

G. 44-45.

28.

Symphor

Ceheimer O. erbauret.

Die
**Talsperren-
Anlage**

bei
**Marklissa
am Queis.**



Verleger
Kgl. Wasserbauinspektor Bachmann
Mauer, (Bez. Liegnitz).

G. 45

83

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300024

x
742

Symphor
Geheimer O. erbaurat.

Die
Talsperrenanlage
bei
Marklissa am Queis.



4. vermehrte Auflage.

Herausgegeben zu wohltätigen Zwecken
im Interesse der bei den Talsperrenbauten
beschäftigten Arbeiter

vom

Kgl. Wasserbauinspektor Bachmann

in Mauer

zum 27. Februar 1906.

2. März

Preis 1.50 Mark.

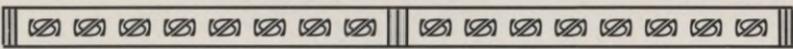
Druck von Dr. Trenkler & Co., Leipzig-Stötteritz.

G45.85.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

1131142

Akc. Nr. 2010/49



Vorbemerkung.



Der rasche Absatz, den die drei ersten zum Besten der Kinder der bei dem Bau der Talsperre bei Marklissa verunglückten Arbeiter herausgegebenen Auflagen dieser Schrift gefunden haben und die immer noch namentlich aus technischen Kreisen eingehenden Anfragen ermutigen den Verfasser, auch noch die nachstehende vierte Auflage herauszugeben.

Nach einer kurzen Einleitung über Zweck und Geschichte der Talsperren enthält die Schrift in Wort und Bild eine ausführliche Beschreibung der bei Marklissa im Queis erbauten Talsperre und ihres Entwicklungsganges bis zur Fertigstellung.

Die Beschreibung dieses vielseitigen Erfahrungen auf dem Gebiete des Talsperrenbaues Rechnung tragenden Werkes dürfte durch die beigegebenen Skizzen der einzelnen Bauanlagen und der anzustellenden Berechnungen auch das für den mit ähnlichen Aufgaben betrauten Fachmann Bemerkenswerteste enthalten.

Der nach Abzug der Unkosten verbleibende Ertrag dieser Auflage ist zu wohlthätigen Zwecken im Interesse der Arbeiter und in erster Linie zur Unterstützung der bei dem unter Leitung des Verfassers nunmehr zur Ausführung gelangenden Bau der Talsperre bei Mauer am Bober — s. S. 9 d. S. — durch Unfall oder Krankheit in bedrängte Lage geratenden Arbeiter und deren Angehörige bestimmt. Möge sie daher auch wie die drei früheren Auflagen überall freundliche Aufnahme finden.

Mauer, den 27. Februar 1906.

B.

Kgl. Wasserbauinspektor.

Einleitung.

So alt der Talsperrenbau an sich in heissen Ländern ist, so neu ist sein Hervortreten bei uns in Deutschland, so neu ist auch die Entwicklung zu seiner heutigen Bedeutung, welche kaum noch einen Vergleich mit seinen Anfängen zulässt.

Wenn auch der Grundzweck der Talsperren, das Wasser der Bäche und Flüsse in nassen Zeiten und bei grösseren Anschwellungen zurückzuhalten, um es für trockene Zeiten, in denen die Wasserläufe mehr oder weniger versiegen, aufzusparen, der gleiche geblieben ist, so ist doch das Bedürfnis nach diesem Ausgleich der Abflussmengen der Wasserläufe durch den Talsperrenbau in neuerer Zeit mit der wachsenden Bevölkerung und der Bebauung der Flussgebiete und mit der zunehmenden Entwaldung der Quellgebiete viel allgemeiner geworden, da im besonderen auch die heutigen Mittel der Technik nicht nur die Ausführung ganz riesenhafter Abmessungen der Bauwerke mit unzweifelhafter Sicherheit ermöglichen, sondern auch die Talsperren früher nie geahnten Zwecken, wie der Ausnutzung durch elektrische Kraftübertragung und (wie hier in Schlesien) dem Hochwasserschutz dienstbar zu machen gestatten.

Die ältesten Talsperren sind in den heissen Ländern Ägypten, Algier, Indien, wo die Wassernot in der regenlosen Zeit am grössten ist, schon vor länger als 2000 Jahren ausgeführt und dienten ausschliesslich landwirtschaftlichen Zwecken, das heisst zur Bewässerung der unterhalb gelegenen Niederungen. Sie bestanden aus nicht sehr hohen Erddämmen, deren Bestand bei grösserer Höhe natürlich ein sehr unsicherer bleibt, wie der Durchbruch des grossen Dammes bei Johnstown San Francisco in Nord-Amerika gezeigt hat. Bei diesem Dambruch kamen in ca. zehn Minuten 10000 Personen ums Leben, und seinen verheerenden Wirkungen ist wohl hauptsächlich die noch vielfach bestehende grosse Furcht vor Talsperren zuzuschreiben. In Ägypten lebte auch neuerdings der Talsperrenbau in bisher nie dagewesener Grösse mit den von den Engländern erbauten Staudämmen bei Assuan von 1065 000 000 cbm Stauinhalt und dem Staudamm bei Assyut mit 763 000 000 cbm wieder auf, welche im Verein mit der Talsperre am Delta dazu bestimmt sind, die fruchtbare Nilmiederung, die sie in drei Ab-

schnitte zerlegen, zu bewässern. Die ältesten gemauerten Talsperren sind in Spanien von den Mauren schon mit einer Höhe bis zu 40 m errichtet und haben durch ihren über 300 jährigen vollständig unveränderten Bestand gezeigt, dass die Dauer gemauerter Talsperren als ewig angesehen werden kann. Es folgen dann Frankreich, England (besonders auch in seinen Kolonien Indien und Ceylon) und Amerika mit grossartigen und kühnen Talsperrenanlagen, wie die grosse 70 m hohe Croton-Talsperre bei New-York und neuerdings auch Österreich und Italien.

In Deutschland ist der Bau gemauerter Talsperren erst seit zirka 20 Jahren heimisch und hat in dieser kurzen Zeit einen solchen Umfang angenommen und eine derartige Ausbildung erfahren, dass wir heute im Talsperrenbau mit allen anderen Ländern wetteifern. Was die Talsperren durch ihren Wasservorrat in trockener Zeit bedeuten, wieviel dürre Ländereien sie in fruchtbare, blühende Gefilde verwandelt haben, wie sie auf die gesundheitlichen Verhältnisse grosser Städte durch Abgabe eines stets guten Trinkwassers eingewirkt haben, wieviel Kräfte von Menschen und Tieren durch die aufgespeicherten und elektrisch ausgenutzten Wasserkräfte erspart bzw. ersetzt werden, davon können schon viele Gegenden in den meisten Ländern der Erde und auch in unserer Vaterlande erzählen. Es sei hier nur auf die Talsperren in den Vogesen, die neun Talsperren im Wuppergebiet, die Talsperren im Gebiete der Ruhr, die Urfttalsperre in der Eifel mit 45 000 000 cbm Stauinhalt, die Talsperre im Erzgebirge und schliesslich auf die an der Weser im Zusammenhange mit den Kanalprojekten geplante grosse Talsperre bei Hemmfurt mit 180 000 000 cbm Stauinhalt hingewiesen. Hier in Schlesien sollen die Talsperren den früher so häufigen Anblick menschlichen Elendes, wie es durch die Hochfluten am Bober und Queis hervorgerufen worden ist, beseitigen, indem sie die schädlichen Hochwassermassen in ihre Stauräume aufnehmen. Welchen Segen die Talsperren hier durch den Hochwasserschutz zu schaffen berufen sind, geht schon daraus hervor, dass allein durch die Hochflut des Jahres 1897 am Bober und Queis fast ebensoviel Schaden angerichtet ist, wie die gesamten Kosten der Talsperren betragen.

Mit den Rücksichten auf den Hochwasserschutz lässt sich aber bei den Talsperren noch ein sehr guter Nebenzweck, die

Ausnutzung der aufgespeicherten Wassermassen und des hohen Staudruckes zu Kraftzwecken durch Umsetzung in elektrische Energie verbinden, durch die allein eine vollständige Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals bequem zu ermöglichen ist, wie beispielsweise der Bau der grossen Urftalsperre in der Eifel, die fast ausschliesslich zu Kraftzwecken errichtet wird, beweist. Auch bei uns in Schlesien ist die Verwertung der Wasserkräfte der Talsperren bereits beschlossen und es ist nicht daran zu zweifeln, dass bei voller Entwicklung dieser Kraftanlagen die jetzt für den Hochwasserschutz ausgegebenen Summen verzinst bzw. wiedergewonnen werden.

In Zukunft können die Wasserkräfte der Talsperren mit der fortschreitenden Erschöpfung der Kohlenlager nur noch gewinnen. Man wird daher überall, wo die natürlichen Verhältnisse es zulassen und die Bebauung der Flusstäler nicht zu enorme Aufwendungen für den Grunderwerb erfordert, in erster Linie für den Hochwasserschutz zweckmässig die Erbauung von Talsperren ins Auge fassen.

Wer das herrliche, von bewaldeten Höhen und steilen Felswänden eingefasste Queistal oberhalb Marklissa (Abb. 1—2a) im Sommer an schönen Tagen durchwandert und den Queis still und unschuldig dahinfließen sieht, der ahnt nicht, wie wild und unbändig dieser Geselle werden kann, wie gewaltige Wassermassen mit reissender Geschwindigkeit zu Zeiten der Hochfluten, die am schlimmsten in den Monaten Juni—August im Gefolge von Wolkenbrüchen im Isergebirge aufzutreten pflegen, durch dieses friedliche Tal dahinjagen und welche Verwüstungen sie in den unterhalb gelegenen Fluren und Ortschaften anrichten können. Die Chroniken von Marklissa und Umgegend berichten von unbeschreiblichen periodisch wiederkehrenden Verheerungen durch Hochwasser. So sind im Jahre 1432 durch eine Hochflut allein in Marklissa 48 Häuser fortgerissen worden. Auch von den heutigen Einwohnern, welche das grösste bisher beobachtete Hochwasser vom Jahre 1897 miterlebten, kann man sich die Schrecken in lebhaften Farben schildern lassen. Die Abbildungen 3—5 geben einige Zustände während und nach diesem Hochwasser wieder. Das beste Schutzmittel gegen solche Hochfluten, die infolge der Entwaldung der Quellgebiete der Flüsse und der engeren Bebauung der Flusstäler immer mehr an

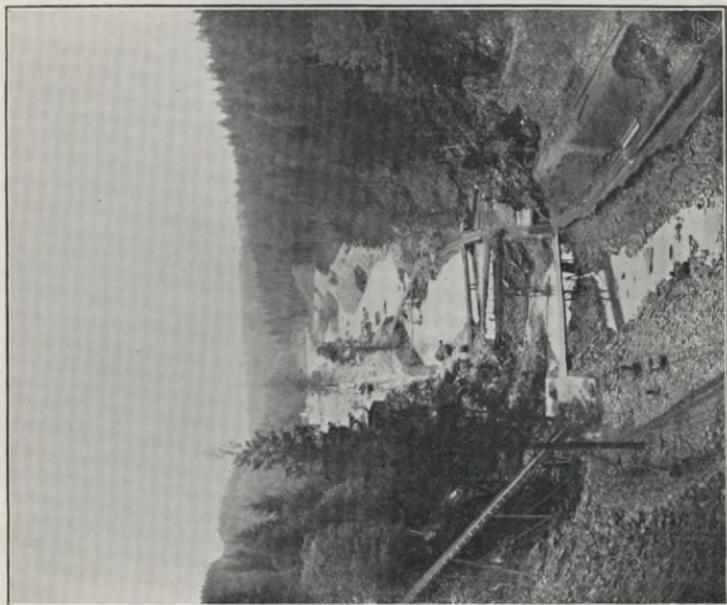


Abb. 2. Blick in das Queistal vor der Talsperre.

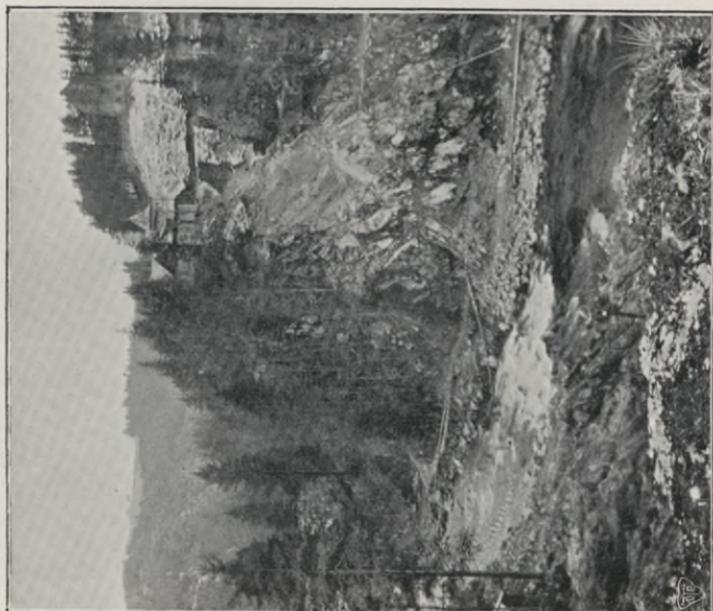
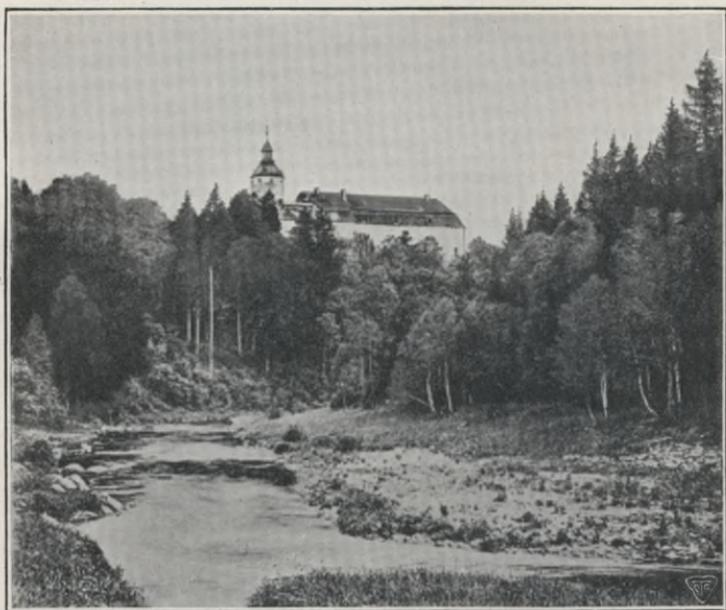


Abb. 1. Das zukünftige Wärterwohnhaus unmittelbar neben der Oberfläche der Talsperre wurde zuerst erbaut, um als Baubüreau zu dienen.



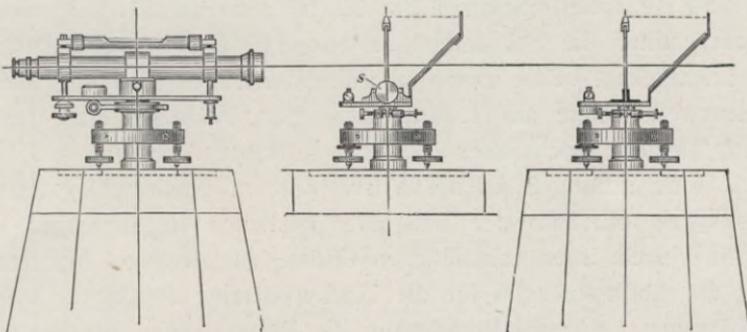
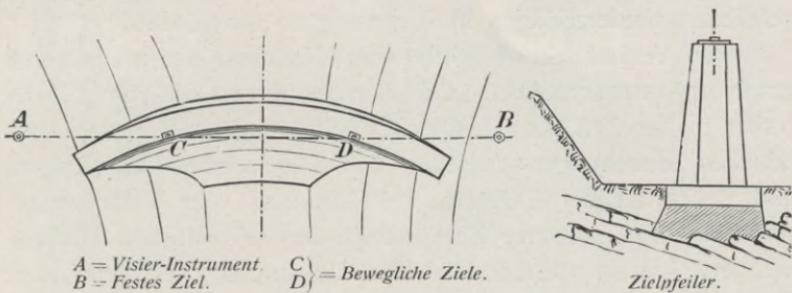
*Abb. 2 a. Schloss Tschocha
am Ufer des künftigen Wasserspiegels der Talsperre.*



Abb. 3. Hochwasserschäden am Queis durch das Hochwasser am 29 – 31. Juli 1897.

Schrecken zugenommen haben, ist die Zurückhaltung der Wassermassen in Talsperren, welche somit die schädlichen Folgen der steigenden Kultur wieder gutzumachen berufen sind.

