

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFAHRTS-KONGRESSE.

DER
TALSPERRENBAU
IN DEUTSCHLAND

VON

BA 462

Dr.-Ing. **SYMPHER**
GEHEIMER OBERBAURAT

NACH DER FESTREDE ZUM SCHINKELFEST
DES ARCHITEKTEN-VEREINS ZU BERLIN AM 13. MÄRZ 1907

MIT 25 TEXTABBILDUNGEN



BERLIN 1907
VERLAG VON WILHELM ERNST u. SOHN.

INHALT.

	Seite
Einleitung.	
1. Veranlassung und Zweck der Talsperren	6
2. Allgemeine Vorarbeiten	6
3. Genaue Vorarbeiten	7
a) Niederschlags- und Abflußverhältnisse	7
b) Geologische Untersuchung	8
c) Entwurf und Anschlag	10
d) Aufbringung der Kosten	10
4. Bauart und Herstellung des Abschlußwerkes	10
a) Erddämme	11
b) Staumauern	12
α) Berechnung und Form des Querschnitts	12
β) Sicherung gegen Gleiten	14
γ) Krümmung der Mauern	14
δ) Entnahmeverrichtung und Hochwasserüberfälle	15
ϵ) Dichtung des Mauerwerks	17
ζ) Baustoffe	18
5. Neuere in Deutschland ausgeführte Talsperren	20
a) Zur Kraftgewinnung und Bodenbewässerung	20
b) Zur Trinkwasseransammlung und Kraftgewinnung	21
c) Zum Hochwasserschutz	25
d) Zur Speisung von Schiffahrtskanälen und Erhöhung des Niedrigwassers von Flüssen	26
e) Gesamt-Zahl, -Größe und -Baukosten	32
6. Verhältnis der Talsperren zur Naturschönheit	34
Schluß	34

Die Unregelmäßigkeit der Niederschläge und des Wasserabflusses hat schon lange dazu geführt, auf einen Ausgleich zu sinnen, den Überfluß des Heute für den Mangel des Morgen aufzuspeichern. So reichen die Nachrichten über die Anlage von Stauweihern zum Zwecke der Trinkwasserversorgung oder zur Bewässerung von



Abb. 1. Der Wiesenbecker Teich bei Lauterberg i. Harz.

Ländereien bis in die graue Vorzeit zurück. Naturgemäß gingen dabei die Länder der wärmeren Zonen voran, weil hier das Wasserbedürfnis bei heißem Sonnenbrande für Menschen, Tiere und Pflanzen besonders dringend und weil in vielen jener Länder schon früh eine hohe Kulturstufe erreicht war. Erst allmählich bürgerten sich die Talsperren auch in Europa ein, nachdem eine stärkere Entwicklung des Erwerbslebens den Wert des Wassers in mehrfacher Hinsicht gesteigert hatte. Auf eine Geschichte des Talsperrenbaues im all-

gemeinen oder auch nur auf eine Beschreibung der in den heutigen Kulturländern vorhandenen und noch betriebenen Talsperren einzugehen, würde zu weit führen. Ich muß mich daher auf Deutschland beschränken und werde insbesondere die neuere Bewegung auf diesem Gebiete vorführen.

Wie wir alle wissen, ist es vor allem der Geheime Regierungsrat, Professor Dr.-Jug. Intze gewesen, dem wir die neuere Entwicklung des Talsperrenbaues in Deutschland zu danken haben. Die Bedeutung der von Intze geplanten und von ihm oder unter seiner Mitwirkung ausgeführten Talsperren ist so groß, daß dahinter alles andere zurücktritt, ja beinahe vergessen wurde, was auf diesem Gebiete in Deutschland bereits früher geleistet ist. Z. B. dürfte es sehr vielen, selbst wenn sie öfter den Harz besucht haben, kaum bekannt sein, daß dort seit dem 16. Jahrhundert Talsperren, meist Teiche genannt, angelegt wurden, und daß die Zahl dieser Teiche etwa 70 mit zusammen rund 10 Mill. Kubikmeter Wasserinhalt beträgt. Die größte dieser Talsperren ist der Oderteich mit 1,7 Mill. Kubikmeter in der Nähe von Andreasberg, und allen Besuchern Lauterbergs ist der hübsch gelegene Wiesenbecker Teich bekannt (Abb. 1), der aber selten als ein künstlicher Stauweiber angesehen wird.

Die **Zwecke**, die mit der Aufspeicherung von Wasser, also auch mit der Anlage von Talsperren verfolgt werden, sind verschieden. Man kann in der Hauptsache wohl deren sechs angeben, die aber wiederum viel ineinandergreifen und von denen oft mehrere gleichzeitig durch eine geplante Anlage erreicht werden sollen. Für deutsche Verhältnisse sind in erster Linie zu nennen:

1. die Kraftgewinnung, der auch die Anlagen im Harz ihre Entstehung verdanken,
2. die Trinkwasserversorgung,
3. die Bewässerung von Ländereien,
4. der Hochwasserschutz,
5. die Speisung von Schiffahrtskanälen und
6. die Aufhöhung des Niedrigwassers der Flüsse zum Nutzen der Schiffahrt und Landwirtschaft.

Tritt der Gedanke auf, eine Talsperre zu erbauen, so sind zunächst **Vorarbeiten** zu machen. Soweit der Staat nicht selbst beabsichtigt, die Talsperre auf seine Kosten auszuführen, gehen die Vorarbeiten zu Lasten der Beteiligten, denen aber geeignetenfalls, soweit es sich um eine Talsperre in Preußen handelt, eine Unterstützung aus staatlichen Mitteln gewährt werden kann, die der Handelsminister verwaltet. In der Regel werden derartige Vorarbeiten von Fall zu Fall vorgenommen. Jedoch kommt es auch vor, daß der Staat oder gemeinnützige Vereine, wie z. B. die Gesellschaft zur Förderung der Wasserwirtschaft im Harze, allgemeine Untersuchungen anstellen lassen.

