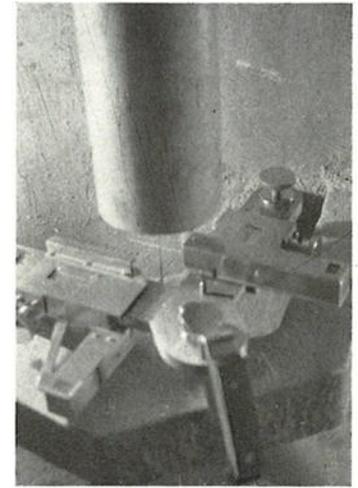


Fig. 13 b
Basisablesung, nahe dem Lotgewicht.

Fig. 13, Koordinatenwinkel am Lotdraht angelegt.



Fig. 17
Dehnungsmesser, Anzeigenteil geöffnet.

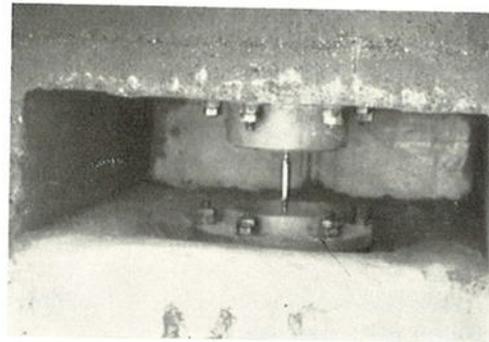


Fig. 18
Dehnungsmesser: Säulenkopf und Anzeigergerät
vor Einbringen des Kunstverschlusses.



Fig. 20
Dehnungsmesser: das Ablesegerät
in der Messkammer.

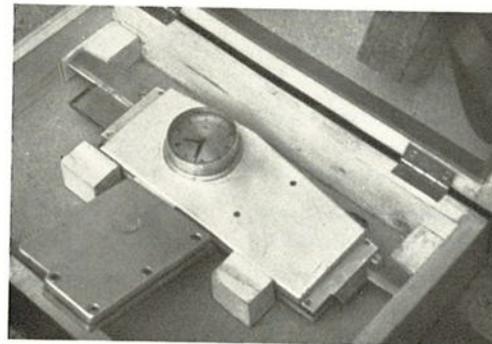


Fig. 23
Die Fugenlehre im Tragkasten.

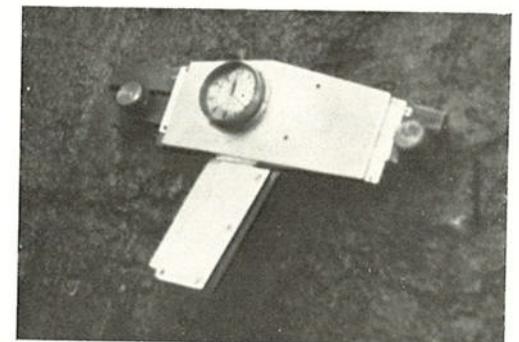


Fig. 24
Die Fugenlehre an den Messbolzen,
Schutzkappen abgeschraubt.

Schrifttum über österreichische Talsperren:

Abkürzungen:

ZÖIAV.....	Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereines
WWT.....	Wasserwirtschaft und Technik
WW.....	Die Wasserwirtschaft (Wien)
WWM.....	Wasserkraft und Wasserwirtschaft (München)
DWW.....	Deutsche Wasserwirtschaft
EM.....	Elektrotechnik und Maschinenbau
GB.....	Geologie und Bauwesen
ÖBZ.....	Österreichische Bauzeitschrift
ÖWW.....	Österreichische Wasserwirtschaft
ÖZE.....	Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft

- Mayrhofer: Das bestehende Wiestalwerk der Städtischen Elektrizitätswerke Salzburg und das im Bau befindliche Strubklammwerk. ZÖIAV 1923, Heft 11/12
- Dittes: Der Stand der Arbeiten für die Elektrisierung der Ö. B. B. zu Beginn des Jahres 1923.
ZÖIAV 1923, Heft 19/20, EM 1923, Heft 15
Die Betriebseröffnung des Strubklammwerkes.
WW 1925, Nr. 1
- Ampferer und Ascher: Über geologisch-technische Erfahrungen beim Bau des Spullersee-
werkes.
Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 1925
- Hruschka, Schweitzer: Das Spullerseekraftwerk der Ö. B. B.
ZÖIAV 1925, Heft 29/30
- Ornig: Der neuzeitliche Talsperrenbau.
ZÖIAV 1925, Heft 29/30 und 31/32
- Geilhofer: Das Spullerseekraftwerk.
Schriften des Vereines für Geschichte des Bodensees und seiner Um-
gebung. Konstanz 1925, Heft 53
- Steweag: Das Teigitschwerk.
WW 1926, Heft 18 (Sonderheft)
- Dittes: Charakteristische Angaben über einige bedeutende österreichische
Grosswasserkraftanlagen.
WW 1926, Heft 30
- Dittes: Die Elektrisierung der Österr. Bundesbahnen. Rückblick und Ausblick.
ZÖIAV 1926, Heft 35/36, Heft 39/40 und 41/42
- Hruschka: Die Kraftwerke und Unterwerke für den elektrischen Betrieb der Salz-
kammergut- und Arlbergbahn.
II. Das Spullerseekraftwerk mit dem Unterwerk Danöfen.
EM 1927, Heft 47, 48, 49, und 51