Der Eindruck des Elendes, den unsere Kaiserin bei ihrem Besuche des Überschwemmungsgebietes um Marklissa im Jahre 1897 (Abb. 6) gewonnen hat, und seine eigenen an Ort und Stelle gewonnenen Anschauungen, haben auch unseren Kaiser veranlasst, der Frage der Abhilfe durch Talsperren näher zu treten. Seiner Entschliessung verdankt die Provinz Schlesien das Hochwasserschutzgesetz vom 3. Juli 1900, in welchem ausser der Talsperre im Queis bei Marklissa mit 15 000 000 cbm Fassungsraum in Schlesien noch zwei Talsperren am Bober bei Mauer mit 50 000 000 cbm und bei Buchwald ursprünglich mit 12 000 000, neuerdings auf 2 700 000 cbm ermässigten Fassungsraum und verschiedene kleine Stauweiheranlagen in den Nebenflüssen des Queis und des Bobers vorgesehen sind. Für die drei genannten Talsperren sind die Kosten auf 12 500 000 Mark bemessen, wovon auf die Talsperre bei Marklissa 3 000 000 und auf die Talsperre bei Mauer 8 000 000 Mark entfallen.



Zielvorrichtung zur Beobachtung der Durchbiegungen der Mauerkrone der Talsperre.
(Siehe Seite 53 d. B.)

Beschreibung der Queistalsperre.

Das Staubecken der Queistalsperre ist auf ein Hochwasser wie das des Jahres 1897 eingerichtet. Die Hochwasserabflussmenge des Queis von dem Zeitpunkte an, wo der Queis derart angeschwollen war, dass der Abfluss nicht mehr ohne Schaden vor sich ging, bis zu dem Zeitpunkt, wo die Hochwasserwelle wieder soweit gesunken war, dass der Abfluss unschädlich von statten ging, ist nach den vorhandenen Beobachtungen der Hochflut am Pegel zu Lauban mit einem Niederschlagsgebiet von 486 qkm für die Tage vom 27 bis 31. Juli zu 27 800 000 cbm Schadenwasser + 21 200 000 cbm unschädliche Abflussmenge, zusammen = 49 000 000 cbm zu berechnen und hiernach für den Queis an der Talsperre mit rund 306 qkm Niederschlagsgebiet auf 34 000 000 cbm zu schätzen, wobei die Wassermenge allerdings nicht einfach nach der Zahl der Quadratkilometer verringert werden darf, sondern die höher flussaufwärts gelegenen Flächen des Niederschlagsgebietes entsprechend den grösseren auf sie gefallenem Niederschlägen in Rechnung zu setzen sind.

Der Verlauf der Hochflut bei Marklissa ist in Skizze 8 graphisch veranschaulicht. Die Darstellung ist auf Grund der bisher in der Zeit vom 1. Oktober 1901 bis 31. März 1903 ermittelten Beziehungen zwischen den Pegelständen bei Lauban und denen an der Talsperre bei Marklissa vom Verfasser gezeichnet. Die schwarze Kurve stellt die sekundlichen Abflussmengen, wie sie während der Hochflut aufeinander folgten, dar. Von 10 Kubikmeter: Sekunde am 28. Juli schwoll der Queis bis zu 730 Kubikmeter: Sekunde am 30. Juli, um am 31. Juli schon wieder unter die Schädengrenze von 110 Kubikmeter: Sekunde zurückzugehen. Eine zweite allerdings erheblich kleinere Hochwasserwelle folgte am 1. und 2. August, während eine dritte noch kleinere Hochwasserwelle vom 4. August belanglos ist.

In Abbildung 8 ist die Kurve der im Niederschlagsgebiet des Queis oberhalb der Talsperre gefallenem Regensmengen in „grün“ nach ihrer sekundlichen Grösse in gleichem Maßstabe wie die Abflussmengen für die Hochwassertage des Jahres 1897 aufgetragen. Für die Berechnung der Regensmengen wurden die Aufzeichnungen an den im Jahre 1897 im Niederschlagsgebiet

| Datum | Flächeninhalt und Regenmenge des Niederschlagsgebietes | | | | | | | | | | | | Gesamt-Regenmenge cbm | Zeitdauer des Regens Stunden | Sekundliche Regenmenge cbm |
|----------|--|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----|-----|--------------------------|--|-------------------------------|
| | Flinsberg | | Greifenberg | | Wiegandstal | | Liebental | | Beerberg | | mm | cbm | | | |
| | mm | cbm | mm | cbm | mm | cbm | mm | cbm | mm | cbm | | | | | |
| 27. Juli | 14,4 | 1 100 000 | 9,0 | 956 070 | 11,1 | 5 107 111 | 16,9 | 1 025 661 | 10,2 | 250 512 | | | 3 842 954 | 4 Uhr Nm. bis 7 Uhr M. = 14 Stdn. | 70,12 |
| 28. Juli | 40,6 | 2 799 114 | 28,1 | 2 985 063 | 32,6 | 1 499 926 | 34,1 | 2 069 529 | 22,8 | 559 968 | | | 9 913 600 | 7 Uhr Morg. bis 7 Uhr M. = 24 Stdn. | 114,7 |
| 29. Juli | 31,0 | 2 137 140 | 19,4 | 2 060 860 | 23,25 | 1 069 733 | 15,06 | 913 991 | 26,5 | 650 840 | | | 6 832 564 | 7 Uhr Morg. bis 7 Uhr Nm. = 12 Stdn. | 158,1 |
| | 127,0 | 8 755 380 | 79,0 | 8 392 170 | 95,25 | 4 382 453 | 61,74 | 3 747 006 | 108,3 | 2 659 848 | | | 27 936 857 | 7 Uhr Nm bis 7 Uhr M. = 12 Stdn. | 644,4 |
| 30. Juli | 14,0 | 965 160 | 6,4 | 679 872 | 8,1 | 372 681 | 6,9 | 418 761 | 3,1 | 75 636 | | | 2 512 110 | 7 Uhr Morg. bis 7 Uhr M. = 24 Stdn. | 29,8 |
| 31. Juli | 13,0 | 896 220 | 18,5 | 1 965 255 | 19,2 | 883 392 | 5,9 | 358 071 | 2,8 | 68 768 | | | 4 171 706 | 7 Uhr Morg. bis 7 Uhr M. = 24 Stdn. | 48,2 |
| 1. Aug. | 29,4 | 2 026 836 | 20,0 | 2 124 600 | 28,8 | 1 325 088 | 9,6 | 582 624 | 32,4 | 759 744 | | | 6 854 892 | 7 Uhr Morg. bis 7 Uhr M. = 24 Stdn. | 79,3 |
| 2. Aug. | 13,9 | 958 266 | 9,1 | 966 693 | 11,0 | 506 110 | 11,8 | 716 142 | 8,2 | 201 392 | | | 3 348 603 | 7 Uhr Morg. bis 7 Uhr M. = 24 Stdn. | 38,8 |

51 038 085

vorhandenen fünf Regenmessern des meteorologischen Institutes benutzt und die Flächen des den einzelnen Regenmessern zugewiesenen Niederschlagsgebietes (Abb. 7a) planimetrisch bestimmt. Die gemessenen Niederschlagshöhen in Millimetern lieferten dann, mit den betreffenden Teilen des Niederschlagsgebietes multipliziert, die wirklich gefallenen Regenmengen in Kubikmetern.

Die Ergebnisse sind in umstehender Tabelle zusammengestellt.

Diese so berechneten Niederschlagsmengen bieten eine sehr zuverlässige Kontrolle der zuvor nach den Pegelständen in Lauban für die Talsperrenstelle geschätzten Hochwassermenge.

Für den Vergleich der Regenmengen mit den geschätzten Abflussmengen sollen hier nur die Tage vom 27. bis 30. Juli einschliesslich in Betracht gezogen werden. Der am 31. Juli von 7 Uhr morgens ab gefallene geringe Niederschlag bleibt unberücksichtigt. Dafür wird auch die Kurve der Abflussmengen von 3 Uhr mittags ab gleichmässig und so abfallend in die Rechnung eingeführt, wie ihr Abfall zu anderen Zeiten bei vollständig aufgehörendem Regen beobachtet worden ist. Die gesamte Niederschlagsmenge vom 27. Juli 4 Uhr nachmittags ab bis zum 31. Juli 7 Uhr vormittags beträgt nach der Tabelle 51 038 085 cbm. Die gesamte Abflussmenge im Queis bei der Talsperre berechnet sich von Mitternacht des 27./28. bis zum 29. Juni 5 Uhr nachmittags, das ist bis zu dem Zeitpunkt, wo die Anschwellung des Queis über die unschädliche Grenze von 110 Kubikmeter: Sekunde

hinausging, zu $3600 \left[20 \text{ Std.} \times 10 \text{ cbm} + 11 \text{ Std.} \times \frac{10+40}{2} \text{ cbm} + 10 \text{ Std.} \times \frac{40+110}{2} \right] \text{ cbm} = 4410000 \text{ cbm}$. Von diesem Zeitpunkt ab flossen, wie schon weiter zuvor angegeben, bis zu dem Zeitpunkte, wo die Wasserführung des Queis wieder bis auf 110 cbm in der Sekunde zurückgegangen war, 34 000 000 cbm ab.

Der Abfluss nach diesem Zeitpunkt berechnet sich aus dem Abfall der Kurve bei anderen kleineren Anschwellungen des Queis und unter Vernachlässigung des Regens vom 31. Juli

7 Uhr morgens ab zu $3600 \left[3 \cdot \frac{110+80}{2} + 3 \cdot \frac{80+70}{2} + 16 \cdot \frac{70+30}{2} + 21 \cdot \frac{30+20}{2} + 66 \cdot \frac{20+10}{2} + 20 \cdot \frac{10+7}{2} \right] = 10782000 \text{ cbm}$. Mithin beträgt der gesamte Abfluss 49 192 000 cbm



Abb. 4. Hochwasserschäden am Queis am 30 Juli 1897.
Unterspülter Giebel eines Wohngebäudes.



Abb. 5. Der Marktplatz in Marklissa während des Hochwassers am 30. Juli 1897.



Abb. 6. Die Kaiserin Auguste Victoria besucht das Überschwemmungsgebiet. Ihrer Majestät gegenüber im Wagen der Oberpräsident von Schlesien, Fürst v. Hatzfeld, Herzog zu Trachenberg.



Abb. 13 a. 1. Minister v. Podbielsky. 2. Oberpräsident Fürst v. Hatzfeld, Herzog zu Trachenberg. 3. Geheimer Regierungsrat Professor Intze. 4. Landeshauptmann Freiherr von Richthofen.

gegenüber einer Niederschlagsmenge von rund 51 038 000 cbm, so dass sich nur ein Verlust für Verdunstung von 1 846 000 cbm = 3,61 Prozent ergibt. Man kann hieraus schliessen, dass die Abweichung der geschätzten Wassermengen von den wirklichen Abflussmengen nicht sehr gross sein kann.

Über den Wechsel der stündlichen bzw. sekundlichen Regenmengen innerhalb der in der Tabelle angegebenen Abschnitte lassen sich leider keine Angaben machen, da damals registrierende Regennmesser noch nicht aufgestellt waren. Nach Angabe der Augenzeugen soll jedoch der stärkste Regen vom 29. Juli 7 Uhr nachmittags bis 30. Juli 7 Uhr morgens in gleichmässiger Stärke gefallen sein. Immerhin werden auch hier Schwankungen in der sekundlichen Regenmenge vorhanden gewesen sein, die vielleicht bei oberflächlicher Beobachtung nicht bemerkbar waren, so dass die grösste sekundliche Regenmenge wohl mindestens auf ca. 800 cbm wird angenommen werden können. Bemerkenswert bleibt trotzdem der hohe sekundliche Abfluss von 780 cbm bei Marklissa und würde voraussetzen, dass die grösste sekundliche Regenmenge auch gleichzeitig in zirka ebenso kurzer Zeit bei Marklissa zum Abfluss gelangt ist. Dies ist nun in vollständigem Masse nicht möglich. Wohl aber findet mit dem wachsenden Wasserstande im Queis eine bedeutende Zunahme der Abflussgeschwindigkeit statt, und zwar von Mittel- bis Hochwasser etwa um das Vierfache. Es holt daher das bei hohem Wasserstande oben in den Queis gelangende Regenwasser das während mehrerer Stunden vorher bereits vorangeflossene Wasser bis Marklissa ein und erscheint hier mit diesem gleichzeitig, so dass das während der höchsten Fluterhebung bei Marklissa in einer Sekunde abgeflossene Wasser sich aus den Niederschlägen mehrerer Sekunden zusammensetzt. Nur hierdurch ist die gewaltige Anschwellung und die kurze Dauer der Hochfluten des Queis zu erklären.

Einen Teil dieses Hochwassers muss der Queis natürlich auch während der Dauer der Hochflut abführen, und zwar wären dies für die Hochflut des Jahres 1897 $34 - 15 = 19\,000\,000$ cbm gewesen, die das Staubecken nicht hätte aufnehmen können. Diese Wassermenge hätte das Ablassen von 110 Kubikmeter: Sekunde während der Hochflut nötig gemacht, welche der Queis ohne auszufern abführen kann, wenn nicht grössere Zuflüsse unterhalb der Talsperre hinzutreten. Zu den Stunden, an welchen die

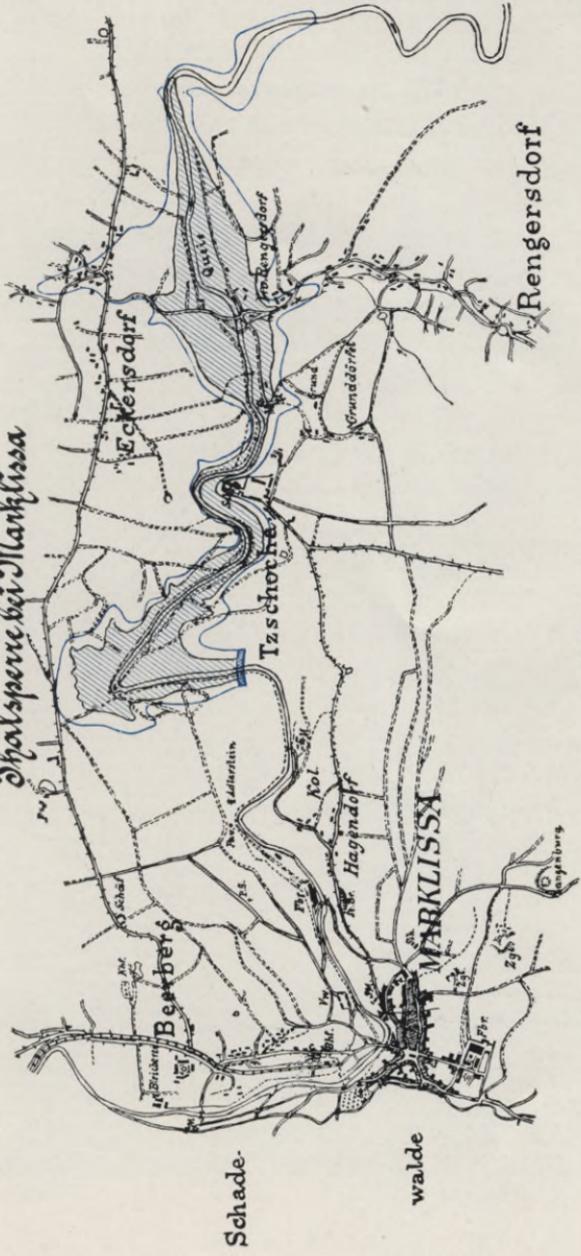
unterhalb der Talsperre einmündenden Nebenflüsse ihr Hochwasser an den Queis abgeben, wird man daher den Abfluss an der Talsperre einschränken müssen.

Auf Abb. 8 ist dieser einer Abflussmenge von 110 Kubikmeter: Sekunde entsprechende sogenannte unschädliche Teil der Hochflut durch eine „rote wagerechte Linie“ abgegrenzt. Das unter dieser „roten Linie“ fließende Wasser ist für Marklissa unschädlich; alle darüber hinausgehenden Wassermengen — vergl. die „rot schraffierten“ Flächen — sind schadenbringend und werden zukünftig in dem Stauraum der Talsperre zurückgehalten werden. Die Aufgabe der Talsperre besteht also darin, dass sie die „roten Flächen“ (das sind die die eigentlichen grossen Hochwasserschäden verursachenden Spitzen der Hochfluten) abschneidet, um sie erst dann abfließen zu lassen, wenn der Queis wieder unter die Schadengrenze gefallen ist; dass sie aber die ganze unschädliche Wassermenge nach Erfordern stets frei ablaufen lässt. Hierin liegt auch die grossartige Wirkung der Talsperren auf die Herabminderung der Abflussmengen begründet, und man ersieht leicht aus einem Vergleich der Flächen, dass schon mit einem verhältnismässig kleinen Stauraum bei sachgemässer Einrichtung und Bedienung ein grosser Einfluss auf die Abschwächung der Hochwasserwelle ausgeübt werden kann.