Durch die Vorarbeiten ist zunächst der ungefähre Wasserbedarf für die in Aussicht genommenen Zwecke festzustellen. Sodann folgt die Auswahl eines geeigneten Ortes zum Bau der Talsperre. Von großem Nutzen sind hierbei die inzwischen für fast

das gesamte Deutschland angefertigten Meßtischblätter im Maßstabe 1:25000. Aus diesen ist bis zu einem gewissen Genauigkeitsgrade ohne weiteres zu entnehmen, wo sich Täler oder Talmulden befinden, in denen sich die notwendige Wassermenge bei angemessener Höhe des Abschlußwerkes ansammeln läßt. Hand in Hand hiermit muß eine Betrachtung der geologischen Karten gehen, damit von vornherein Gebiete vermieden werden, die sich wegen der Untergrundverhältnisse als ungeeignet erweisen. Darüber, wie diese beschaffen sein und welche Gesteinsbildungen vornehmlich vermieden werden müssen, läßt sich wenig allgemeines sagen. Es kommt ganz auf den beabsichtigten Zweck und auf die örtlichen Verhältnisse an. Nur soviel wird unter allen Umständen gefordert werden müssen, daß das Abschlußwerk — sei es ein Damm oder eine Mauer — unbedingt und dauernd sicher erbaut werden kann. Im übrigen wird bei den meisten Talsperren, bei denen es auf längere Aufspeicherung von Wasser ankommt, auf möglichste Undurchlässigkeit des gesamten vom Wasser zu überstauenden Geländes gesehen werden müssen. Bietet danach eine hinreichend starke Verwitterungs- und Humusschicht nicht eine ausreichende Dichtung, so müssen alle Gesteinslagerungen, die offene Fugen, Spalten, Verwerfungen u. dergl. aufweisen, vermieden werden. Auch darf der Untergrund keine Stoffe enthalten, die sich unter der Einwirkung von Wasser auflösen und Anlaß zu späteren Hohlräumen und Wasserverlusten geben. Besonders gefährlich sind hierbei Kalkgesteine.

Scheinen die Vorbedingungen für eine günstige Lage gegeben, so kann an die nähere Feststellung der die Anlage beeinflussenden Verhältnisse herantreten werden. Das Zuflußgebiet ist nach Größe, Oberflächengestaltung, Bewaldung, sonstigem Anbau u. dergl. zu bestimmen. Aus Regenkarten sind die Niederschlagsmengen nach Jahren, Monaten und besonders bemerkenswerten Tagen zu entnehmen oder eingehendere Beobachtungen zu veranlassen. Der Wasserabfluß aus dem gesamten Einzugsgebiet ist nach vorhandenen Pegelaufzeichnungen oder nach unmittelbaren Messungen zu berechnen und mit den Niederschlagsmengen in Beziehung zu setzen. Einen gewissen Anhalt bieten auch Beobachtungen, die in benachbarten Talsperrengebieten unter ähnlichen Verhältnissen gemacht sind. So hat z. B. Intze für die Ruhr, Lenne und Wupper ermittelt, daß man annähernd die jährliche Abflußmenge erhält, wenn man von der Niederschlagshöhe 3 bis 400 mm abzieht und den verbleibenden Betrag mit der Größe des Einzugsgebiets multipliziert. Bei der Verwendung derartiger Zahlen muß man indes besonders vorsichtig sein.

Sind alle auf die Wasserabführung bezüglichen Angaben ermittelt, so kann man an die Bestimmung der genauen Größe des Beckens gehen. Auf diese ist von besonderem Einfluß die Verteilung der Niederschlagsmengen auf die einzelnen Abschnitte des Jahres. Ist die Verteilung ziemlich gleichmäßig und ist darauf zu rechnen, daß der Stauweiher auch während der trockeneren Sommerzeit mehrfach größere Zuflüsse erhält, so kann der Stauinhalt verhältnismäßig klein angenommen werden. Anders ist es, wenn die Nieder-

schläge im Winter und namentlich der Frühjahrshochwasserabfluß überwiegt. Von weiterem Einfluß auf die Größenbestimmung ist ferner der Zweck der Talsperrenanlage. Hierüber hat Link im Zentralblatt der Bauverwaltung 1905, S. 325 einen sehr lesenswerten Aufsatz veröffentlicht, der insbesondere scharf zum Ausdruck bringt, daß alles über die Hochwasserüberfälle abfließende Wasser einen Mangel in trockenen Zeiten darstellt. Mit aller Vorsicht, die auch hier bei der Anwendung durchschnittlicher Zahlen geboten ist, darf man wohl sagen, daß für unsere norddeutschen Verhältnisse eine Größe des Staubeckeninhalts von 40 vH. des jährlichen Abflusses vielfach für solche Becken als angemessen erachtet werden kann, bei denen eine gute Ausnutzung der vorhandenen Wassermengen, z. B. zur Kraftgewinnung, notwendig ist. Genauer Aufschluß kann aber in jedem Falle nur durch einen, die verschiedenen Abflußmengen verschiedener Jahre berücksichtigenden Wasserwirtschaftsplan gewonnen werden, dessen Aufstellung in keinem Falle unterlassen werden darf.

Zu gleicher Zeit mit der Ermittlung der Wasserverhältnisse ist die genaue Untersuchung des Geländes vorzunehmen. Da die Talsperren in der Regel in Gebirgstälern mit felsigem Untergrunde erbaut werden, so können einfache Bohrungen einen genügenden Aufschluß nicht geben. Es müssen vielmehr so ausreichende Schürfungen mit Beseitigung der oberen, vielfach zerklüfteten Felschichten vorgenommen werden, daß die Art und Lagerung des gewachsenen Gesteins und das Nichtvorhandensein schädlicher Verwerfungen sicher festgestellt werden können. Dies erfordert vielfach bedeutende Kosten, und der Wunsch, sie zu ersparen, hat hin und wieder dazu geführt, sich mit oberflächlichen Prüfungen zu begnügen. Die Folge davon ist aber zuweilen die Notwendigkeit gewesen, bei den späteren Gründungsarbeiten erhebliche Ausgaben über den Kostenanschlag hinaus zu leisten, und die Befürchtung ist nicht ganz von der Hand zu weisen, daß bei nicht hinreichender Aufsicht Baustellen beibehalten bleiben, die sich während der Bauausführung als wenig geeignet zeigen.

Zu welchen Überraschungen und Mehrkosten man bei einer Täuschung über die Untergrundverhältnisse gelangen kann, zeigt die Hennetalsperre bei Meschede an der Ruhr. Sie ist etwa 1 km oberhalb des genannten Städtchens in einem Gebiete erbaut, das man geologisch das rheinisch-westfälische Schiefergebirge nennt. In der Hauptsache wechseln Grünstein mit Mergel-, Kalk- und Tonschiefer ab. Obgleich die Dechensche geologische Karte an dieser Stelle eine Verwerfung der Schichten vermuten ließ, zeigte doch die in etwas einfacher Weise vorgenommene Untersuchung anscheinend gute Verhältnisse, so daß bei der sonst günstigen Belegenheit hier der Bauplatz für die Staumauer gewählt wurde. Bei den Ausschachtungsarbeiten ergaben sich anfangs keine Schwierigkeiten. Im weiteren Verlauf fand sich aber, daß das Gebirge in den tieferen Lagen verworfen war und viele größere und kleinere Klüfte aufwies, die entweder ganz offen oder mit verwittertem Grünstein und kalkigem Lehm angefüllt waren. Am rechten Hange zeigte sich endlich eine

außerordentlich wechselvolle Lagerung der Gesteinschichten, indem Grünstein und schiefriger Mergel in mehrfachen Schichten übereinander auftraten. Der zur Begutachtung hinzugezogene Landesgeologe Professor Dr. Leppla entwarf davon eine Zeichnung, aus der hervorging, daß beim Aufbau des Gebirges eine vollständige Faltung der Gesteinsmassen stattgefunden haben mußte. Diese Ansicht wurde durch die weiteren Aufschlüsse bestätigt, da der innere Kern der Faltung mit den vollständig umgebogenen Felsschichten tatsächlich gefunden wurde (Abb. 2). Die Zerklüftungen des Gesteins