- V. I. W. Das Vermuntwerk.
WW 1928, Heft 17
- V. I. W. Das Vermuntwerk der Vorarlberger Illwerke A. G.
WWM 1928, Heft 23
- Ascher: Das Stubachwerk der Ö. B. B.
WWM 1929, Heft 11
- Ascher: Erfahrungen bei der Fundierung von Staumauern im Hochgebirge.
WWM 1929, Heft 23
- Ascher und Powondra: Über geologisch - technische Erfahrungen beim Bau des Stubachwerkes.
Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 1930, Heft 1, 2
- Kühnelt: Ausbau der österr. Staubeckenanlagen.
WW 1930, Heft 34, 35
- Vorarlberger Illwerke A. G.: Das Vermuntwerk.
Broschüre. Bregenz 1931
- Hruschka: Das Stubachwerk I.
WWM 1931, Heft 19, 20, 21, 22.
- Ascher: Weitere Beiträge zur Geologie des Stubachtales.
Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 1932, Heft 1, 2
- Weigl: Die Tauernmoosperre der Ö. B. B.
WW 1932, Heft 20 - 21
- Kühnelt: Der erste Internationale Talsperrenkongress.
Statistisches Merkblatt der Tauernmoosperre.
WW 1933, Seite 230 und 231
- Mühlhofer: Die Staumauern des Spullerseewerkes.
WW 1933, Heft 17 - 19
- Grenng: Die Talsperre Pack.
WWT 1935, Nr. 1 - 2, 3
- Weigl: Die Staumauern am Tauernmoosboden.
Bauerfahrungen und Beobachtungen.
ZÖIAV 1935, Hefte 5/6, 7/8
- Ascher: Das Kraftwerk Stubach II der deutschen Reichsbahn.
WWM 1938, Heft 11, 12
- Stini: Die geologische Lage der ostmärkischen Wasserspeicherbecken.
GB 1939, Heft 1
- Stini: Geologische Grundlagen des Talsperrenbaues in den östlichen deutschen Alpen.
DWW 1940
- Stini: Die Lage des Felsuntergrundes in unseren Alpentälern.
GB, Jg. 10, Heft 2
- Schiffmann: Der Anstich des Weissees in der Granatspitzgruppe.
ÖBZ 1947, Heft 4/6

- Vorarlberger Illwerke A. G.: Beschreibung der Kraftwerke und Projekte.
Broschüre. Bregenz, Juni 1947
- Stini: Staumauerbauweise und Baugrund.
ÖBZ. 1947, Heft 7/9
- Grenng, Lauffer: Der Gewölbemauerbau in Österreich.
ÖBZ 1948, Heft 8/9
- Böhmer: Über den derzeitigen Stand der Bauarbeiten am Tauernkraftwerk Kaprun.
ZÖIAV 1948, Heft 23/24
- Jurecka: Die Berechnung bogenförmiger Staumauern nach dem Lastaufteilungsverfahren.
ÖBZ 1949, Heft 11/12
- Fritsch: Talsperrenbeton. 1949
Heft 15 der Schriftenreihe des Österreichischen Wasserwirtschaftsverbandes.
- Böck: Die Fortschritte beim Bau des Tauernkraftwerkes in Kaprun während des Jahres 1948.
WW 1949/50, Sonderheft
- Ö. B. B.: Merkblätter über Energieversorgung der Ö. B. B.
Wasserkraftwerk Schneiderau.
Merkblatt Nr. 2, Ausgabe Jänner 1950
- Baumann: Die Staubeckenkommission.
ÖWW 1950, Heft 1/2
- Steweag: 25 Jahre Teigtitschkraftwerk Arnstein.
Festschrift zum 25. Jahrestag der Betriebseröffnung des Teigtitschkraftwerkes Arnstein am 25. März 1925.
1950
- Tölke: Die Entwicklung der Bogenstaumauer zur beherrschenden Bauform für den Ausbau der mitteleuropäischen Wasserkraft.
Bauingenieur 1950, Heft 2, 4, 5
- Saffer: Das Hollersbachwerk im Oberpinzgau.
ÖZE 1950, Heft 4
- Fill: Kluftmessung und Talsperrenlage.
GB 1950, Heft 4
- Jüngling: Das Gerloskraftwerk bei Zell am Ziller.
ÖWW 1950, Heft 8/9
- Goriupp: Berechnung der Gewölbemauer am Hierzmann nach dem Versuchslastverfahren.
ÖBZ 1950, Heft 9
- Ascher: Die geologischen Gründe für die Wahl der Gewölbemauer bei der Limbergperre. Kaprun.
ÖWW 1950, Heft 10
- Böck: Das Kraftwerk Kaprun.
ÖZE 1950, Heft 10