Die Talsperre bei Marklissa hat einen Fassungsraum von 15 000 000 cbm erhalten. Dieser Inhalt wird gerade ausreichen, um das Schadenwasser einer Hochflut wie die des Jahres 1897, der grössten bisher beobachteten, für die Flußstrecke bei Marklissa aufzufangen. Hierzu kommt nun noch gewissermassen als eine Reserve der Stauraum zwischen der Oberkante der höchsten Überläufe, welche in Höhe des Stauspiegels von 15 000 000 cbm Inhalt liegen, und der Mauerkrone, welcher bei 2,2 m Höhe und 1,4 qkm Stauspiegelfläche rund 3 000 000 cbm aufnehmen kann. Mindestens 1 200 000 cbm sind hiervon als gleichwertig mit dem übrigen Fassungsraum der Talsperre zu bewerten, da die Anfüllung der entsprechenden Stauzone von 0,90 m Höhe zuvor nötig ist, um diejenige Überstauung der Überläufe zu erzeugen, bei welcher erst 110 Kubikmeter: Sekunde zum Überfallen gelangen, so dass also bis zur Anfüllung dieser Stauzone Hochwasser-Schaden verhindert wird. Für Lauban ist die Schadenwassermenge 1897 zu 27 800 000 cbm ermittelt, so dass also noch

Übersichtskarte

Der Thalsperre bei Marklissa



1:25000

Ständer-Staum - 500000 cbm.

Schwammst.-Staum - 1500000 cbm.

Abb. 7.

Niederschlagsgebiet des Queis oberhalb Marklissa.

Masstab 1:150 000.

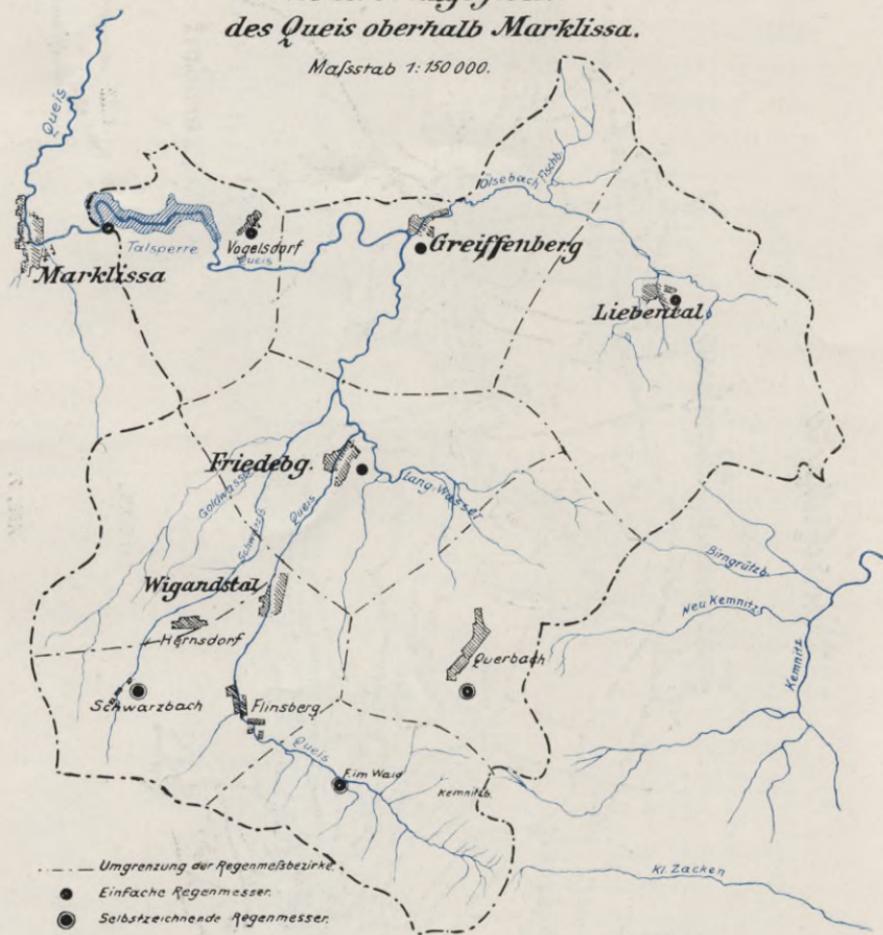


Abb. 7a.

Abb. 8a Graphische Untersuchung des
Querschnittes des Sperrmauer.

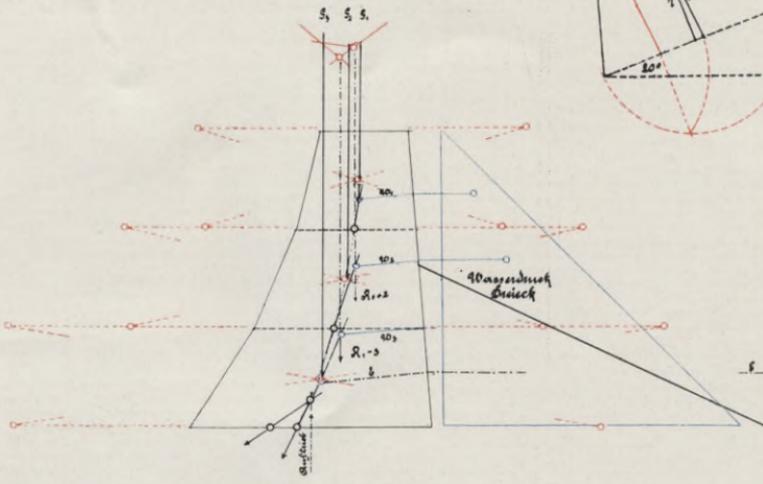


Abb. 8b Kräfteplan

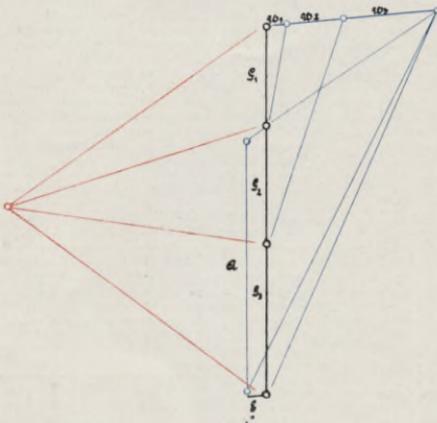
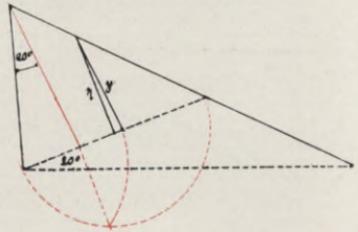


Abb. 8c
Bestimmung des
Drehes des Anschließung



Bedruckdreieck

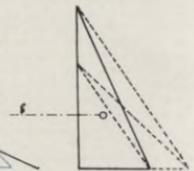
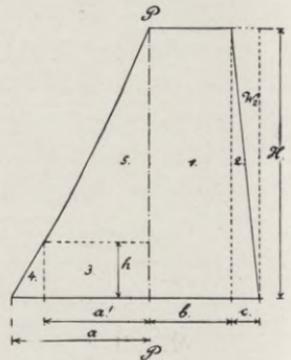


Abb. 8d.



$27,8 - 15,0 = 12800000 \text{ cbm} = 80 \text{ cbm}$ sekundlich an schädlichem Hochwasser auf der Strecke von Marklissa bis Lauban zu der zulässigen Abflussmenge von 110 cbm sekundlich hinzutreten und die nach Fertigstellung der Talsperre für Lauban abzuführende Wassermenge auf 190 bis 200 cbm in der Sekunde erhöhen würden. Dementsprechend muss nun das Flussbett des Queis bei Lauban leistungsfähiger gestaltet werden.

So gewaltige Hochfluten wie die des Jahres 1897 treten nach den bisherigen Erfahrungen alle hundert Jahre nur einmal auf, für alle anderen bisher beobachteten Hochfluten würde bei einer Füllung des Stauraumes mit 15000000 cbm Schadenwasser die als unschädlich abzulassende Wassermenge während der Hochflut erheblich geringer als 110 Kubikmeter: Sekunde bemessen werden können. Die Erfahrungen im Betriebe der Talsperre werden mit der Zeit ja wohl dahin führen, dass man sich mit dem Ablassen der Wassermengen der jeweiligen Grösse der einzelnen Hochfluten immer mehr anzupassen lernen wird. Einstweilen wird man sich zweckmässig aber mit dem Betriebe auf ein mittleres Hochwasser einrichten und bestrebt sein, deren häufiger eintretende Schäden gänzlich zu bannen, selbst auf die Gefahr hin, dass hierdurch bei einer unvermutet eintretenden grösstmöglichen Hochflut noch etwas Schaden nicht behoben wird.

Für die Talsperre ist nun ein ständiger Stauinhalt von 5000000 cbm in Aussicht genommen, welcher gänzlich schadlos gehalten werden kann, da er selbst im ungünstigsten Falle der vollen Füllung bei Eintritt einer Hochflut wie die des Jahres 1897 noch rechtzeitig bis auf 1000000 cbm hätte abgelassen werden können. — Vergl. die „rote Kurve“ des Stauinhaltes und die „grün“ gezeichneten Regenmengen der Abb. 8. Hätte man am 28. Juli vorm., nachdem es schon ca. 20 Stunden lang geregnet hatte, mit dem Ablassen des Stauinhaltes begonnen und zunächst nur 50 Kubikmeter: Sekunde, dann infolge telephonischer Nachricht aus dem Quellgebiete des Queis über den Eintritt stärkerer Regenfälle 70 Kubikmeter: Sekunde und dann 110 Kubikmeter: Sekunde abgelassen, so hätte man schon am 29. Juli nachmittags gegen 4 Uhr den Stauinhalt bis auf 1000000 cbm gesenkt.

Infolge des verbleibenden Inhalts von 1000000 cbm würde bei der Hochflut des Jahres 1897 eine Wassermenge von 1000000 cbm mehr über die Überläufe zum Abfluss gelangt sein, als wenn das

Becken ganz leer gewesen wäre, welche die an der Talsperre abfließende sekundliche Wassermenge auf 140 cbm gesteigert hätte. Mit dem Beginn des Überlaufens wird man natürlich die Ablassvorrichtungen entsprechend abdrosseln, so dass die an den Überläufen und durch die Grundablässe abfließende Wassermenge zusammen 110 Kubikmeter: Sekunde nicht überschreitet — s. die unteren „roten Kurven“ der Überlaufmengen. — Wenn man nun bedenkt, dass 1897 = 780 Kubikmeter: Sekunde abgeflossen sind und dass diese Hochflut so gross nur sehr selten, vielleicht überhaupt nicht wieder eintritt, dass ferner unter Hunderten solcher gewaltiger Hochfluten höchstens einmal der angenommene ungünstige Fall eintreten wird, dass gerade das Nutzbecken im Juli und August voll ist, so muss man eine derartig geringe Abflussmenge von 140 Kubikmeter: Sekunde als gänzlich belanglos bezeichnen und wird getrost einer möglichst weitgehenden industriellen Ausnutzung zustimmen. Ja man wird im Laufe der Jahre auch wohl dahin kommen, dass die Hochwasserbecken vollständig ausgenutzt werden, wenn man nur dafür sorgt, dass in den Monaten Juli, August, September ein entsprechend niedriger Wasserstand im Becken gehalten wird.

Die baulichen Verhältnisse der Marklissaer Talsperre liegen hinsichtlich des Felsgrundes und der Felswände des Tales, welche für die Anlage einer Talsperre von ausschlaggebender Bedeutung sind, sowie des Steinmaterials für die Mauer sehr günstig. In Marklissa steht im ganzen Tale ein sehr fester, zäher und dichter Gneis an, welcher ein vorzügliches und wetterbeständiges Baumaterial abgibt, den Ausbruchsarbeiten und Durchtunnelungen freilich ausserordentliche Widerstände entgegengesetzte. Bedenken hinsichtlich der Haltbarkeit der Sperrmauer sind daher von vornherein ausgeschlossen. Aber auch bei der Dimensionierung der Sperrmauer und bei ihrer Konstruktion ist mit ganz besonderer Vorsicht vorgegangen. (Abb. 9 u. 9a.) Die Mauer ist allenthalben bis zu 5 m Tiefe in den Felsgrund eingelassen worden. Die grösste Höhe der Sperrmauer von dem tiefsten Punkte der Felssohle bis zur Mauerkrone beträgt 45 m und die Höhe des Bruchstein-Mauerkörpers von der Oberfläche der Betonsohle bis Mauerkrone 43 m. Am Fusse erhält die Mauer eine Breite von 87 Prozent der Höhe, während die Talsperren im Rheinland und Einsiedel etwa nur 66—70 Prozent

der Höhe zur Fussbreite haben. Die Verstärkung hat ihren Grund darin, dass hier zum ersten Male ausser den wagerecht wirkenden Kräften des Wassers und des Erddruckes auch noch der volle Unterdruck des Wassers, der Auftrieb mit berücksichtigt ist, indem angenommen wurde, dass sich eine wagerechte Fuge in dem Mauerkörper bilden könnte, in welche das Wasser eindringen, und da sich der Wasserdruck nach allen Richtungen hin gleichmässig fortpflanzt, auch nach oben wirksam werden könnte. Die Annahme eines vollen Unterdruckes muss als ausserordentlich ungünstig und sicher bezeichnet werden. Bei der üblichen sorgfältigen Ausführung der Gründung und Herstellung des Mauerwerkes der Sperrmauer ist ein Eindringen des Wassers in den Mauerkörper oder unter die Fundamentsohle gänzlich ausgeschlossen. Die Fundamentsohle wird nämlich durch eine dichte gezahnte Betondecke abgeglichen.

Der Berechnung der Mauer ist ein Wasserstand bis zur Oberkante der Sperrmauer = 282,4 N. N. zu Grunde gelegt. Das Gewicht der Anschüttung an der Wasserseite ist mit 800 kg Überdruck für 1 cbm über dem vollen Wasserdruck bei gefülltem Becken in Rechnung gestellt, während bei leerem Becken das Gewicht der Schüttung mit 1600 kg für 1 cbm gerechnet ist. Bei der Ermittlung des Erddruckes wurde ein Reibungswinkel von 20° angenommen. Die Richtung des Erddruckes ist dagegen senkrecht zur Mauerfläche eingeführt. Das Gewicht der Ummantelung an der Wasserseite ist bei gefülltem Becken nicht in Rechnung gestellt, da hierdurch die Standfestigkeit der Mauer vergrössert wird. Das Raumgewicht des Bruchsteinmauerwerkes ist in Rücksicht auf das grosse Raumgewicht der Bruchsteine (Gneis = 2.75) zu 2,4 tons für 1 cbm angenommen. Die Sicherung der Standfestigkeit, welche die Sperrmauer durch ihre nach einem Kreisbogen von 125 m Halbmesser gewölbte Grundrissform und durch die gewölbartige Verspannung gegen die seitlichen Felswände erhält, ist bei der statischen Untersuchung nicht mit berücksichtigt worden. Diese Gewölbeform hat auf jeden Fall der geraden Längsrichtung der Sperrmauer gegenüber den Vorzug, dass die unvermeidlichen und sehr bedeutenden Druckspannungen in der Längsrichtung der Mauer infolge der Temperaturveränderungen stets dem Wasserdruck entgegengerichtet auftreten und so zur Vergrösserung der Standsicherheit der Mauer beitragen

müssen. Sie genügt aber ausserdem allein, um bei etwaigem Nachgeben des Untergrundes, wie beispielsweise bei dem Bruch der Tal Sperre bei Bouzey in Frankreich, und wie es hier nur infolge von Erdbeben eintreten könnte, den gesamten Wasserdruck aufzunehmen.

Unter den vorstehend angeführten ungünstigen Annahmen wurde in dem Mauerquerschnitt die Stützlinie gezeichnet, und zwar erstens für vollen Wasserdruck und Überdruck des Erddruckes ohne den Auftrieb in den Fugen; zweitens für denselben Wasserdruck und Erddruck mit Berücksichtigung des Auftriebes in den Fugen; drittens für leeres Staubecken unter der Belastung durch den Erddruck und des Schutzmantels an der Wasserseite (Abb. 9a).