Abb. 2. Faltung der Gesteinschichten an der Baustelle der Hennetalsperre bei Meschede a. d. Ruhr.

waren ziemlich bedeutend; ganz erhebliche Mengen an Felsaushub mußten über den ursprünglichen Anschlag hinaus ausgeführt werden. Die sichtbaren Klüfte wurden, so weit wie irgend möglich, zum Teil bis zu 5 und 6 m unter der Gründungssohle, ausgeräumt und mit Beton ausgefüllt. Außerdem wurde in engere Spalten dünnflüssiger Zementmörtel in großen Mengen eingegossen, so daß anzunehmen ist, daß alle größeren Hohlräume unter der Mauer selbst in erreichbarer Tiefe ausgefüllt sind. Die durch die schwierige Gründung verursachten Mehrkosten haben bei einem Anschlag von 2,3 Millionen gegen 600 000 Mark betragen, die voraussichtlich vermieden wären, wenn man auf Grund genauer vorheriger geologischer Untersuchung sich für die Wahl eines anderen Bauplatzes entschieden hätte. Die Zerklüftungen, die sich auch noch an anderen Stellen des Talsperren-

geländes, namentlich in den vorkommenden Kalkschichten, vorfinden, machen sich zur Zeit noch sehr unangenehm dadurch bemerklich, daß an dem unterhalb der Talsperre gelegenen rechtseitigen Hange bei gefülltem Becken starke Quellen austreten, die, wie angestellte Färbeversuche ergeben haben, von dem Stauweiher gespeist werden. Diese Quellen bedeuten mindestens eine unerwünschte Störung der beabsichtigten Wasserwirtschaft und einen Verlust bei der Ausnutzung der an der Staumauer gewonnenen Betriebskraft. Eingehende Untersuchungen sind deshalb eingeleitet, um alle einschlägigen Verhältnisse klarzustellen, und unter Aufwendung erheblicher Mittel werden insbesondere alle Teile der Stauweihersohle, in denen ohne genügende Überdeckung klüftige oder kalkhaltige Schichten zutage treten, mit einer starken Lehmlage abgedeckt und gedichtet.

Der dritte Hauptteil der Vorarbeiten ist die Aufstellung des Entwurfs und die damit verbundene Ermittlung der Kosten.

Hat man alle diese Unterlagen, so kann ein genaues Bild von der Wirtschaftlichkeit der Anlage gewonnen und ein Plan über Verteilung der Leistungen vorgenommen werden. Ist der Staat, wie z. B. bei den großen Stauweihern im Quellgebiet der Weser, der Bauherr, so verläuft die Aufbringung der Kosten verhältnismäßig einfach; haben Regierung und Landtag der Anlage zugestimmt, so kann es sich höchstens noch darum handeln, einige von der Talsperre Nutzen habende Beteiligte zu den Kosten heranzuziehen. Auch wenn der Staat mit Provinzen oder sonstigen kommunalen Verbänden sich zur Ausführung vereinigt, wie z. B. bei den Hochwasserbecken in Schlesien, so bietet die Kostenverteilung meist verhältnismäßig wenig Schwierigkeiten, zumal wenn der Staat den Löwenanteil der Ausgaben übernimmt. Erheblich schwieriger wird es aber, wenn ein unmittelbares, von dem Staate zu vertretendes allgemeines öffentliches Interesse erst in zweiter Linie steht, in vorderster Reihe aber der Nutzen Privater oder einzelner Gemeinden und Gemeindeverbände. Da bedarf es hin und wieder eines Zwanges, damit Einzelne der Allgemeinheit nicht widerstreben oder die ihnen gebotenen Vorteile ausnutzen können, ohne entsprechend zu den Kosten beizutragen. Zu diesem Zwecke ist dem Wassergenossenschaftsgesetze vom 1. April 1879 im Jahre 1891 ein zunächst auf das Gebiet der Wupper beschränktes und 1900 auf die Lenne und obere Ruhr ausgedehntes Abänderungsgesetz über Sammelbecken für gewerbliche Anlagen gefolgt. Auf diesem Grunde sind dann fast alle die zahlreichen, von Intze in Rheinland und Westfalen geschaffenen Talsperren ausgeführt, und zwar sämtlich aus der eigenen Kraft der zunächst Beteiligten, ohne jeden staatlichen Zuschuß. Ein hervorragendes Beispiel der Selbsthilfe, das seinen wohlverdienten Lohn in dem fortschreitenden Gedeihen der beteiligten Gemeinden und ihrer Bevölkerung gefunden hat.

Besondere Beachtung verdienen **Bauart und Herstellung des Abschlußwerkes**, der eigentlichen Talsperre. Diese kann aus Erde, Holz, Mauerwerk, Eisen oder Eisenbeton erbaut werden. In Deutschland sind bisher nur Erddämme oder Mauern zur Ausführung gelangt, erstere lediglich für mäßige Stauhöhen, etwa

bis zu 15 m. Die bereits erwähnten Teiche des Harzes sind fast sämtlich durch Erddämme abgeschlossen (Abb. 3). Nur beim Oder-teich ist an ihre Stelle ein mit Granitsand gedichteter 18 m hoher Steinwall getreten. Der Querschnitt eines solchen Dammes besteht in der Mitte aus einer etwa 2,3 m starken senkrechten Wand von aufeinander geschichteten Rasenstücken, dem Rasenhaupt. Dieses greift so tief in den Untergrund ein, daß der wasserundurchlässige sichere Fels erreicht wird. Zu beiden Seiten des Rasenhauptes wird Erde angeschüttet, im Verhältnis 1:1 $\frac{1}{4}$ bis 1:2 abgeböschet und an der Wasserseite durch Steinschüttung gegen Wellenschlag gesichert. Die Wasserentnahme erfolgt meist durch ein eichenes Rohr im Fuße des