- Petzny : Der Stand der Bauarbeiten am Kamp
ÖWW 1950, Heft 11
- Rinner: Absteckung von Bogensperren.
ZÖIAV 1950, Heft 11/12
- Ö. B. B. : Wasserkraftwerk Enzingerboden.
Merkblätter über Energieversorgung der Ö. B. B.
Merkblatt Nr. 3, Ausgabe Jänner 1951
- Tschech und Jaburek: Berechnung von Bogenstaumauern im Vergleich mit den Ergebnissen
statischer Modellversuche.
ÖBZ 1951, Heft 2
- Frohnbolzer : Speicher zur Winterwasseraufbesserung im Donaugebiet bis Jochen-
stein.
Dissertation an der T.H. Karlsruhe 1951
- Horniger : Beobachtungen am Fels der Limbergssperre.
ÖWW 1951, Heft 5/6, 7
- Tremmel : Beitrag zur Gewölbemauerberechnung.
ÖWW 1951, Heft 6
- Festschrift Kaprun : Die Hauptstufe Glockner - Kaprun
Herausgegeben anlässlich der Fertigstellung der zum Krafthaus Kaprun-
Hauptstufe gehörenden Anlagen von der Tauernkraftwerke A. G.
im September 1951
- Lauffer : Bericht über die hydraulische Vorspannung (Fugenexpansion) und Fugen-
auspressung der Bächentalsperre im Herbst 1951.
Nicht veröffentlicht.
- Fischer, Grengg : Die Gewölbemauern Salza und Hierzmann der Steweag.
ÖBZ 1951, Heft 11/12
- Tremmel : Beitrag zur Gewölbemauerberechnung.
ZÖIAV 1951, Heft 19/20, 21/22
- Hamann : Die Dürrachzuleitung zum Achensee.
ÖZE 1951, Heft 12
- Baumann : Die Tätigkeit der Staubeckenkommission.
ÖWW 1952, Heft 1
- Fahndrich : Der Bau der Rannatalsperre.
ÖBZ 1952, Heft 1, 2
- Vas . Probleme der Kraftwasserwirtschaft in Mitteleuropa.
ÖWW 1952, Heft 3, 4.
- Rind : Die Behandlung der Arbeitsfugen beim Bau der Limbergssperre.
ÖWW 1952, Heft 8/9
- Grengg : Das Grossspeicherwerk Glockner - Kaprun.
ÖBZ 1952, Heft 8/10
- Meschan : Die Stahlschalung für die Limbergssperre des Tauernkraftwerkes Kaprun.
Probleme der Anwendung
Der Bauingenieur 1952, Heft 11

- Jurecka : Der Einfluss des Tangential- und Torsionsausgleiches auf die nach dem
Lastaufteilungsverfahren bestimmten Spannungen in Gewölbestaumauern.
ZÖIAV 1953, Heft 11/12
- Kaschl und Krobatschek : Ein Beitrag zur Absteckung von Gewölbemauern.
ZÖIAV 1952, Heft 11/12
- Steinböck : Planung und Bau des Winterspeicherwerkes Reisseck - Kreuzeck.
ÖWW 1953, Heft 5/6
- Fischer : Die Kronenbewegung der Hierzmannstaumauer.
ÖBZ 1953, Heft 8
- Grzwienski : Hochwässer und deren Speicherung oder Ableitung bei Talsperren.
ÖBZ 1953, Heft 8, 9, 10
- Link : Neuere Talsperrenbauten in Österreich.
Bautechnik 1953, Heft 2, 4
- Link : Die Speicherseen der Alpen.
Verbandsschrift Nr. 31 des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes.
1953
- Stini : Statik und Talsperrengeologie.
GB 1953, Heft 2

Inhaltsverzeichnis:

Zum Geleit!	Seite	3
Vorwort der Schriftleitung	"	5
Tabelle	"	8
Übersichtskarte	"	9
Beobachtungseinrichtungen an den Talsperren Salza, Ranna, Hierzmann und Wiederschwing	"	11
Schrifttum über österreichische Talsperren	"	33