Zu dem Zwecke wurde der Mauerquerschnitt für eine Tiefe von 1,0 m in wagerecht begrenzte Teile von 3 bis 4,0 m Höhe zerlegt und für jeden dieser Teile der Schwerpunkt zeichnerisch ermittelt (Abb. 8a). In dem zugehörigen Kräfteplan (Abb. 8b) wurden die Gewichte G_1, G_2, G_3 usw. zusammengesetzt und dann hierzu ein Seilpolygon $a_1 - b_1$ durch die Lotrechten über den Schwerpunkten gezogen, so dass sich hierdurch die Lage der Resultanten aus den Gewichten der einzelnen Mauerteile für jede Fuge ergibt. Sodann wurde für jede Fuge das Gesamtgewicht des Mauerkörpers mit dem gesamten Wasserdruck bzw. dem gesamten bis zu der betreffenden Fuge zu berücksichtigenden Erddruck von neuem zusammengesetzt und die Resultante der Kräfte gezeichnet. Die Schnittpunkte dieser Resultanten mit den einzelnen Fugen wurden durch die blaugestrichelte Stützlinie verbunden. Auf diese Weise ist die Stützlinie für jede Fuge von neuem gezeichnet, so dass eine Summierung der Zeichenfehler, wie sie bei einer Zusammensetzung der einzelnen Mauerteile mit der Stützlinie des darüber befindlichen Mauerkörpers eintreten würde, vermieden wird.

Der Erddruck ist nach dem Rebhahnschen Verfahren zeichnerisch ermittelt, und zwar gleich für die unterste Fuge. Aus den so gefundenen beiden Werten η und γ wurde das Erddruckdreieck — Abb. 8c — mit dem Inhalt $\frac{\eta \cdot \gamma}{2}$ gebildet und hiervon der von der Wagerechten durch die betreffende Fuge abgeschnittene Teil berechnet und in den Kräfteplan mit dem entsprechenden Gewichte eingesetzt.

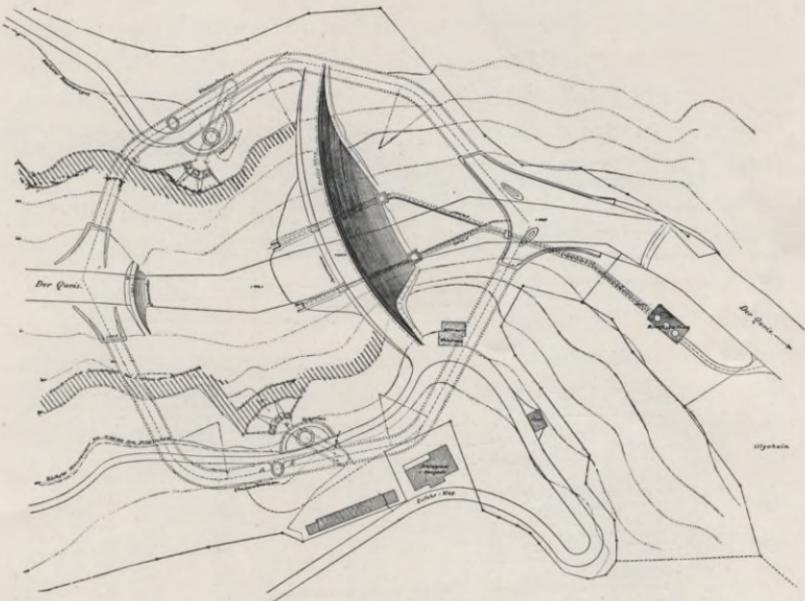
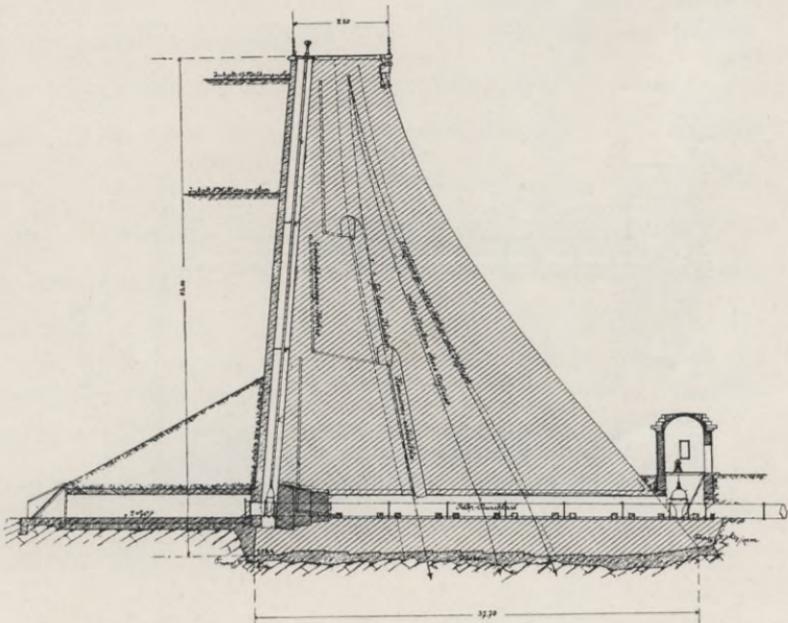


Abb. 9. Lageplan der Sperrmauer mit den Entlastungsanlagen.

Abb. 9a. Querschnitt der Sperrmauer.



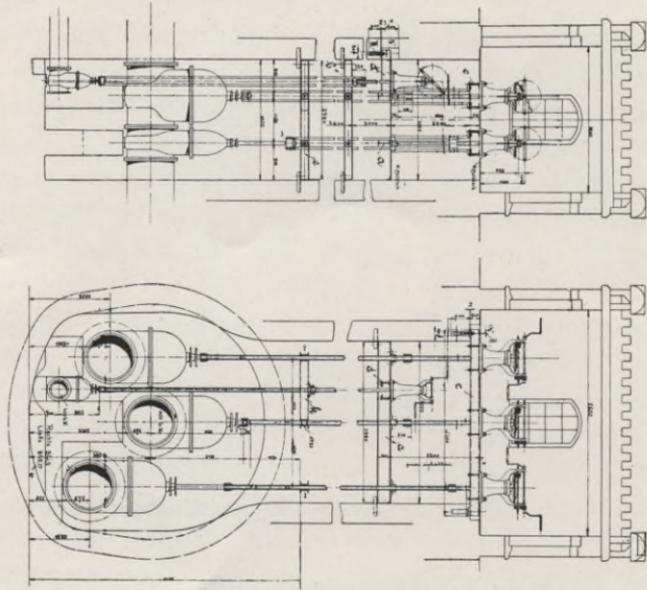
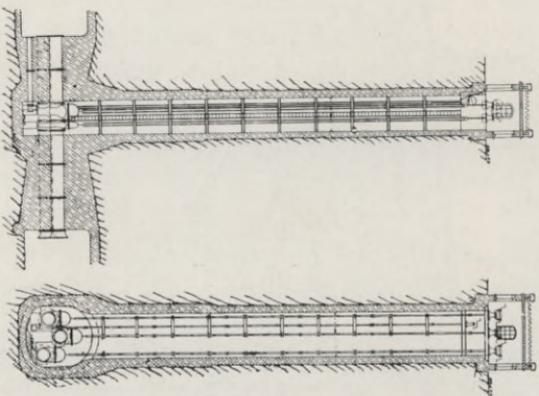


Abb. 10.



Einordnung
der Schieber und Ventile
in den
Grundrissen der Kesselschalen.

Zur Kontrolle der graphischen Untersuchungen ist noch eine genaue analytische Berechnung der Stützlinie und ihres Abstandes von den Kernpunkten des Querschnittes, sowie der grössten und kleinsten Kantenpressungen für die einzelnen wagerechten Fugen des Querschnittes ausgeführt worden, welche auf denselben Voraussetzungen wie die graphische Untersuchung beruht und daher auch die gleichen Ergebnisse liefern muss. Der Gang dieser vom Verfasser zuerst durchgeführten Berechnung ist folgender:

Die auf die einzelnen Fugen wirkenden Kräfte werden behufs Ermittlung der Momente um den Mittelpunkt der Fuge in senkrechte und wagerechte Kräfte zerlegt. Als senkrechte Kräfte wirken: das Mauergewicht, die senkrechte Wasserlast, bezw. der Auftrieb, und die senkrechte Erdlast über der schrägen wasserseitigen Aussenfläche der Sperrmauer.

Als wagerechte Kräfte wirken: der wagerechte Teil des Wasserdruckes und des Erddruckes. Für jede dieser einzelnen Kräfte ist die Grösse und der Angriffspunkt in Bezug auf die Mitte der zu untersuchenden Fuge zu bestimmen, woraus sich dann die einzelnen Momente und durch algebraische Addition das um den Mittelpunkt der Fuge wirkende Gesamtmoment ergibt. Aus diesem Gesamtmoment $= \Sigma M$ kann nun durch Division mit der gesamten senkrechten Last $= \Sigma V$ über der betreffenden Fuge der Abstand der Stützlinie vom Mittelpunkt der Fuge $= \frac{\Sigma M}{\Sigma V}$ bzw. von der Vorderkante des einen Drittels $= \frac{D}{6} - \frac{\Sigma M}{\Sigma V}$ ermittelt werden. Die Bestimmung der Kantenpressungen in den einzelnen Fugen erfolgt dann aus der Formel $\sigma = \frac{\Sigma V}{D} \pm \frac{6 \cdot \Sigma M}{D^2}$; worin D = der Fugenbreite und $\frac{D^2}{6}$ = dem Widerstandsmoment der Fuge für die Breite = 1 ist. Es leuchtet ein, dass diese rechnerische Untersuchung statisch vollständig dasselbe ist, wie die graphische Untersuchung, nur dass hier die einzelnen Angriffspunkte der Kräfte rechnerisch ermittelt werden.

Es sei noch kurz das Verfahren zur Ermittlung der Angriffspunkte der einzelnen Kräfte bezw. der Grösse der Kräfte selbst angegeben.

a) **Der Druck des Mauerwerkes.**

Um das Gewicht des Mauerwerkes und dessen Angriffspunkt zu ermitteln, ist nur die Bestimmung der Querschnittsfläche über der betreffenden Fuge und des Schwerpunktes dieser Fläche notwendig. Die mit dem Volumengewicht multiplizierte Querschnittsfläche ergibt dann das Gewicht.

Für die rechnerische Bestimmung des Schwerpunktes zerlegt man zweckmässig die — nach Abb. 8d — geformten Mauerquerschnitte in die Flächen 1—5. Die Flächen 1 und 2 werden für jede Fuge am einfachsten neu berechnet, und zwar ist $1 = C \cdot H$ und $2 = \frac{H^2}{10}$ für eine Neigung der Wasserseite der Mauer von 1:10. Die Fläche 5 ist aus der Untersuchung der zuvor untersuchten Fuge bekannt, ebenso a^1 , so dass die Flächen 3 und 4 zu berechnen sind durch $a^1 h$ und $\left(\frac{a - a^1}{2}\right) h$.

Um die Lage des Schwerpunktes des Querschnittes „F“ in wagerechtem Sinne „X“ zu bestimmen, werden zunächst die Abstände der Schwerpunkte der einzelnen Flächenteile f_1 bis f_5 von einer willkürlichen senkrechten Linie, hier P-P., bestimmt. Den Abstand x des Schwerpunktes der ganzen Fläche erhält man dann aus $Fx = f_1 x_1 + f_2 x_2 + f_3 x_3 + f_4 x_4 + f_5 x_5$. Der wagerechte Abstand des Schwerpunktes „y“ von der Mitte der Fuge ergibt sich dann aus $\dots y = a + x - \frac{D}{2}$.

b) **Der Wasserdruck.**

Der wagerechte Wasserdruck auf die Mauer bei Annahme einer Füllung des Beckens bis Oberkante-Mauer ist $= W_1 = \gamma \cdot \frac{H^2}{2}$ und greift im Abstände $\frac{H}{3}$ von der zu untersuchenden Fuge an, wobei $H =$ dem Abstände dieser Fuge von der Krone der Mauer ist. Die ausserdem auf die 1:10 geneigte Wasserseite der Mauer wirkende senkrechte Wasserlast W_2 ist $= W_2 = \gamma \cdot \frac{H}{2} \cdot \frac{H}{10} = \gamma \frac{H^2}{20}$ und greift in einem Abstände von $\frac{D}{2} - \frac{1}{3} \frac{H}{10}$ von der Mitte der Fuge an.

Für die Bestimmung des Unterdruckes wird angenommen, dass die Fuge ganz offen ist und dass sich somit der Unterdruck gleichmässig über die ganze Fuge verteilt und in der Mitte der Fuge angreift. Alsdann ist das Moment $= 0$.

Schützenzüge zur Entlastungsanlage
der Talsperre bei Markkles am Queis.
M. 112

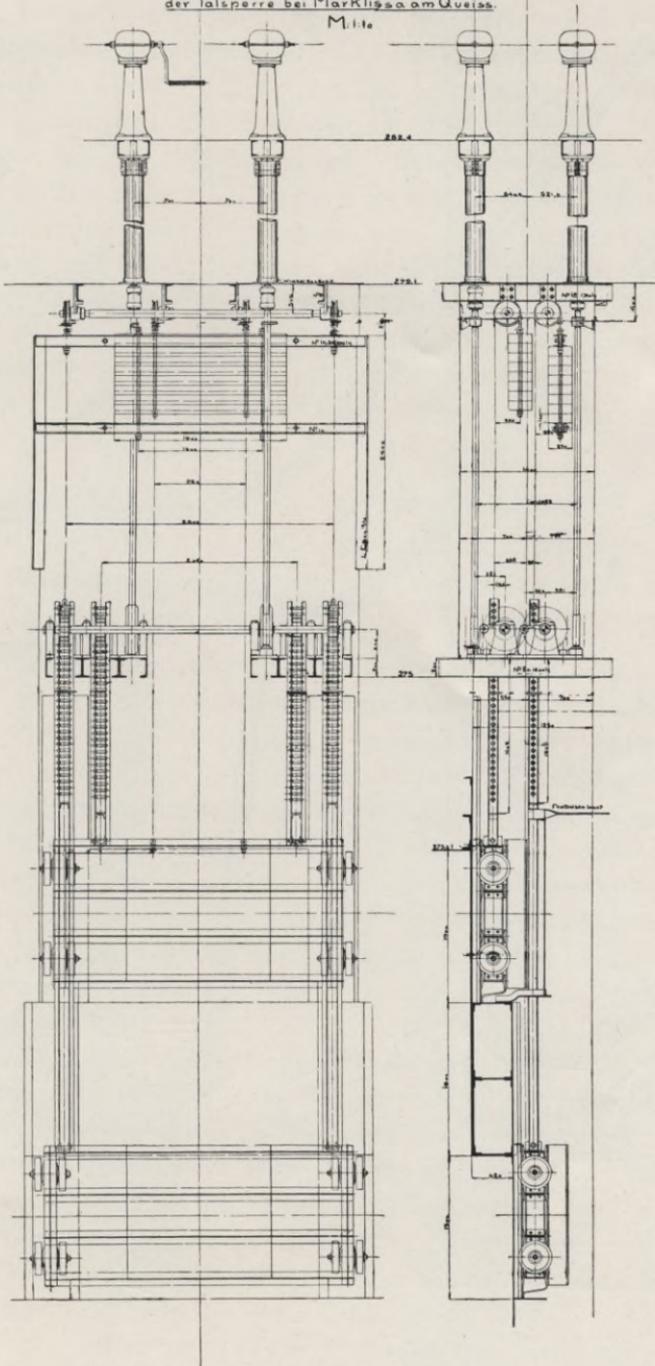
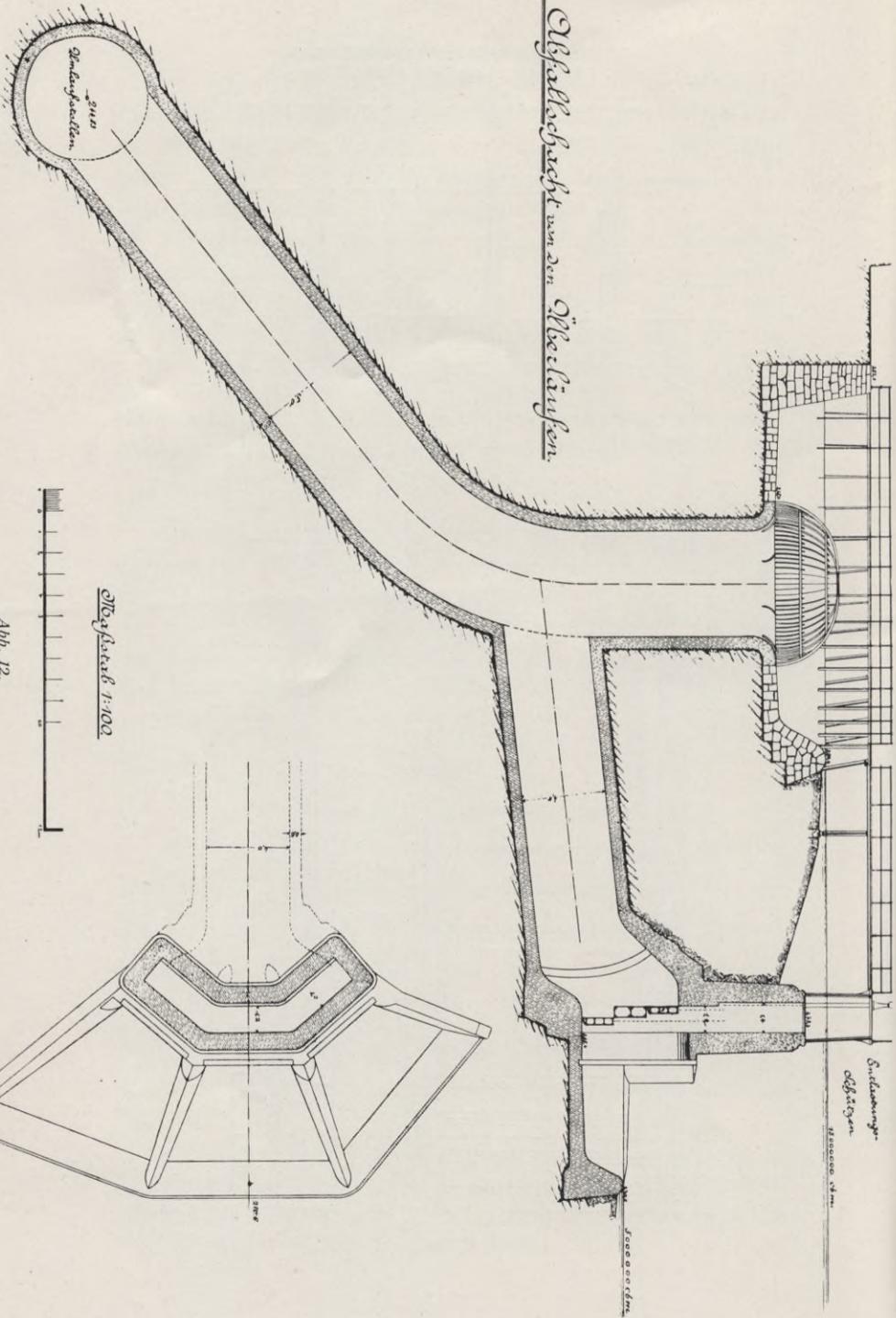


Abb. 11.