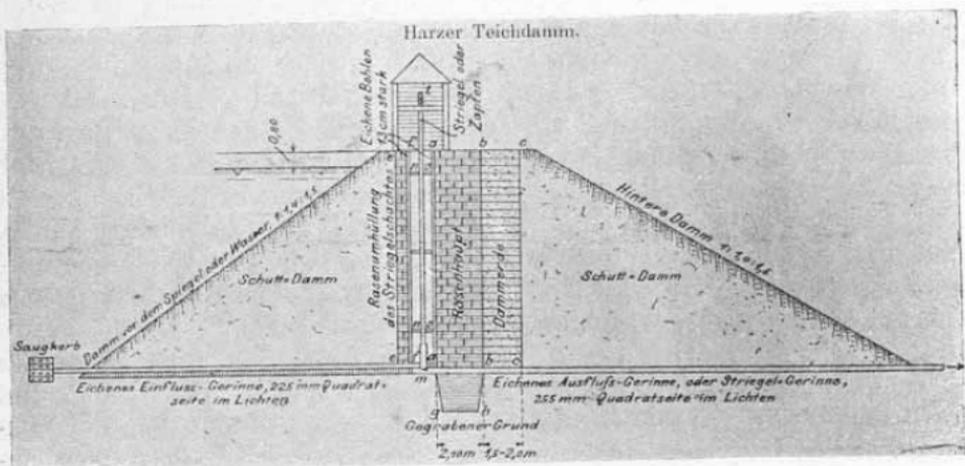


Abb. 3. Harzer Teichdamm.

Dammes, das durch eine einfache Verschlusvorrichtung, Striegel genannt, abgesperrt werden kann. Ein Hochwasserüberlauf befindet sich neben dem Abschlußdamm in gewachsenem Fels. Die so hergestellten Erddämme haben sich im allgemeinen gut bewährt und stehen zum Teil seit mehreren Jahrhunderten ohne nennenswerte Nacharbeiten. Vor einigen Jahren ist allerdings in Thüringen ein ähnlicher, aber mit geringen Sicherheitsvorkehrungen erbauter Damm durch Überflutung seiner Krone gebrochen, wodurch im Unterlauf des Baches einiger Schaden angerichtet wurde. Neuerdings sind mehrere Staudämme aus Erde in etwas abgeänderter Bauweise in den schlesischen Gebirgsflüssen und bei Solingen ausgeführt, wobei eine abschließende Herdmauer aus Ton oder Beton ebenfalls bis auf den festen undurchlässigen Grund reicht. Die Höhe dieser Dämme steigt bis zu 13 m; die Krone ist 4 m breit, die innere Böschung, wenn mit Tonschlag belegt und befestigt 1:3, sonst 1:4, und die luftseitige unbefestigte Böschung stets 1:2 geneigt. Auch hier sind Ablassvorrichtungen und seitliche Hochwasserüberfälle vorgesehen.

Holzdamme sind, soweit mir bekannt, in Deutschland als Tal Sperren nicht angewendet. Man findet sie indes in Rußland und in

den Vereinigten Staaten von Amerika, wo sie im oberen Quellgebiet der Wolga und des Mississippi bei geringer Höhe in weiten flachen Talmulden sehr große Wassermengen zum Zwecke der Erhöhung des Niedrigwassers jener Flüsse aufspeichern.

Von besonderer Bedeutung sind die Abschlußwerke aus Mauerwerk, auch Staumauern genannt. Bei ihrer Herstellung ist in erster Linie wieder auf ausreichende Sicherheit Bedacht zu nehmen. Zu dem Zwecke muß zunächst ein standfähiger Querschnitt ermittelt werden. Die hierbei zulässigen Annahmen werden von verschiedenen Bearbeitern verschieden beurteilt. So ist insbesondere die Frage zu entscheiden, ob Zugspannungen im Mauerwerk zulässig sind und ob damit gerechnet werden muß, daß Wasser in die Fugen eintritt und daß demgemäß mit einem Auftrieb innerhalb der Mauer gerechnet werden muß. Am sichersten geht man jedenfalls, wenn man Zugkräfte im Mauerwerk ausschließt — d. h. also, wenn man die Stützeinie des Querschnitts in seinem mittleren Drittel verlaufen läßt —, und daneben annimmt, daß trotzdem die Mauerfugen offen sind und das Wasser einen seiner Druckhöhe entsprechenden vollen Auftrieb auszuüben vermag. Eine derartige Berechnung ist z. B., um die Unterlieger vollkommen zu beruhigen, bei der Queistalsperre in Marklissa von Intze durchgeführt worden. Andere Ingenieure machen Vorschläge, wonach der Wasserauftrieb nur in beschränktem Umfange als wirksam angenommen werden soll. Intze selbst stellte sich, entgegen der von ihm für Marklissa ausnahmsweise getroffenen Anordnung auf den Standpunkt, daß es übertrieben und unwirtschaftlich sei; das Öffnen der Fugen durch Ausschneiden der Zugspannung zu beseitigen und dennoch Wasserauftrieb in der Mauer anzunehmen, der doch nur bei Vorhandensein von offenen Fugen möglich sei. Er legte aber großen Wert auf eine gute Dichtung der wasserseitigen Mauerfläche und auf Anlage von Entwässerungsrohren nahe hinter der Dichtungsschicht (Abb. 4). Durch diese Anordnungen sollte der Eintritt von Wasser in die Mauer verhindert und etwa doch eingedrungenes Wasser unschädlich abgeführt werden, ehe es Auftrieb in der Mauer bewirken könne. Nach den Beobachtungen, die ich Gelegenheit hatte, bei Aufbrucharbeiten in fertigen Talsperren des Ruhr- und Wuppergebiets zu machen, kann ich der Ansicht Intzes beipflichten. Jene Mauern zeigten zum Teil sehr wenig Feuchtigkeit im Innern und wo sie in etwas stärkerem Maße doch vorhanden war, erwies sich das hervortretende Wasser ohne Druckspannung und tropfte oder floß langsam herab. Immerhin müssen aber, wenn man von der Berechnung des Auftriebes absehen will, Zugkräfte als unzulässig bezeichnet und ein in sattem Mörtel verlegtes Mauerwerk bei guter Dichtung der wasserseitigen Oberfläche verlangt werden.

Bei vollem Becken sind daher nur folgende auf die Mauer wirkende Kräfte in die Berechnung einzustellen:

1. ein Wasserdruck, entsprechend der Anfüllung des Beckens bis zur Krone — es sei denn, daß durch besondere Vorkehrungen das Überschreiten einer niedrigeren Stauhöhe unbedingt ausgeschlossen ist,
2. die eigene Last des Mauerwerks und

3. der Druck des Erdreichs, welches zur Hinterfüllung des unteren wasserseitigen Teils der Mauer verwendet zu werden pflegt. Dabei ist das Gewicht der Erdhinterfüllung um das Gewicht des von ihr verdrängten Wassers vermindert einzusetzen.

Bei leerem Becken fällt der Wasserdruck fort, und das Gewicht der Erdhinterfüllung ist ohne Abzug von Wasserauftrieb anzunehmen.

In beiden Fällen muß die Drucklinie im mittleren Drittel der Mauer verlaufen und außerdem ist darauf zu sehen, daß an keiner Stelle des Querschnitts auffällig schwache oder gar eingeschnürte Stellen vorkommen, in denen sich eine Bruchfuge herausbilden kann.

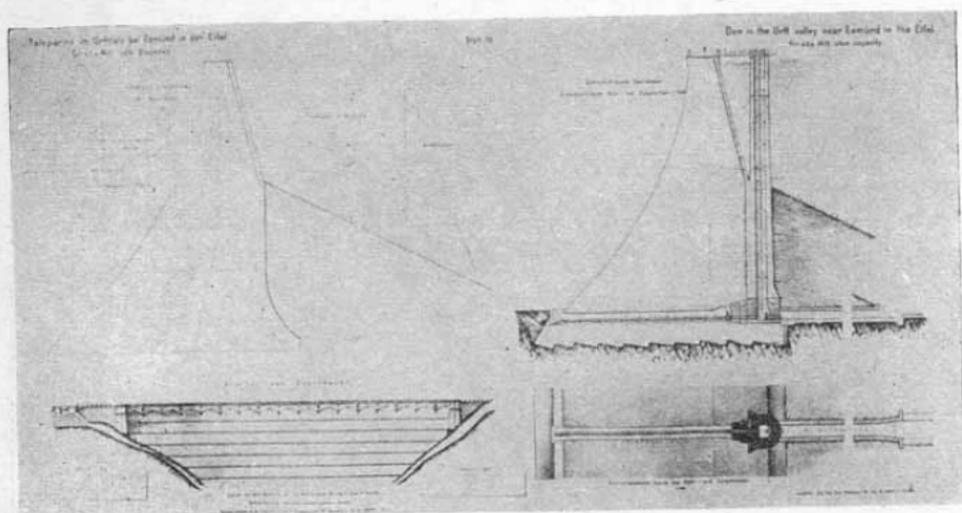


Abb. 4. Querschnitt durch die Sperrmauer in der Urft bei Gemünd i. d. Eifel.

Wenn die Mauer nach diesen Gesichtspunkten entworfen, bis auf den festen Untergrund hinabgeführt und so sicher an diesen angeschlossen wird, daß ein Auftrieb unter der Gründungsfläche nicht zu befürchten ist, so wird ein Querschnitt gewonnen, der den an die Sicherheit zu stellenden Anforderungen entspricht. Welch gewaltige Stärke derartige Mauern bei verschiedenen Höhen erhalten, möge daraus ersehen werden, daß z. B. die Remscheider Talsperre bei einer Gesamthöhe von 25 m in der Krone 4 m und in der Sohle 14,5 m breit ist, und daß die 58 m hohe Urfttalsperre eine größte Stärke von 55 m besitzt, das ist etwa die Breite der Straße Unter den Linden in Berlin.

Trotz gewisser einheitlicher Annahmen in der Berechnungsweise bleibt der Kunst des Ingenieurs doch noch ein gewisser Spielraum, die Massen der Mauer so anzuordnen, daß sie in möglichst günstiger Weise wirken und dementsprechend verhältnismäßig gering bemessen werden können. So haben wir unter Beachtung derselben grundsätzlichen Annahmen auch in Deutschland Talsperrenquerschnitte, die von den hier vorgeführten Intzeschen Formen nicht unwesentlich abweichen.

Verhütet muß ferner werden, daß die Mauer auf dem unterliegenden Gestein gleitet; zu dem Zwecke wird es hin und wieder erforderlich sein, Abtreppungen im Felsgrunde vorzunehmen und möglichst auch den bei der Herstellung der Baugrube sich ergebenden Zwischenraum zwischen talseitiger Baugruben- und vorderer Grundmauerfläche durch Beton auszufüllen. Auf diese Weise setzt sich der Mauerfuß fest gegen das anstehende Gelände.

Da die Mauern, namentlich im oberen Teil, in der Regel ziemlich lang werden (meist mehrere 100 Meter), so ist zu befürchten, daß

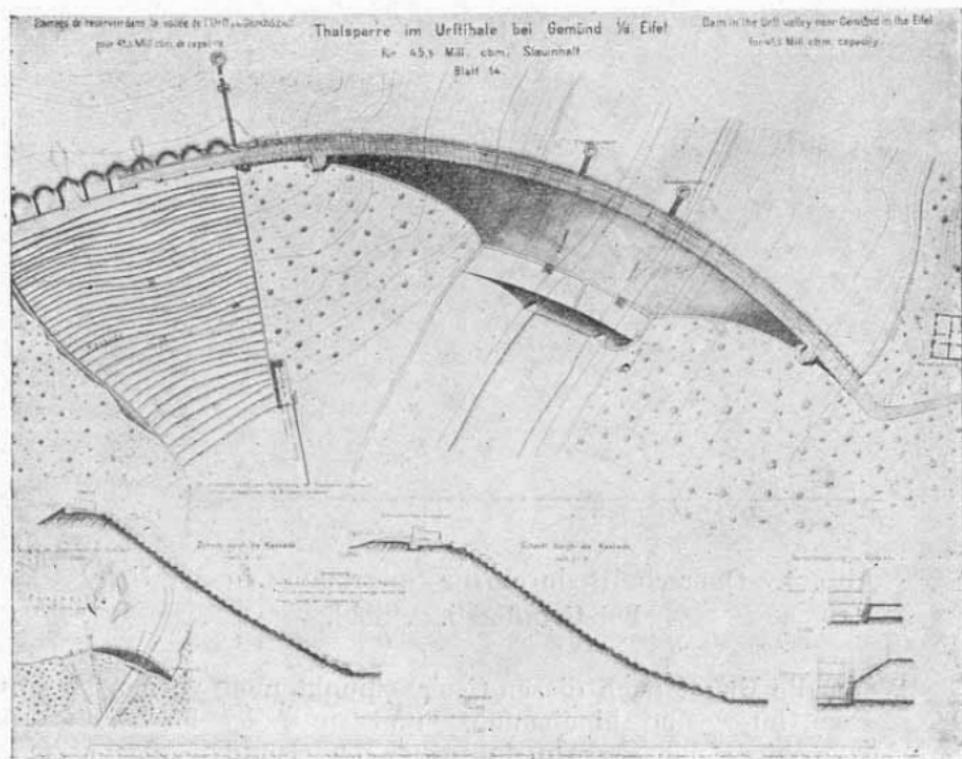


Abb. 5. Grundriß der Talsperre im Urftthale bei Gemünd i. d. Eifel.