Abgasschacht von den Überläufern



Maßstab 1:100

Abb. 12

c) Der Erddruck.

Der Erddruck, welcher nur für den unteren Teil der Mauer in Frage kommt, wurde graphisch nach der Rebhanschen Methode ermittelt, und zwar für die schräge 1:10 geneigte Aussenfläche der Sperrmauer und für die unterste Fuge derselben. Hiernach wurde das Erddruckdreieck und dessen Basisbreite bestimmt. Der für die höher gelegenen Fugen zu berücksichtigende Erddruck wurde dann direkt aus dem Erddruckdreieck bestimmt. Alsdann erst wurde die Zerlegung des Erddruckes in eine wagerechte und eine senkrechte Seitenkraft vorgenommen. Bezeichnet „ ε “ den schräge gerichteten Erddruck, „ y “ den wagerecht gerichteten Erddruck, „ x “ den senkrecht gerichteten Erddruck, so ist bei einer Neigung der Aussenfläche der Sperrmauer von 1:10; $y = 10x$ und da $x^2 + y^2 = \varepsilon^2$ $x = \frac{\varepsilon}{\sqrt{101}}$.

Der Hebelarm für die senkrechte Seitenkraft ist gegeben durch $\frac{D}{2} - \frac{1}{3} \frac{n}{10}$ worin n den Abstand der untersuchten Fuge von der Oberkante der Anschüttung bedeutet und der Hebelarm für die wagerechte Seitenkraft = $\frac{n}{3}$.

Die ganze Mauer wird aus den im Tale und bei den Stollenausbrüchen gewonnenen Bruchsteinen mit einem sehr festen und dichten Zement-Trassmörtel gemauert, dessen Zugfestigkeit schon nach einem Vierteljahre 32 bis 40 Kilogramm pro Quadratcentimeter, und dessen Druckfestigkeit 124 Kilogramm pro Quadratcentimeter beträgt und sich natürlich von Jahr zu Jahr steigert. Es liegt also schon nach einem Jahre gegenüber einer Beanspruchung von 9 Kilogramm pro Quadratcentimeter eine Sicherheit von $124/9 =$ dem 14fachen vor. Die Druckfestigkeit der Steine ist ebenfalls zu 1200 Kilogramm pro Quadratcentimeter durchschnittlich ermittelt.

Der eigentliche tragende Teil der Sperrmauer wird an der Wasserseite mit einer dichten Zementputzschicht versehen, die noch eine Abdichtung mittels Siderosthenanstrichs erhält, so dass ein Eindringen des Wassers ausgeschlossen ist. Damit diese Verputzschicht nicht rissig wird, ist der obere freistehende Teil der Sperrmauer an der Wasserseite mit einem Schutzmantel aus Beton umgeben, während der untere Teil der Verputzfläche durch eine Anschüttung aus Lehm und Gerölle geschützt ist. Das Mauerwerk ist nämlich auch der Ausdehnung und Zusammenziehung

infolge der Temperaturwechsel unterworfen. Es machen sich im Winter bei Kälte an grossen Verputzflächen haarfeine Risse bemerkbar, welche im Sommer bei Wärme wieder verschwinden. Der Betonmantel hat lotrechte, nur durch eine 60 cm starke, als Widerlager dienende Wand, getrennte Einsteigeschächte erhalten. In die Einsteigeschächte kann man mittels eines Fahrkorbes hinabfahren und die Verputzflächen untersuchen. In Abständen von je 10 m sind lotrechte Dilatationsfugen im Betonmantel vorgesehen, welche dem Auftreten von Temperaturrissen vorbeugen sollen. Für gewöhnlich kann das im Staubecken ansteigende Wasser durch besondere Rohre in die Schächte des Betonmantels eintreten und dort sich in gleicher Höhe einstellen. Man ist indessen auch in der Lage, durch Verschluss der Eintrittsöffnungen mittels Eckventilen den Wassereintritt vom Staubecken her abzustellen und die Mantelschächte nach den beiden bis zu den Grundablassrohren hinunterreichenden Schächten zu entleeren und das Wasser durch die Grundablässe in der Sperrmauer zu leiten.

Zur Entnahme des Kraftwassers für eine unterhalb der Sperrmauer geplante elektrische Zentrale sind zwei Rohrdurchlässe in der Mauer vorgesehen, welche sehr kräftig überwölbt werden. Hier hinein kommen je ein Rohr von 1100 mm Durchmesser und ein Rohr von 300 mm Durchmesser zur Ableitung des Wassers aus den Schächten zu liegen, welche auf 4,5 m Länge wasserdicht eingemauert werden.

Zum Verschluss der Rohre dienen Rohrschieber in gusseisernen Gehäusen, wie sie bei grossen Wasserleitungsrohren gebräuchlich sind. Der eigentliche Betriebsschieber, ein sogenannter Hochdruckschieber, rundes Modell, liegt im Schieberhause an der Luftseite, während ein zweiter flachovaler Reserveschieber an der Wasserseite der Sperrmauer angebracht ist und vermittelt des Gestänges in dem Betonschacht daselbst von der Oberfläche der Sperrmauer aus bedient werden kann. Dieser Schieber tritt nur in Tätigkeit, wenn der Betriebsschieber aus irgend einem Grunde versagen sollte und daher repariert werden muss.

Unterhalb der Schieberhäuser werden die Rohre auf 1200 mm Durchmesser erweitert und nach der Unterdückerung des rechten Stollenauslaufes zur elektrischen Kraftstation geführt, in welcher Turbinen für 3500 Pferdekräfte ein-



Abb. 13. Grundsteinlegung zur Talsperre bei Marklissa am 5. Oktober 1901. „Das Kaiserhoch.“



Abb. 14. Durchbruch der Umlaufstollen zur Umleitung des Queis während der Bauzeit. Nachdem der untere Sohlstollen bereits weiter vorgetrieben, wird oben vom Gerüst aus der Firststollen abgebrochen.



Abb. 15. Fertig in Bruchsteinmauerwerk ausgemauertem Umlaufstollen.
Im Hintergrunde das Lehrgerüst für die Mauerung.

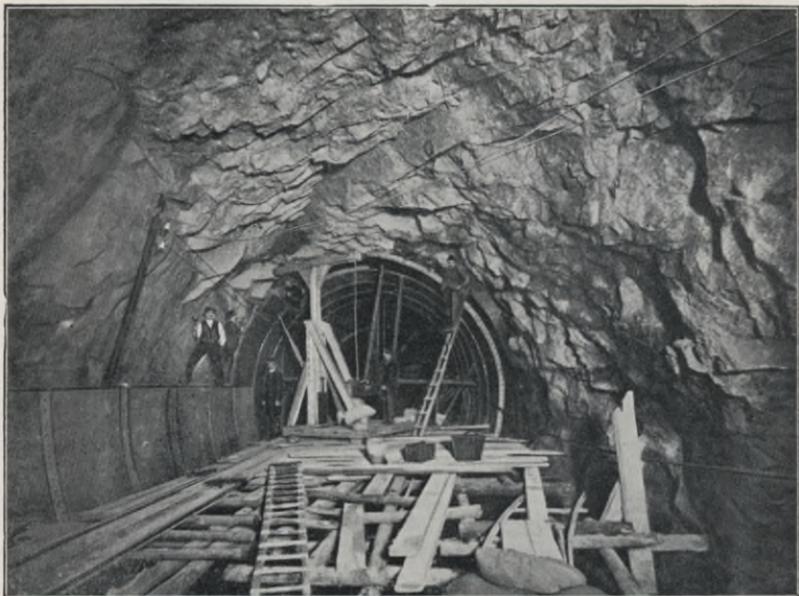


Abb. 15 a. Einbau der Panzerung in den linken Umlaufstollen.

gerichtet werden sollen. Diese verhältnismässig umfangreiche Turbinenanlage ermöglicht eine bessere Verwertung und einen leichteren Absatz der verfügbaren Wasserkräfte. Zwar können mit einem Stauinhalt von 5 000 000 cbm durchschnittlich nur etwa 1500 Pferdekkräfte das Jahr hindurch erzielt werden; der Stauraum der Talsperre gestattet jedoch, das Wasser und damit die Kräfte den erfahrungsmässig sehr grossen Schwankungen des Bedarfes an elektrischem Strom in den einzelnen Tagesstunden und Jahreszeiten anzupassen und beispielsweise den Hauptteil der Kräfte am Tage und dafür in der Nacht entsprechend weniger abzugeben, so dass hierdurch eine weit vollkommenere Ausnutzung der vorhandenen Kräfte namentlich gegenüber solcher Kraftanlagen ermöglicht wird, deren Wasserkraft gleichmässig wie der Abfluss des Wassers in allen Tagesstunden verbraucht werden muss. Bei voller Ausnutzung des gesamten Stauinhaltes der Talsperre liessen sich bequem 3000 Pferdekkräfte gewinnen und hierdurch eine Jahreseinnahme erzielen, mit der nicht nur das Anlagekapital von 3 000 000 Mark bequem verzinst und amortisiert, sondern darüber hinaus noch ein Reingewinn erzielt werden könnte.

Schwierigkeiten bereiten der Ausführung der Sperrmauer allerdings die zeitweise so gewaltigen Wassermassen, welche das Queistal durchfliessen. In derartigem Wasser zu mauern oder eine einigermassen solide Gründung auszuführen, ist nicht möglich. Es sind deshalb auch hier zwar kostspielige Sicherheitsmassregeln getroffen, welche aber auch nur allein die nötige Sicherheit der Bauausführung schaffen konnten. Der Queis wurde für die Zeit der Bauausführung um die Baustelle durch zwei je 7,0 m im Lichten weite Umlaufstollen geleitet, von ca. 40 qm Querschnitt, welche bei einem Überdruck von 1,0 m bei einem Gefälle von 1:160 eine Wassermenge von $Q = 2 \cdot c \sqrt{R \cdot I} = 2,38 \cdot \sqrt{\frac{1,75 \cdot 1}{160}} = \text{ca } 300 \text{ cbm}$ in der Sekunde umleiten können, nachdem unterhalb ihrer Einmündungen quer durch das Flussbett eine Mauer aus Beton errichtet war, welche noch 1,0 m über den Scheitel der Stollen emporrage und einen entsprechenden Überdruck schaffen konnte (Abb. 9; 14—18). Diese Wassermenge wird von gewöhnlichen Hochfluten nicht erreicht. Wäre wider Erwarten ein grösseres Hochwasser als 300 Kubikmeter : Sekunde während der Bauzeit eingetreten, so würde der über-

schiessende Teil über die Betonmauer unterhalb der Stolleneinmündungen und über die Baugrube hinweg abgeflossen sein. Solange die Oberfläche des fertigen Teiles der Sperrmauer unter Flußsohle blieb, wäre diese Überströmung unbedenklich gewesen. Seitdem die Mauer aber über das Betonwehr hinaufreicht, hätten infolge des möglichen hohen Aufstaus evtl. die grössten Hochwassermengen mit natürlich grösserer Durchflussgeschwindigkeit durch die Umlaufstollen abfliessen können.

Nach Fertigstellung der Sperrmauer wurden die Umlaufstollen auf eine Länge von 17 m zubetoniert (Abb. 10) und so gewissermassen durch einen Betonpfropfen verschlossen. In diesen Betonpfropfen wurden je drei Rohre von 1100 mm Durchmesser, welche durch Schieber verschliessbar sind, eingebaut. Diese Rohre dienen zum Ablassen des für Kraftzwecke gehaltenen Staus im Talbecken bezw. zur vollständigen Entleerung des Staubeckens und werden geöffnet, sobald bei gefülltem Nutzwasserbecken der Eintritt einer Hochflut zu befürchten steht. Die „6“ Rohre können bei einem der Füllung des Staubeckens mit 5 000 000 cbm entsprechenden Wasserdruck von 27,6 m die Wassermenge von 110 Kubikmeter: Sekunde, welche der Queis unschädlich abführen kann, hindurchlassen. Diese Abflussmenge berechnet sich nach $Q = 0,97 \sqrt{2g(h-W)} \cdot F$, worin bedeutet: 0,97 den Einströmungswert bei abgerundeten Mündungen, h die Wasserdruckhöhe, F den Querschnitt der 6 Rohre = 5,7 qm, W die Widerstandshöhe in den Rohren.

W berechnet sich zu $\frac{\lambda \cdot l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$ worin $\lambda = 0,0162$, $l = 17$ m und $v = 21$ m zu setzen ist, also $W = \frac{0,0162 \cdot 17,0}{1,10} \cdot \frac{21^2}{19,62} = \approx 5,6$ m und $Q = 0,97 \sqrt{2g(27,6-5,6)} \cdot 5,7 = 116$ cbm. Im Interesse des Hochwasserschutzes wurde die Forderung an den Entwurf gestellt, dass in Höhe des gewöhnlichen Stauspiegels eine Entlastungsvorrichtung geschaffen werden sollte, welche einen höheren Stau selbsttätig verhindert (Abb. 12). Zu diesem Zwecke sind an jeder Talseite in dieser Höhe je drei Entlastungsschützen von 2,5, 1,5 Quadratmeter in einem Schachtgebäude angelegt (Abb. 11), zu welchen das Wasser über ein vor dem Schützenschacht angelegtes je 30 m langes Überfallwehr gelangt. Um eventuell später einmal einen höheren Stau im Becken halten zu können, ist eine zweite Reihe Schützen unmittelbar über den

ersteren angebracht, jedoch vorläufig geschlossen, da je drei Schützenöffnungen ausreichen, um das nötige Wasserquantum, welches natürlich nur bis zur Grenze der Unschädlichkeit 110 Kubikmeter : Sekunde steigen darf, abzuführen.