durch Wärmespannungen oder andere Einflüsse sich Risse bilden, die in mehr oder weniger senkrechter Lage die Mauer in ganzer Stärke durchsetzen können. Dadurch wird sie in einzelne Teile getrennt, die bei sonst ungünstigen Verhältnissen umgekippt oder hinausgeschoben werden und damit die Zerstörung der ganzen Anlage einleiten können. In dieser Weise ist tatsächlich die Mauer von Bouzey in Frankreich im Jahre 1895 zerstört.*) Um die Bildung von Rissen zu vermeiden, gibt man den Talsperren im Grundriß zweckmäßig die Form eines Gewölbes, für welches die seitlichen Talhänge natürliche Widerlager bilden (Abb. 5). Dehnt sich die Mauer im Sommer

*) Vergl. Zentralblatt der Bauverwaltung 1895, S. 191, 211, 528.

oder bei leerem Becken aus, so vergrößert sie um etwas ihre Pfeilhöhe; zieht sie sich bei Kälte zusammen, so werden ihre einzelnen Teile dadurch und durch den im gleichen Sinne wirkenden Wasserdruck keilförmig nach vorn geschoben, ohne daß sich Fugen oder Risse bilden können. Verschiedentlich ist diese Gewölbewirkung gekrümmter Mauern benutzt, um die letzteren schwächer ausführen zu können. Mit Recht haben indes die deutschen Talsperrenbauer die Gewölbeform nur als eine Vermehrung der Standfestigkeit ihrer Bauwerke betrachtet und sie im übrigen nur angewendet, um die Bildung von Rissen zu vermeiden.



Abb. 6. Sengbachtalsperre bei Solingen.
Hauptspermmauer. Dezember 1903.

Zur Ausrüstung einer Sperrmauer gehören nun zunächst die Entnahmeröhre für das Nutzwasser. Sie sind meist in doppelt angeordneten Rohrstollen verlegt, die den Fuß des Bauwerks durchbrechen. In besonderen hinter der Mauer hochgeführten Türmen werden die Abschlussschieber mit dem nach oben führenden Gestänge angeordnet. In den am luftseitigen Ende der Rohrstollen vorgebauten Häuschen befindet sich außerdem ein Ersatzschieber. Besondere Vorsicht wird verwendet beim Abschluß der Rohrstollen gegen den Beckeninhalt, und zwar durch kräftige ringförmige Mauerstücke, die sich durch den Wasserdruck wie Pfropfen in das Talsperrenmauerwerk hineinpressen.

Von großer Wichtigkeit sind ferner die sonstigen Entlastungsvorrichtungen. Soll ein Becken aus irgend einem außergewöhnlichen Grunde entleert werden, so geschieht dies entweder durch

die bereits erwähnten Entnahmerohre für Nutzwasser oder durch besondere Entlastungsrohre, die mit in die Rohrstollen eingelegt werden. Außerdem ist aber auf alle Fälle wenigstens ein Überlauf anzuordnen, der etwas tiefer liegt als die Oberkante der Sperrmauer und so reichlich bemessen sein muß, daß er bei gefülltem Becken alles noch weiter hinzuströmende Wasser selbst bei stärksten Niederschlägen auch dann abführen muß, wenn die tief gelegenen Entlastungsrohre nicht betriebsfähig sein sollten. Diese Überläufe können entweder, wie es bei der Sengbach- (Abb. 6) und Urfttalsperre geschehen ist, neben die Mauer gelegt werden, so daß das abzuführende Wasser seitlich am Hange auf befestigten Gefällstufen hinabfließt, oder sich auch, wie bei der Ennepetalsperre (Abb. 7) auf einem Teile

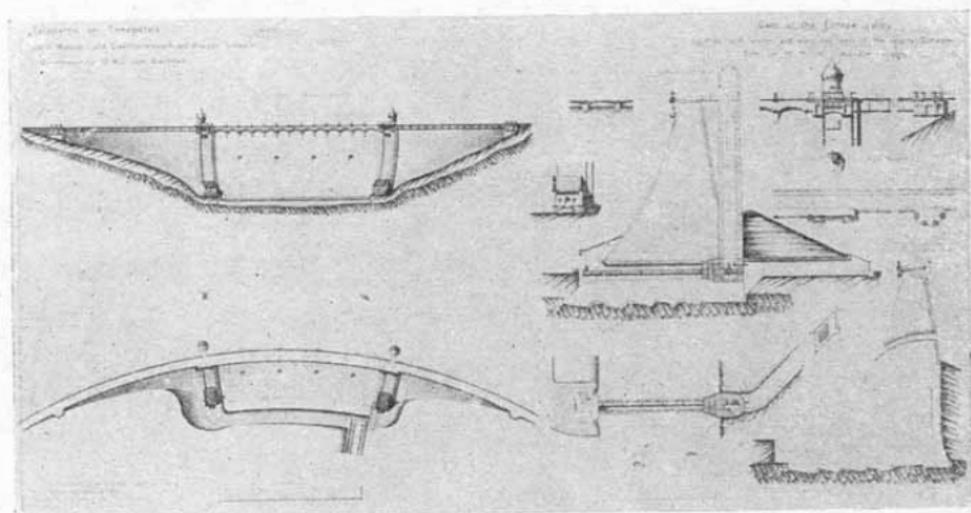


Abb. 7. Talsperre im Ennepetal.

der Mauer selbst befinden. Dieser ist dann tiefer gehalten als die sonstige Krone, wird in abgerundeter Form zum Überfallen von Wasser geeignet gemacht und ist außerdem mit einer Brücke überdeckt, die dem Stauwärter oder etwa sonst zugelassenem öffentlichen Verkehr den Übergang gestattet. An einigen neuen Talsperren sind auf Veranlassung der aufsichtführenden preußischen Verwaltung noch besondere Sicherheitsvorkehrungen derart getroffen, daß es möglich ist, bei schadhafte, in der Ausbesserung begriffenen oder sonst besonderer Vorsicht bedürftigen Mauern den auf ihnen lastenden Wasserdruck zeitweise auf etwa die Hälfte zu ermäßigen, ohne doch die ganze Talsperre außer Betrieb setzen zu müssen. Dies wird erreicht durch Öffnungen in der Mauer, die im mittleren Drittel der Höhe so groß angebracht sind, daß sie bei einem etwa $\frac{7}{10}$ der höchsten Stauhöhe entsprechenden Wasserspiegel noch imstande sind, die größte zu erwartende Zuflußmenge abzuführen. Sind diese für gewöhnlich durch Schützen verschlossenen Auslässe geöffnet, so kann sich der Stauspiegel nie über die angegebene ermäßigte Höhe erheben, und der dann auf die Mauer wirkende Gesamtdruck schneidet

sowohl die Gründungslinie wie alle übrigen Wagerechten des Mauerquerschnitts etwa in der Mitte, so daß gar kein Bestreben, die Mauer zu kippen, vorhanden und damit gesteigerte Sicherheit auch bei geschwächten Mauern gegeben ist.

In besonderer Weise sind die Überfälle bei der Queistalsperre in Marklissa ausgebildet. Hier stürzt das überschüssige Wasser durch zwei in Felsen ausgehauene und mit Eisen gepanzerte Schächte in zwei große Stollen, die seitlich in den Berghängen um die Mauer

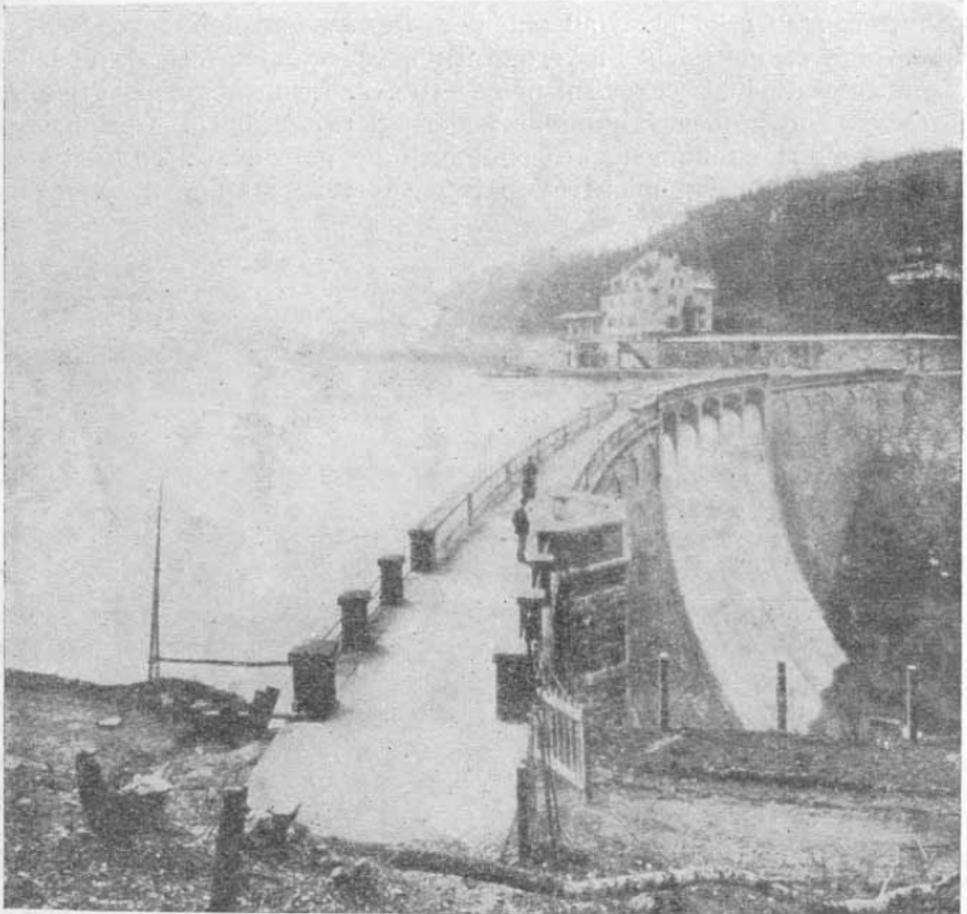


Abb. 8. Fühlbecke bei Altena. März 1898.

herumgeführt sind und während des Talsperrenbaues außerdem den Zweck hatten, das von oben zufließende Wasser ohne Berührung der Baustelle zu Tal zu leiten.

Die von Intze angewendete Dichtung des Talsperrenmauerwerks besteht bei den neueren Anlagen aus einem Siderosthen-Anstrich auf Putz, der durch eine dünne Steinschicht gegen Beschädigungen geschützt wird. Dahinter sind im Mauerwerk der eigentlichen Talsperre senkrechte Drängrohre angeordnet, die vereinigt den Rohrstollen zugeführt werden. Hier kann man also ständig beobachten, ob die Durchlässigkeit der Mauer zu- oder abnimmt.

Außerhalb Deutschlands hat man auch Eisenplatten zur Dichtung verwendet und neuerdings brachte Ziegler-Klausthal eine nur 1 bis $1\frac{1}{2}$ mm starke, in Zementmörtel gebettete Stahlblechhaut in Vorschlag.

Diese Einrichtung würde hauptsächlich für den Fall in Frage kommen, daß Talsperren aus Eisenbeton hergestellt werden. Anregungen hierzu sind mehrfach gegeben, und es dürfte sich empfehlen, mit einer geeigneten Form an einer kleineren Talsperre zunächst einen Versuch zu machen. Soll dabei der Hochwasserüberfall auf der Mauer selbst liegen, so ist allerdings eine Form des Überfalls anzustreben, bei der die Eisenbetonmauer möglichst geringe Erschütterungen erleidet. Daß eine derartige Überströmung von Wasser über eine Mauer sich in verhältnismäßig ruhiger Weise vollziehen kann, zeigt die Fülbecker Talsperre (Abb. 8). Erfahrungen bei größeren Anlagen und großer Strahldicke fehlen allerdings noch. Geeignet erscheint die Herstellung aus Eisenbeton oder ganz aus Eisen besonders in Gegenden, in denen mit Erdbeben gerechnet werden muß.

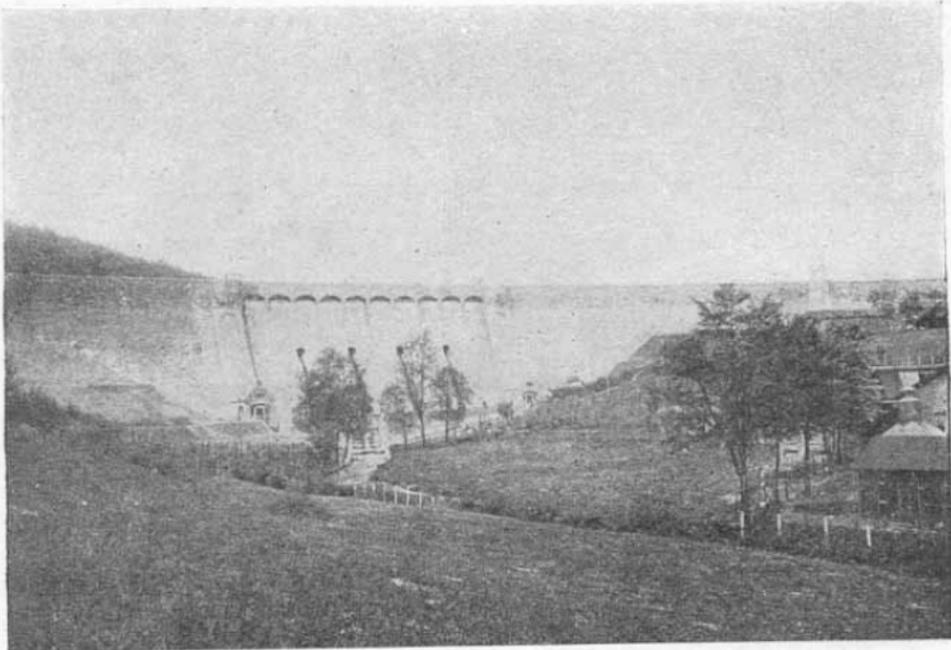


Abb. 9. Hennetalsperre bei Meschede a. d. Ruhr.