Das Überfallwehr vor den Schützen hat den Zweck, die zur selbsttätigen Abführung der grössten zulässigen Abflussmenge von 110 Kubikmeter : Sekunde nötige Hebung des Wasserspiegels über dem normalen, einem Stauinhalt von 5 000 000 cbm entsprechendem Wasserstande möglichst herabzumindern. Die erforderliche Über-

strömungshöhe berechnet sich zu $h = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{0,5^2 \cdot l^2 \cdot 2g}} = cd \ 0,9 \text{ m}$ worin $Q = 110 \text{ cbm} : \text{Sekunde}$; $l = \text{Überfalllänge} = 60 \text{ m} (= 2 \cdot 30)$

$0,5 = \frac{2}{3} \mu = \text{dem Koeffizienten des Überfallwehres mit glattem Zementverputz ist.}$

Die Zuflussgeschwindigkeit des Wassers von dem Überfall zu den unteren Schützen berechnet sich zu $v = 0,9 c \sqrt{R \cdot J}$, worin

$R = \frac{F}{U} = \frac{7,35}{8,05} = 0,81$ für den mittleren Querschnitt des Absturzbeckens vor den Schützen; $J = \frac{0,2}{6,0} = \text{Gefälle des Absturzbeckens}$ und $c = 38 \text{ n. G. u. K.}$ zu setzen ist und $0,9$ der Verjüngung des Beckens mit 20° Rechnung trägt; also $v = 0,938 \sqrt{\frac{0,81 \cdot 0,2}{6,0}} = 5,61 \text{ m.}$

Die von den sechs unteren Schützen abzuführende Wassermenge ergibt sich zu $Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} [(h+k)^{3/2} - k^{3/2}] \cdot 6.$

$$= 0,5 \cdot 2,5 \cdot 4,429 [(1,5 + 1,6)^{3/2} - 1,6^{3/2}] \cdot 6$$

$$= \approx 114 \text{ Kubikmeter : Sekunde.}$$

Bei voller Füllung des Staubeckens entfällt auf eine Schütztafel ein Wasserdruck von 13,0 m Höhe = 53 600 kg = dem Gewicht einer Lokomotive. Bei dieser grossen Belastung würden gewöhnliche Gleitschützen ausserordentlich hohe Bewegungswiderstände verursachen. Es sind daher zur Verminderung dieser Bewegungswiderstände an den Schützen Doppel-Rollenräder (Abb. 11) von 34 cm Durchmesser angebracht, welche auf Stahl-schienen laufen und durch auf die Schienen geschraubte Längsrippen, an denen Führungsrollen laufen, geführt werden. Die Bewegungswiderstände der Schütztafeln berechnen sich für gewöhnliche Gleitlager nach $Z = 1000 h \frac{F}{R} \cdot (t + \mu \cdot r)$, wenn $h = \text{Wasserdruckhöhe} = 13,0 \text{ m}$, $F = \text{Fläche des Schützes} = 4,12 \text{ qm}$, $R = \text{Rollenhalbmesser} = 0,17 \text{ m}$, $t = \text{Hebelsarm der rollenden Reibung} = 0,0005$,

μ = Reibungsziffer für Zapfenreibung = 0,2 und r = Zapfendurchmesser = 0,04, so dass $Z = \approx 2700$ kg wird. Zur Verminderung der Zapfenreibung sind die Rollenlager noch mit kleinen Walzen nach Art der Kugellager versehen worden. Die tatsächlich auftretenden Bewegungswiderstände wurden nun mangels geeigneter Unterlagen für die rechnerische Ermittlung durch Versuche mit einem voll mit 54 tons künstlich belasteten Rollschütz bestimmt, und zwar zu ≈ 420 kg, während derselbe Schütz unter Verwendung gewöhnlicher Lager vollbelastet einen Widerstand von ≈ 2200 kg der Bewegung entgegensetzte. Der Zapfenreibungskoeffizient bestimmt somit für die Walzenlager in obiger Formel zu $\approx 0,025 = \text{etwa } \frac{1}{8}$ des Koeffizienten für gewöhnliche Lager.

Die Pressungen zwischen Rollen und Schienen, welche nach der Herzschen Formel zu $\sigma = 0,42 \sqrt{\frac{P \cdot E}{r \cdot b}} = 0,42 \sqrt{\frac{13,5 \cdot 2200}{14 \cdot 17}} = 4,69$ t/qcm ermittelt waren und zunächst Bedenken wachriefen, stellten sich bei den Versuchen als unbedenklich heraus, da sich keinerlei nachteilige Erscheinungen an den Rollen oder Schienen bemerkbar machten, trotzdem die Belastung von 54 tons monatelang auf dem Schütz und den vier Rollen gestanden hatte.

Von den Entlastungsschützen stürzt das Wasser durch kurze Stollen in die Abfallschächte von den oberen Überläufen und gelangt so zum Abfluss in den Queis (Abb. 12). Für gewöhnlich wird sich also der Abfluss nach Fertigstellung der Talsperre so gestalten, dass durch die Druckrohre in den Rohrdurchlässen der Sperrmauer das zur Krafterzeugung gebrauchte Wasser bis etwa durchschnittlich 6 Kubikmeter: Sekunde abfließt, während das hierüber hinaus bis zu 110 Kubikmeter: Sekunde zufließende Wasser durch die Entlastungsschützen in Höhe des gewöhnlichen Stauspiegels zum Abfluss gelangt. Wenn ausnahmsweise in der Zeit zu erwartender Hochfluten eine Absenkung des Stauinhaltes vorgenommen werden muss, so werden hierzu die Grundablassrohre in den Umlaufstollen, welche ebenfalls 110 Kubikmeter: Sekunde abführen können, benutzt. Wenn mehr Wasser als 110 Kubikmeter: Sekunde, d. h. als durch die Entlastungsschützen abfließen kann, zufließt, so füllt sich von selbst der Hochwasserschutzraum. Um nun eine Überströmung der Sperrmauer selbst zu verhindern, obgleich die Mauer dies sehr gut aushalten würde, sind 2,0 m unter Mauerkrone an beiden Talseiten Überläufe von 68 m Länge

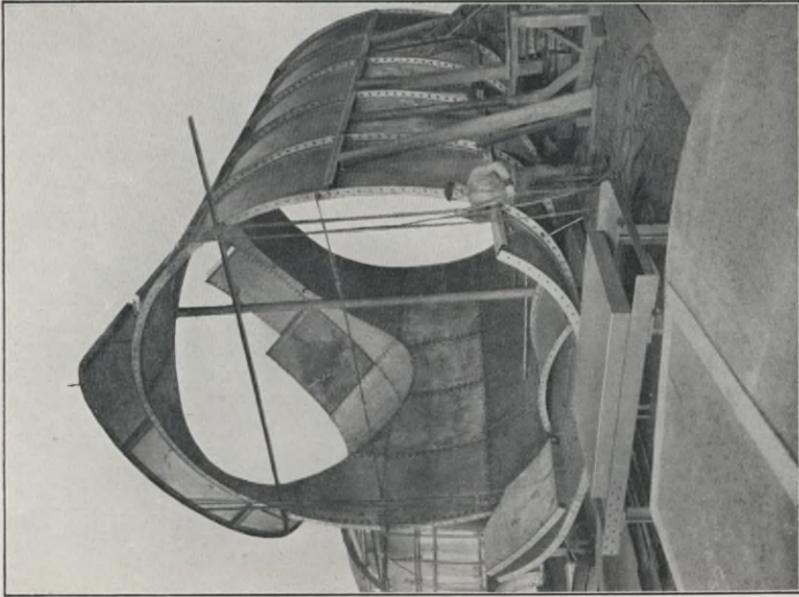


Abb. 15 d. Panzerung der Durchdringung des Abfallschachtes von den Überläufen mit dem Umlaufstollen.

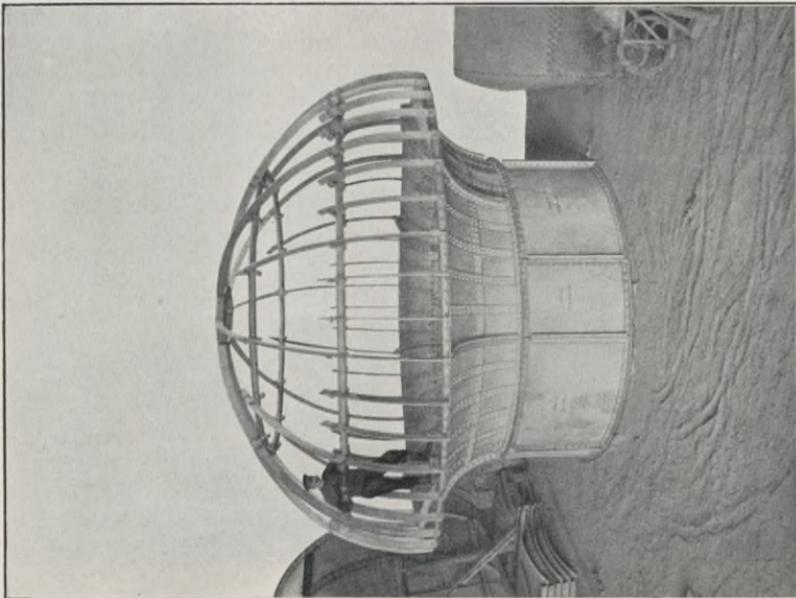


Abb. 15 c. Panzerung des Einlaufes in den Abfallschacht von den Überläufen mit dem Haubenrechen.



Abb. 16. Eintritt des Queis in den linken Umlaufstollen.



Abb. 18. Fertiges Betonwehr zur Umleitung des Queis durch die Umlaufstollen von der Wasserseite.
Aufgenommen am 25. August 1902.

angelegt. Diese Überläufe können zusammen eine Wassermenge $= Q = 0,5 \cdot F \cdot \sqrt{2gh} = 0,5 \cdot 2,0 \cdot 68 \cdot 4,429 \cdot \sqrt{2} = 428$ Kubikmeter: Sekunde abführen. Mit Zuhilfenahme der oberen Entlastungsschützen kann man somit das grösste Hochwasser zum Abfluss bringen. Von den Überläufen stürzt das Wasser durch die Schächte ebenfalls in die Umlaufstollen (Abb. 12). Diese aus einer Höhe von 40,0 m herabstürzenden Wassermengen kommen unten natürlich mit grosser Geschwindigkeit an. 214 cbm in einer Sekunde entsprechen einem Gewicht von etwa 4 schweren Schnellzuglokomotiven, welche also in jedem Schacht aus 40 m Höhe in einer Sekunde gleichsam wie ein Strom von Lokomotiven donnernd herunterstürzen. Wenn sich nun auch der Stoss der Wassermassen gleichmässig auf eine grössere Fläche verteilt und nicht mit den Stosskräften von Eisenmassen verglichen werden kann, so sind unbefestigte Wandungen des Felsausbruches der Umlaufstollen diesen gewaltigen Angriffen zu widerstehen auf die Dauer doch nicht imstande. Es haben daher die Schächte und Umlaufstollen zur Schaffung einer einwandfreien und weitgehendsten Sicherung eine Eisenauspanzerung aus 10 cm starken Blechen erhalten, welche mittels einer 60 cm starken Betonhinterfüllung in die Stollen fest eingebaut wurde (Abb. 15a).

Der lichte Durchmesser der Abfallschächte von den Überläufen ist mit 5,0 m so bemessen, dass durch sie die grösste Überfallmenge von rund 200 Kubikm.:Sek. unter dem Druck einer Wassersäule von der Höhe des Niveauunterschiedes zwischen Überlaufkrone und Unterwasser am Stollenauslauf zum Abfluss gelangen kann, wobei sich eine Geschwindigkeit des Wassers in den Schächten von 21,0 m ergab.

Behufs Ermittlung dieser Geschwindigkeiten wurden die Widerstandshöhen in dem Abfallschacht berechnet und von dem Niveauunterschiede in Abzug gebracht. Die Widerstandshöhen ergaben sich

1. im Abfallschacht selbst zu

$$W_1 = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}; \quad \lambda = \left(0,01989 + \frac{0,0005078}{d} \right) \sigma$$

$$d = 5,0; \quad \sigma = 1,5 \text{ Mittelwert für rauhe Innenflächen}$$

$$\lambda = 0,03; \quad l = 44,4 \text{ m}; \quad W_1 = 5,99 \text{ m}$$

2. in der Krümmung als Zuschlag für $R = 11,0$ m und $\sphericalangle 50^\circ 20'$; $W_2 = \zeta^1 \cdot \frac{\beta^0}{90^\circ} \cdot \frac{v^2}{2g}$; für $\frac{2a}{R} = 0,9$ ist $\zeta = 0,25$; $W_2 = 3,15$ m

3. an der Einmündung des Abfallschachtes in den Umlaufstollen $W_3 = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g}$; $\zeta = 0,139$ für $\sphericalangle = 40^\circ$; $W_3 = 3,12$ m, also $\Sigma W_{1-3} = 12,26 = \text{m}$.

Von dem Niveaunterschiede von 33,6 m verbleibt demnach ein Nutzdruck von 21,34 m, welchem die eingesetzte Geschwindigkeit von 21,0 m entspricht. Ähnlich ist auch die Widerstandshöhe, welche das Wasser auf seinem Wege von den Entlastungsschützen durch den Abfallschacht bis zur Einmündung in den Umlaufstollen findet, berechnet und zwar bei einem Wasserstande bis Mauerkrone und für eine Wassermenge von 380 Kubikmeter: Sekunde = 190 cbm für einen Schacht, d. h. bei geöffneten sämtlichen 12 Schützen. Diese Widerstandshöhe setzt sich zusammen aus den Widerständen

1. an der Einmündung in die Schützen,
 2. in dem kurzen Ablaufstollen von den Entlastungsschützen bis zu dem Abfallschacht vom Überlauf,
 3. an der Einmündung des Ablaufstollens in den Abfallschacht,
 4. in dem Abfallschacht von hier bis zur Einmündung in den Umlaufstollen,
 5. an der Einmündung in den Umlaufstollen,
- und ergab sich zu $\Sigma W = 15,03$ m.

Da der Niveaunterschied hier um die Strahldicke am oberen Überlauf = 2,0 m grösser ist, so ergab sich an der Einmündung in den Umlaufstollen annähernd dieselbe Nutzdruckhöhe = 20,96 m, wie für das durch den Abfallschacht von den Überläufen herabfliessende Wasser.

Die oberen Überläufe und die Entlastungsschützenanlagen können also zusammen die höchste Hochwassermenge von 780 Kubikmeter: Sekunde durch die Abfallschächte in die Umlaufstollen führen. Für einen Umlaufstollen mit 5,8 m lichtigem Durchmesser nach erfolgter Ausmauerung und mit 27,8 qm lichtigem Querschnitt ergibt dann eine Geschwindigkeit $v = \frac{390}{27,8} = 14$ m in der Sekunde. Bei dieser Geschwindigkeit ergeben sich die Widerstände in dem Umlaufstollen zu $W_1 = \frac{\lambda \cdot l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$ = für $\lambda = 0,04$ (teilweise Panzerung) mit den Zuschlägen W_2 in den Krümmungen zusammen = 10,20 m, so dass noch $20,96 - 10,2 = 10,76$ m an Nutzdruck zur Erzeugung der Geschwindigkeit von 14,0 m verbleiben.

Der unterhalb der Einmündungen der Schächte gelegene Teil der Stollen ist mit Bruchsteinmauerwerk ausgemauert. Der obere Teil der Umlaufstollen bis zu der Rohrleitung, welcher

nicht allzugrosser Geschwindigkeit ausgesetzt ist, ist auf eine kurze Strecke mit unsicherem Gestein mit einer 60 cm starken Betonauskleidung versehen, im übrigen aber ganz ohne Ausmauerung gelassen. Die beiden Umlaufstollen münden einander gegenüber aus, damit sie die lebendige Kraft der Wassermassen gegenseitig vernichten. Zur Beruhigung der aus den Umlaufstollen ausströmenden Wassermassen und zur Herstellung eines Wasserpolsters in den Umlaufstollen unter dem Absturz aus den Abfallschächten ist ferner ein Rückstauwehr von ca. 1,75 m Höhe unterhalb der Ausmündung der Umlaufstollen ausgeführt, welches unter den Abfallschächten im Umlaufstollen einen Rückstau von ca. 1,0 bis 2,5 m Höhe verursacht.

In trockenen Zeiten werden nach S. 38 aus der Talsperre durchschnittlich mindestens 3 bis 4 Kubikmeter: Sekunde abgelassen, während der Queis jetzt bei Marklissa in den trockenen Zeiten nur etwa 1 Kubikmeter: Sekunde führt. Die grössere Wassermenge kommt allen am Queis gelegenen Triebwerken zugute, welche nach Massgabe ihres Vorteils auch zu Beiträgen nach dem Gesetz herangezogen werden können. Ausserdem bleibt noch die Möglichkeit, das Wasser in den trockenen Zeiten zur Bewässerung der unterhalb gelegenen Wiesen zu verwenden, die zukünftig infolge des mit dem höherem Wasserstande im Queis sich auch höher einstellenden Grundwasserstandes ohnehin der Austrocknung in dürrer Zeiten weniger ausgesetzt sein werden. Aus diesem Grunde ist es erwünscht, den ständig gefüllten Stauraum möglichst gross zu halten, da alsdann in den trockensten Zeiten, wo bekanntlich das Bedürfnis nach Wasser immer am grössten ist, eine entsprechend grössere Wassermenge abgelassen werden kann.

Der Entwurf der Talsperranlage ist von dem hervorragendsten Fachmanne auf dem Gebiete des Talsperrbaues, dem verstorbenen Geheimen Regierungsrat Professor Dr. ing. Intze in Aachen und dem Verfasser dieser Schrift aufgestellt, in deren Händen auch die Oberleitung bzw. die Leitung der Bauausführung gelegen hat.



Die Bauausführung der Queistalsperre.

Im Juni 1901 konnten die Arbeiten für die Talsperrenanlage zum öffentlichen Wettbewerb ausgeschrieben werden. Um nicht allein auf die wenigen ganz grossen Baufirmen angewiesen zu sein und um auch namentlich den schlesischen Spezialfirmen den direkten Wettbewerb zu ermöglichen, wurden die Arbeiten



Abb. 17. Bau des Betondammes zur Abdämmung des Queis vor der Baustelle der Sperrmauer behufs Umleitung des Queiswassers durch die Umlaufstollen. Auf der Rutschbahn wird der Betonsand zur Mischbühne gefördert, hier gemischt und dann in Lagen zwischen das Gerüst, welches durch Bretter verschalt ist, gestampft.

getrennt nach vier Losen ausgeschrieben. Diese vier Lose wurden aber zugleich auf den Markt gebracht, um auch den Grossunternehmern die Möglichkeit zu bieten, auf alle Arbeiten ein Generalangebot abzugeben, da mit dem grösseren Objekt auch eine Erniedrigung der Preise einzutreten pflegt. Es zeigte sich jedoch, dass die Trennung in mehrere Lose nach der Verschiedenartigkeit der Arbeiten und die unmittelbare Verdingung an Spezialfirmen



Abb. 21. (Von der Höhe gesehen.) Beginn mit der Aufmauerung der Sperrmauer in Bruchstein-Mauerwerk nach Fertigstellung der Betonsohle am 17. September 1902.

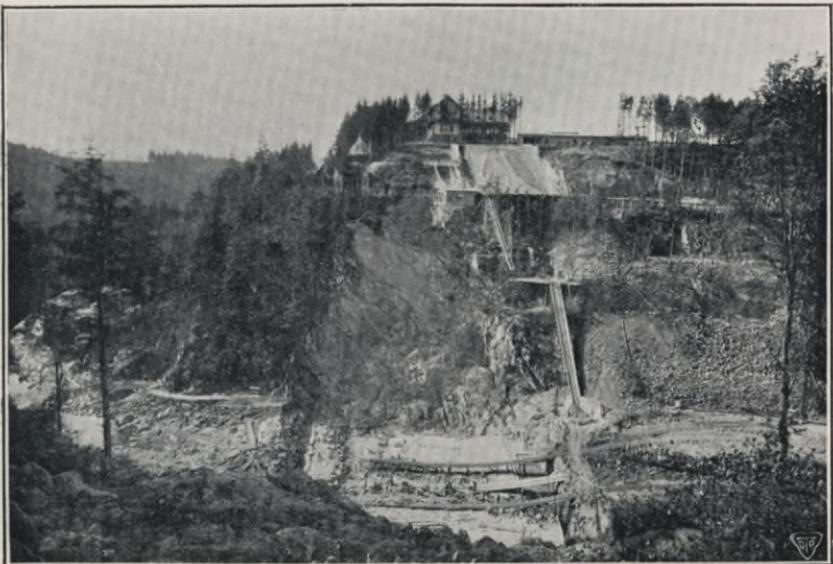


Abb. 22. Beginn der Mauerung an der Sperrmauer am 17. September 1902.
Links oben das Wärterhaus, in der Mitte oben das neue Gasthaus, darunter die Mörtelanlagen mit den Rutschen, rechts der Einlauf des Abfallschachtes von den Entlastungsschützen.
Unten die Ausführung der ersten Mauerschicht auf der Betonsohle.



Abb. 23. Aufmauerung der Sperrmauer von oben gesehen.



Abb. 25. Steinbruch mit der Steinwäsche.

auch in finanzieller Beziehung am günstigsten war, so dass hierdurch schon 167000 Mark billiger verdungen werden konnte, als das niedrigste Generalangebot lautete. Es erhielten den Zuschlag: auf die Hauptarbeit der Sperrmauer die Firma B. Liebold & Co., A.-G. in Holzminden; auf die Fels- und Mauerarbeiten der Umlaufstollen und Schächte der Unternehmer H. Bicker aus Cölbe; auf die Panzerung der Umlaufstollen die Firma Starke & Hoffmann in Hirschberg; auf die Lieferung der Windwerke, Schieber, Schützen, gusseisernen Röhren usw. die Firma Starke & Hoffmann mit Breuer & Co. in Höchst als Lieferant der gegossenen Schieber; auf die geschweissten Rohre B. Meyer in Gleiwitz. Die Nebenarbeiten, wie das Wärtergebäude, die Schieberhäuser und die Strasse von Eckersdorf nach Rengersdorf mit den Strassenbrücken wurden teils an diese, teils an andere Firmen der näheren Umgegend besonders vergeben.

Die Bauarbeiten der Talsperre wurden im Herbst 1901 in Angriff genommen. Am 5. Oktober 1901 fand in Gegenwart des Herrn Ministers von Podbielski, des damaligen Oberpräsidenten von Schlesien Fürsten v. Hatzfeld, Herzog zu Trachenberg, dessen tatkräftigem Einfluss das Zustandekommen des Talsperrunternehmens in erster Linie zu verdanken ist, des Herzogs v. Ratibor, des Grafen Stosch und des Landeshauptmanns von Schlesien Freiherrn v. Richthofen und vieler anderer hoher Herren die feierliche Grundsteinlegung der Sperrmauer statt. (Abb. 13 u. 13a.)

„Samme die Flut, behüte sie gut, bleibe in Gottes Hut.“

v. Podbielski.

„Der Hochflut wehre, den Wohlstand mehre, dem Erbauer bring Ehre.“

Fürst v. Hatzfeld.

„Den Tälern zum Schutz, den Wogen zum Trutz, dem Ganzen zum Nutz.“

Herzog v. Ratibor.

Hengstenberg.

„Auf Fels gebaut, gut ausgeschaut und Gott vertraut.“

v. Heyer.

„Viel gefürchtet, viel begehrt sei das Ziel der Arbeit wert.“

Gretschel.

„Dass jeder hier mit frohem Mut an diesem Werk das Seine tut.“

B.

Das waren im wesentlichen die Geburtstagswünsche, die dem Talsperrenbau mit auf den Entstehungsweg gegeben wurden.

In den Grundstein ist eine Urkunde über die Entstehung des Planes und den Zweck der Talsperre nebst einer Auswahl der geltenden Münzen in neuer Prägung versenkt.

Nachdem als erste Arbeit im Herbst des Jahres 1901 zur Unterbringung des Baubureaus das spätere Wärtergebäude neben der Sperrmauer auf steiler Felsklippe und der zugehörige Verbindungsweg hergestellt war, wurde von allen vier Mundlöchern aus der Ausbruch der Umlaufstollen in Angriff genommen, und zwar durch den Vortrieb je eines Sohlstollens. (Abb. 14.)

Als bald stellten sich in der Härte des zu durchfahrenden Gesteins sehr erhebliche Widerstände dem raschen Vordringen der Tunnelarbeiten entgegen. Versuche, mit elektrisch angetriebenen Gesteinsbohrmaschinen die Arbeit zu beschleunigen, fielen so ungünstig aus, dass die Handbohrung der Sprenglöcher beibehalten werden musste, und es blieb nichts anderes übrig, als durch erhöhte Anspannung der Arbeitskräfte der Widerstände des Gesteines Herr zu werden. Das waren damals ziemlich schwere Zeiten, als das Tal von dem Donner der Sprengladungen widerhallte, der weit hinaus in der Umgebung vernehmbar war. 32 000 kg Dynamit sind bei diesem Bau verfeuert worden. Erschwert und gefährvoller wurden diese Sprengarbeiten besonders durch die beengten örtlichen Verhältnisse, durch das enge Bei- und Übereinanderliegen der einzelnen Sprengstellen, sowie durch die steile Lage der Felswände, welche ein sicheres Abdecken der Sprengstellen unmöglich machte.

Nach etwa halbjähriger Arbeit erfolgte im Mai 1902 der Durchschlag zunächst des linken und dann des rechten Sohlstollens, wobei die von den beiden Mundlöchern aus vorgestreckten gekrümmten Achsenrichtungen des Stollens im Innern des Bergstockes genau aufeinander trafen. Nunmehr wurde schleunigst der linke Sohlstollen notdürftig erweitert, der Queis hindurchgeleitet und das Betonwehr zur Abdämmung und Umleitung des Queis während der Bauzeit begonnen. Mit einigen unwesentlichen Unterbrechungen durch Anschwellungen infolge Gewitterregen gelang es, dieses erste Bollwerk in solider Weise, allenthalben auf festen Felsen gegründet, fertigzustellen. Inzwischen waren auch die Betriebseinrichtungen für den Bau der Sperrmauer hergestellt. Vom Bahnhof Marklissa und der gegenüberliegenden Sandgrube in Beerberg her wurde eine Schmalspurbahn bis an den Rand der Baustelle verlegt. Zur Gewinnung der nötigen Lager- und Arbeitsplätze waren bei den beengten örtlichen Verhältnissen grössere Abträge an der rechten Talseite

und gezimmerte Bühnen herzustellen. Im Tale wurden Dampfpumpen und oben auf den Höhen eiserne Wasserbehälter aufgestellt, aus denen das hinaufgepumpte Wasser wieder unten auf den Arbeitsplätzen mit Hochdruck Verwendung zum Abspritzen der Steine (Abb. 25) und Felsflächen finden konnte. In der Sandgrube in Beerberg, aus welcher der Mauersand entnommen wurde, wurden Waschmaschinen mit ca. 80 cbm täglicher Leistung aufgestellt, in denen der sämtliche vermauerte Sand gewaschen und von seinen erdigen Bestandteilen gereinigt worden ist.

Der Aushub der Baugrube der Sperrmauern war gleichzeitig mit dem Vortrieb der Stollen begonnen worden unter Eindämmung des Queises auf seine halbe Breite und Ausschachtung erst der einen und dann, nach entsprechender Verlegung des Wasserbettes, der anderen Hälfte des Flussbettes. Die Gründungsverhältnisse gestalteten sich hier infolge der bereits erwähnten Geschlossenheit und Festigkeit des Gneisgesteins ausserordentlich günstig, so dass der tiefste Eingriff des Fundamentes der Sperrmauer nicht weiter als 5 m unter die frühere Queissole hinabreicht. Nach erfolgter Umleitung des Queis gingen auch die letzten Arbeiten des Ausbruches der festen Felssole sowie der Reinigung und Füllung seiner Spalten rasch von statten, und es konnte schon am 4. September 1902 der Aufbau der Sperrmauer mit der Herstellung einer verzahnten Betonsohlplatte als Fundament der Sperrmauer begonnen werden. Nur 14 Tage später wurden die eigentlichen Maurerarbeiten an der Sperrmauer aufgenommen. Es wurden dann im Jahre 1902 noch 5000 cbm Bruchsteinmauerwerk ausgeführt. Im Jahre 1903 wurden dann 33000 cbm Bruchsteinmauerwerk und im Jahre 1904 der Rest von 24000 cbm bis Ende Juli fertiggestellt, so dass die Herstellung von 62000 cbm Bruchsteinmauerwerk der Sperrmauer gerade zwei volle Baujahre in Anspruch genommen hat. Im weiteren Verlauf des Jahres 1904 konnten dann noch die Nebenarbeiten an der Sperrmauer, der Betonmantel an der Wasserseite zum Schutze des Verputzes daselbst und die Fahrbahn und Krönung fertiggestellt werden.

Neben den Arbeiten an der Sperrmauer wurden die Arbeiten am Ausbau der Umlaufstollen ungestört fortgesetzt. Während der Queis durch den linken Umlaufstollen floss, wurde der rechte Umlaufstollen voll ausgebrochen und ausgemauert, und umgekehrt

erfolgte der Felsausbruch und die Ausmauerung des linken Umlaufstollens unter Umleitung des Queis durch den rechten Umlaufstollen. In derselben Weise wurde unter wechselseitiger Umleitung des Queis durch einen der Stollen auch die Panzerung eingebaut, und zwar zunächst im linken und dann im rechten Umlaufstollen. Diese ungewöhnlichen Arbeiten, für die das Arbeiterpersonal erst geschult werden musste und die bei dem immerhin sehr beträchtlichen Gewicht der Panzerungsteile unter Umständen recht gefährlich werden konnten, verursachten zwar anfänglich nicht unbedeutende Schwierigkeiten, wurden aber bald nach den ersten Erfahrungen leichter und (dank den vortrefflichen Betriebseinrichtungen des Unternehmers J. W. Roth, welcher den Einbau der Panzerung in Zementstampfbeton für die Maschinenbau-A.-G. vorm. Starke & Hoffmann ausführte) ohne Unfälle im Herbst v. J. fertiggestellt, so dass im Dezember 1904 mit dem Abschluss der Umlaufstollen begonnen werden konnte. In die Umlaufstollen wurden je drei Grundablassrohre mit sechs Rohrschiebern eingebaut und nach beiden Seiten durch zwei grosse, den ganzen Stollenquerschnitt ausfüllende Mauerpfropfen wasserdicht abgeschlossen. Um den linken Umlaufstollen abschliessen zu können, musste das Wasser des Queis durch die drei Rohre im rechten Stollen geleitet und zu dem Zwecke ziemlich hoch aufgestaut werden. — Das war eine kritische Zeit, da jede kleinere Anschwellung des Queis den linken Stollen mitsamt den Arbeitsplätzen unter Wasser gesetzt hätte. Aber der sonst nicht gerade für Maurerarbeiten geeignete Monat Januar schützte vor dieser Gefahr, indem er den Queis dauernd solange unter Eis und bei niedrigem Wasser hielt, bis der Abschluss des Stollens fertig war. Gegen den Frost konnten wir uns durch Beheizung des Umlaufstollens und Erwärmung des Sandes, der Steine und des Wassers schützen, so dass diese Arbeiten mit Anfang Februar 1905 glücklich beendet werden konnten. Hiermit war die Talsperre soweit fertiggestellt, dass sie ihrem Zweck, das Hochwasser aufzuspeichern, dienen musste, da von nun an eben nur noch soviel Wasser durch die Talsperrenablässe hindurch konnte, wie der Queis unschädlich abführen kann. Es wurden nunmehr noch die Entlastungsschützenanlagen, die Windwerke, Stege usw. aufgestellt und das Rückstauwehr zur Herstellung eines Wasserpolsters an den Umlaufstollen unter den Abfallschächten ausgeführt, deren

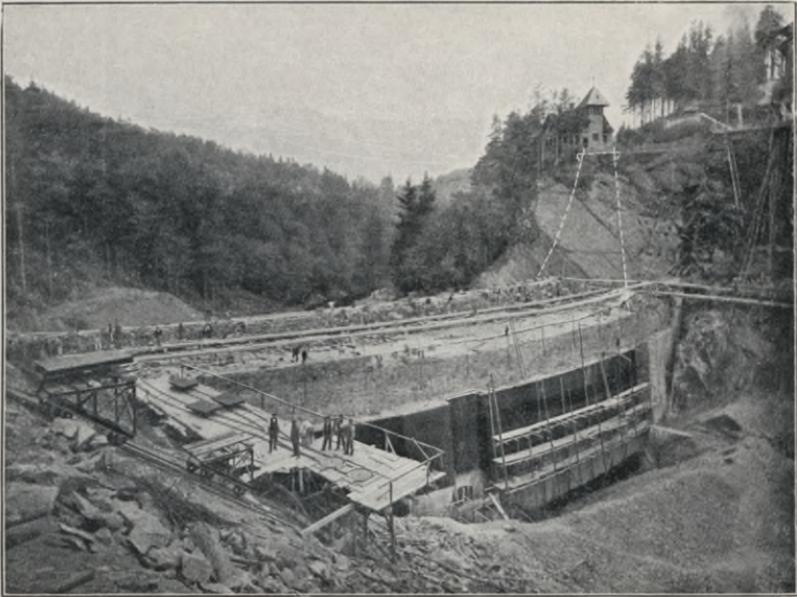


Abb. 26. Wasserseite der Sperrmauer mit Verputzfläche und Siderosthenanstrich im unteren Teile der Sperrmauer. Aufgenommen am 2. November 1903.

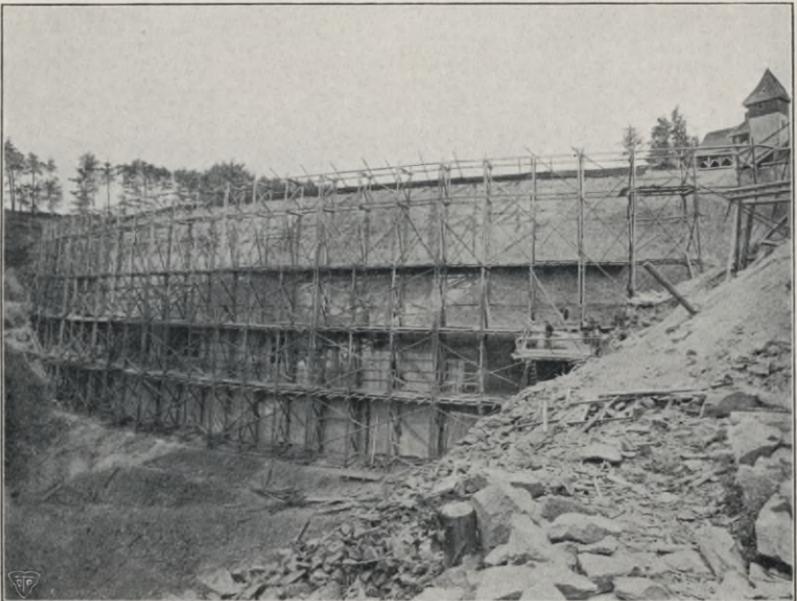


Abb. 27. Wasserseite der Sperrmauer mit Einrüstung für die Ausführung der Betonummantelung.



Abb. 27 a. Wasserseite der Talsperre. Im Vordergrund links der Einlauf des linken Umlaufstollens gegenüber dem Einlauf des rechten Umlaufstollens. In der Mitte das Betonwehr zur Umleitung des Queis, dahinter die grosse Sperrmauer. Oben links und rechts die Entlastungsanlagen.

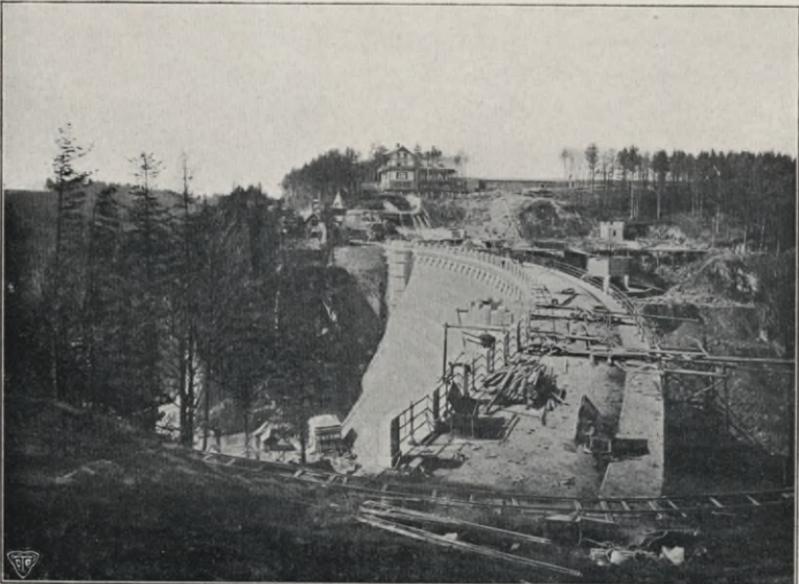


Abb. 28. Sperrmauer vor Aufbringung der Fahrbahndecke.

Fertigstellung die Zeit bis Ende Juni 1905 in Anspruch genommen hat.

Seitdem ist noch die vom Verfasser im „Zentralblatt der Bauverwaltung“ in No. 95, Jahrgang 1900, veröffentlichte Visier-einrichtung zur Beobachtung des elastischen Verhaltens der Sperr-mauer (s. S. 9 d. B.) durch die Firma O. Fennel Söhne, Cassel, ausgeführt, und es steht nun nur noch die Anlage eines elektrischen Lätewerkes den Queis stromabwärts bevor, mit welchem den Anliegern am Queis Signale vor dem Ablassen grösserer Wassermengen an der Talsperre bis zu 110 Kubikmeter: Sekunde gegeben werden können. Auch Telephonleitungen sind noch nach den Einmündungen der Nebenflüsse unterhalb der Talsperre geplant, welche die Zustellung von Nachrichten über den Abzug der Hochwasser aus den Nebenflüssen ermöglichen.

Der Bestimmung der Höhenlage der Entlastungsschützen sind längere, technische Erwägungen und sehr eingehende Wassermessungen vorausgegangen, da hiervon die Höhe des Stauspiegels des Nutzwasserbeckens abhängig ist. Auf Grund dieser Untersuchungen ist eine Ausnutzung des Staubeckens vorläufig bis zu 5 000 000 cbm Stauinhalt und einer entsprechenden Stauhöhe bis zu 30 m als zulässig und vereinbar mit den Rücksichten auf den Hochwasserschutz erachtet worden. Dieser Inhalt muss in dem unwahrscheinlichen Falle, dass das Staubecken im Sommer einmal bei Eintritt einer Hochflut gerade voll mit 5 000 000 cbm gefüllt sein sollte, bis auf 3 500 000 cbm abgelassen werden. Die Absenkung auf 3 500 000 würde etwa $4\frac{1}{4}$ Stunden Zeit in Anspruch nehmen, während der Abfluss der wolkenbruchartigen Regengüsse vom Quellgebiet bis zur Talsperre auf Grund genauer Beobachtungen an registrierenden Regenmessern und Registrierpegeln in den verflossenen vier Baujahren zu mindestens acht Stunden gemessen worden ist. Mit einem Nutzbecken von 5 000 000 cbm lässt sich in sehr trockener Zeit eine Kraft von 800—1000 Pferdekräften, und in den wasserreicheren 8 Monaten des Jahres eine Kraft von etwa 2200—2400 Pferdekräften während 12 Stunden am Tage schaffen, so dass im Mittel hier etwa 1500 Pferdekräfte das Jahr hindurch von der geplanten elektrischen Kraftzentrale abgegeben werden könnten. Der Ausbau dieser elektrischen Kraftzentrale steht für das Jahr 1906 bevor. Wie schon erwähnt, wird der volle Ausbau auf 3500 Pferdekräfte ein-

gerichtet werden, um allen Betriebsschwankungen bis zu 100 Prozent nach beiden Richtungen hin gerecht werden zu können. Zunächst wird indessen der Ausbau nur etwa auf 2100 Pferdekkräfte und der Einbau der weiteren Turbinen erst bei entsprechend erzieltm Absatz des elektrischen Stromes bewirkt werden. Zur Aufstellung werden Francis' Reaktions-Turbinen mit horizontaler Drehachse gelangen, auf welcher die Dynamos für 10 000 Volt direkte Spannung unmittelbar gekuppelt werden sollen.

Die zum Bau der Talsperre verwendeten Materialien stammen fast ausschliesslich aus Schlesien. Die Bausteine für die Sperrmauer fand man in guter Beschaffenheit im Queistal auf Beeberger und Tzschochaer Grunde. Der Mauersand ist in der Sandgrube gegenüber dem Bahnhofe Marklissa gewonnen worden. Der Zement stammt aus der Portland-Zement-Fabrik Groschowitz und zeigte sich durchweg von guter Beschaffenheit; ebenso auch der Kalk aus dem Kalkwerk Silesia in Kauffungen. Nur der Trass wurde in verhältnismässig geringer Menge zur Verbesserung des Mörtels aus dem Rheinlande bezogen, weil es hierzulande keinen gibt. Das Eisen der Panzerung stammt aus der Bismarckhütte in Oberschlesien. Es wurden für die Sperrmauer im ganzen 150 000 Sack Zement, 20 000 cbm Sand, 3600 cbm Trass, 2400 cbm Kalk, 70 000 cbm Steine und für die Panzerung der Stollen 460 000 kg Eisen verbaut. Der Mörtel der Sperrmauer hat ein Mischungsverhältnis von 125 Liter Zement, 100 Liter Trass, 66 Liter Kalk bei 510 Liter Sand. Die Kosten der gesamten Bauanlagen stellen sich nach dem jetzigen Stande auf etwa 2 350 000 Mark. Hiervon entfallen auf die Sperrmauer 1 270 000 Mark, auf die Umlaufstollen 400 000 Mark, auf die Panzerung 264 000 Mark, auf die Entlastungsschützen, Schieber usw., auf Rohre, Rechen usw. 160 000 Mark, auf Nebenanlagen 124 000 Mark, auf allgemeine Ausgaben 132 000 Mark. Veranschlagt waren die Baukosten auf 2 600 000 Mark. Ausserdem sind noch die Kosten des Grunderwerbs mit 550 000 Mark hinzuzurechnen.

An Arbeiterpersonal waren bei dem Bau während der Hauptbauzeiten durchschnittlich etwa 450 Mann beschäftigt, von denen die grössere Hälfte Österreicher und Italiener waren, während die andere Hälfte aus einheimischen Arbeitern bestand. Die Österreicher wurden vorwiegend zu den Arbeiten in den

Tunnels und Steinbrüchen und die Italiener bei der Herstellung des Bruchsteinmauerwerks verwendet, Arbeiten, zu denen einheimisches, geschultes Personal nicht zu erlangen war.

Von allen bei den Bauarbeiten tätig gewesenenen Arbeitern ist mit unermüdlicher Kraft und gutem Verhalten gearbeitet worden. Ebenso haben auch die hier beschäftigt gewesenenen Hilfskräfte zumeist mit freudigem Eifer zum Gelingen des Werkes in dankenswerter Weise beigetragen. Es seien hier anerkennend erwähnt die Regierungsbauführer Herb. Pietsch, Joh. Seidler, Alb. Manzke, Rob. Grimmer, Fel. Potyka, die gelegentlich ihres praktischen Ausbildungsdienstes bei dem Talsperrenbau vorübergehend tätig waren.

Am 5. Juli 1905 fand unter Teilnahme des Oberpräsidenten von Schlesien, Grafen von Zedlitz und Trütschler, eine Besichtigung der fertigen Talsperre und damit ihre förmliche Einweihung und Übernahme durch den Provinzialausschuss von Schlesien statt. Neben einer Anzahl Ordensauszeichnungen ging auf ein Begrüssungstelegramm des Provinzialausschusses folgender telegraphischer Dank des Kaisers ein:

„Dem zur Einweihung der Talsperre in Marklissa vereinigten Provinzialausschusse der Provinz Schlesien entbiete Ich Meinen königlichen Dank für den Mir dargebrachten Ausdruck der Huldigung und der Treue. Die Vollendung dieses Teils der für das Wohl Meiner Provinz Schlesien so wichtigen wasserwirtschaftlichen Massregeln, denen Ich Meine besondere Fürsorge angedeihen lasse, erfüllt Mich mit Freude, und Ich hoffe, dass das grosse Kulturwerk dem Lande und seiner Bevölkerung reichen Segen bringen möge. Wilhelm R.“

Im Monat Oktober v. J. konnte in der Talsperre bereits ein ziemlich bedeutendes Hochwasser zurückgehalten und damit das Staubecken bis nahezu an die höchste Überlaufkrone gefüllt und so einer vollen Belastungsprobe ausgesetzt werden. Hierbei zeigte sich die Talsperre den Erwartungen entsprechend allenthalben in tadelloser Ausführung. Nicht nur der Mauerkörper der Sperrmauer an sich, sondern auch der Anschluss an die Felswände ist vollkommen dicht gelungen und dürfte in dieser Beziehung alle bisher ausgeführten Staumauern übertreffen. Wenn man die geschützte Lage der Sperrmauer in dem eng eingeschnittenen Tal, das sehr wesentlich zur Herabminderung der

Temperaturunterschiede beiträgt, und die mit der Ummantelung der Wasserseite getroffenen Schutzmassregeln, die Eisenfestigkeit des Mörtels, die Härte der Steine und die Sorgfalt der Arbeit berücksichtigt, so ist man zu der Annahme berechtigt, dass diese gewissermassen aus einem einzigen mächtigen Steinblock bestehende Sperrmauer alle Zeiten überdauern und stehen wird, so lange die anschliessenden Berge und diese Erde ihren jetzigen Bestand behalten; und so wollen wir unserer Überzeugung entsprechend zum Ende wünschen, dass dies Bauwerk alle Hoffnungen erfüllen und durch seinen Hochwasserschutz und seine Arbeitskraft sowie durch seine landschaftlichen Reize eine Quelle des Segens und der Freude für das Schlesierland bleiben möge.

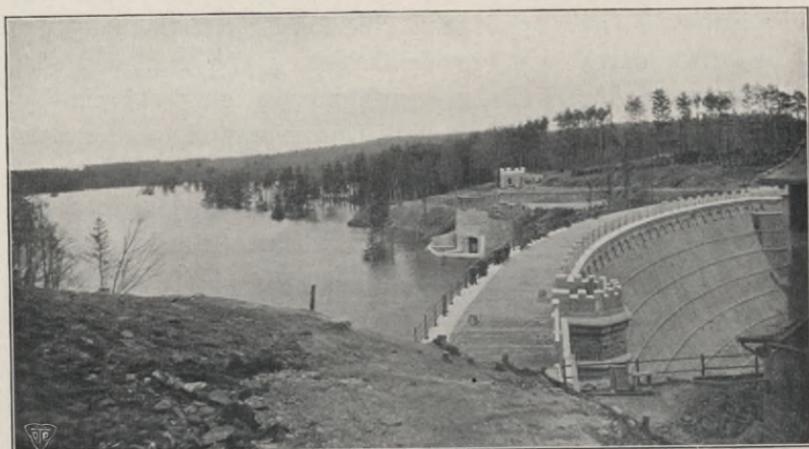
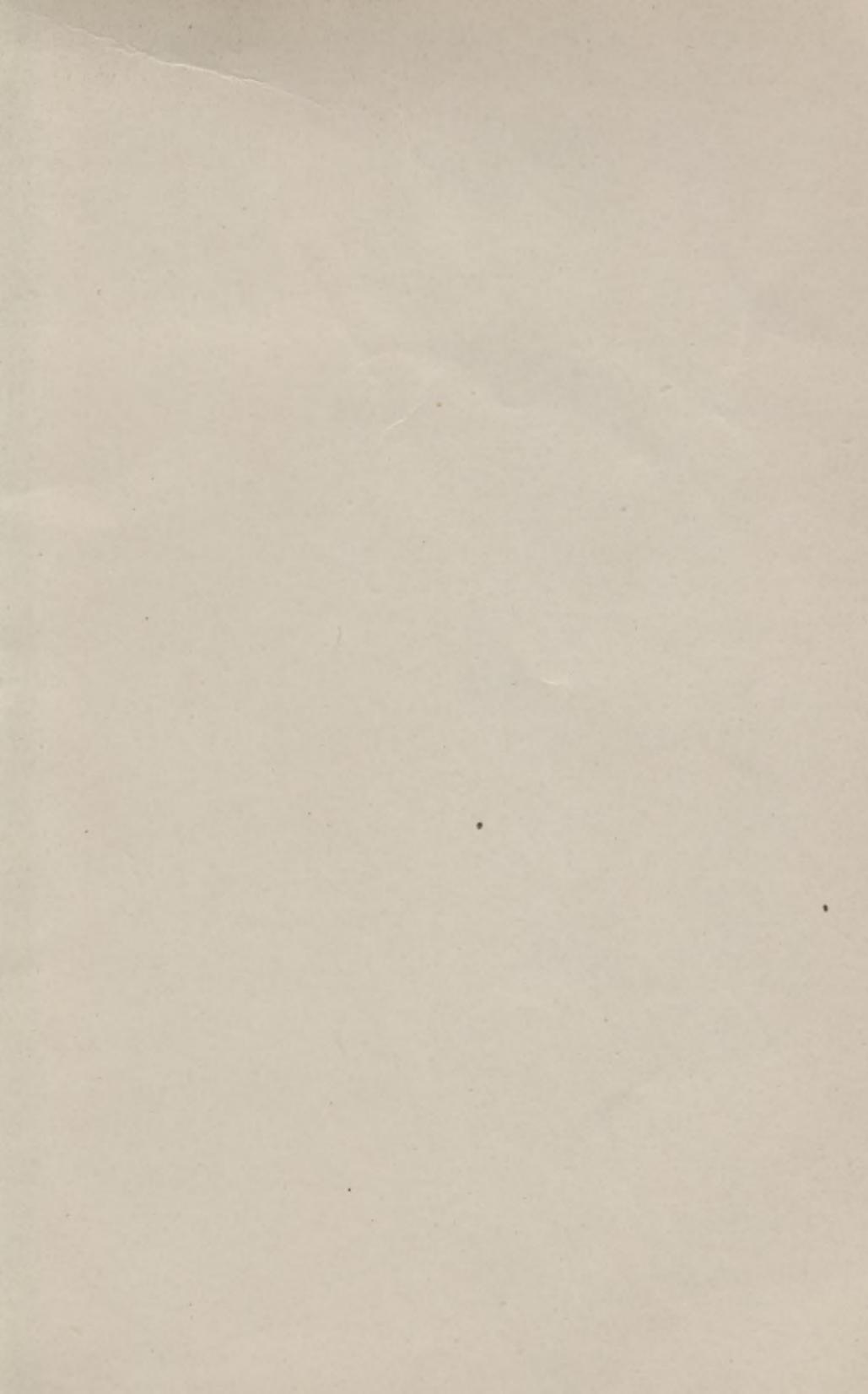


Abb. 29. Talsperre mit gefülltem Nutzwasserbecken 5000000 cbm Stauinhalt.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW





WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

31142

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300024