Einige Bemerkungen mögen noch über die zu Staumauern geeigneten Baustoffe folgen und an der Ausführung der Mescheder Talsperre erläutert werden. Alle sonst für Wasserbauten verwendeten natürlichen und künstlichen Bausteine sind zulässig, sofern sie nur schwer und wenig durchlassend sind, sowie hinreichend großen Druck aushalten. Wetterbeständigkeit ist erwünscht, und dringend erforderlich für alle an den Außenflächen verwendeten Steine. Es ist aber durchaus nicht nötig, daß an den sichtbaren Stellen mit regelmäßigen, glatten Schichten gearbeitet wird; rauhes Mauerwerk kann ebenso dicht hergestellt werden und paßt sich der landschaftlichen Umgebung in der Regel besser an (Abb. 9). Beton wird meist nur zum Aus-

füllen von Felsspalten und zur Abgleichung von Gründung-flächen benutzt, im übrigen aber meist Bruchsteinmauerwerk, das in recht reichlichem und fettem Mörtel hergestellt wird. Dieser muß hydraulische Eigenschaften haben. Als Bindemittel können verwendet werden: Zement, Kalk und Traß in verschiedener Vereinigung und Zusammensetzung. Sehr gut haben sich Traßkalkmörtel bewährt, die in der letzten Zeit meist im Mischungsverhältnis von 1 Raumteil Fettkalk, $1\frac{1}{2}$ Raumteilen Traß und $1\frac{3}{4}$ Raumteilen Sand gemischt wurden. Der Traßkalkmörtel hat den Vorzug vor dem reinen Wasserkalk, daß er durch Schwitzwasser nicht so leicht ausgelaugt wird, vor Zement-

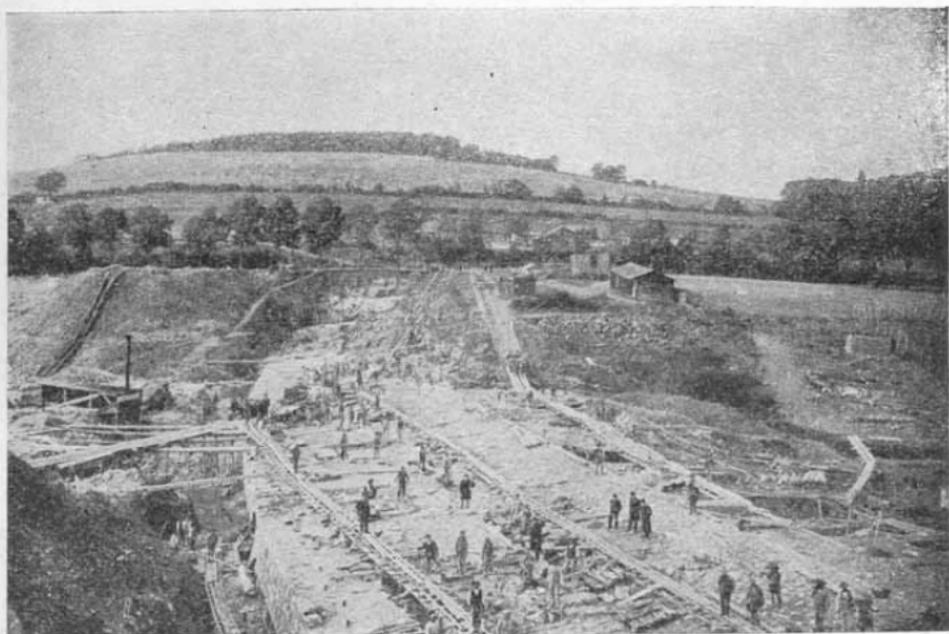


Abb. 10. Hennetalsperre bei Meschede a. d. Ruhr.

mörtel, daß er langsamer abbindet, bei geringer Lockerung nach dem ursprünglichen Verlegen innerhalb einiger Zeit doch wieder anhaftet und fest wird, sowie der Mauer eine größere Elastizität verleiht, wenn sie später unter dem Einflusse des wechselnden Wasserdruckes und der Wärmeschwankungen Bewegungen unterliegt. Wo Traßkalkmörtel sich zu teuer stellt oder wo ein schnelles Abbinden erwünscht ist, wird Zementmörtel den Vorzug verdienen, der gegebenenfalls durch Kalkzusatz, noch besser aber nach den Michaelisschen Untersuchungen durch Traßbeimischung geschmeidiger und vielfach auch billiger gemacht werden kann. Zementmörtel mit Traßzusatz ist z. B. bei der Queistalsperre verwendet. Wird reiner Zementmörtel benutzt, so kann man von Anfang an Fördergerüste neben oder über der ganzen Länge der Mauer nicht entbehren, damit durch das Verbringen der Baustoffe auf dem eben fertiggestellten Mauerwerk entlang dieses nicht wieder gelockert wird. Weniger ängstlich braucht man aus dem oben angegebenen Grunde bei Traßmörtel zu sein (Abb. 10); hier

wird ein leichteres Baugerüst in der Regel nur nötig beim obersten schmalen Teil der Mauer und beim Verputzen und Dichten der wasserseitigen Fläche (Abb. 11). Auch bei winterlichen Unterbrechungen hat sich Traßmörtel bewährt; bei guter Abdeckung und Reinigung der Oberfläche vor Wiederaufnahme der Mauerarbeiten läßt sich die Winterfuge später nicht mehr erkennen.

Auf alle Einrichtungen und Vorsichtsmaßregeln, die bei der Herstellung des Mauerwerks getroffen werden müssen, wie z. B. sichere Ableitung des Bachwassers, Anlage von Steinbrüchen in der Nähe der Baustelle, Reinigen und Nässen der Steine u. dergl., kann der Kürze der Zeit halber nicht näher eingegangen werden.

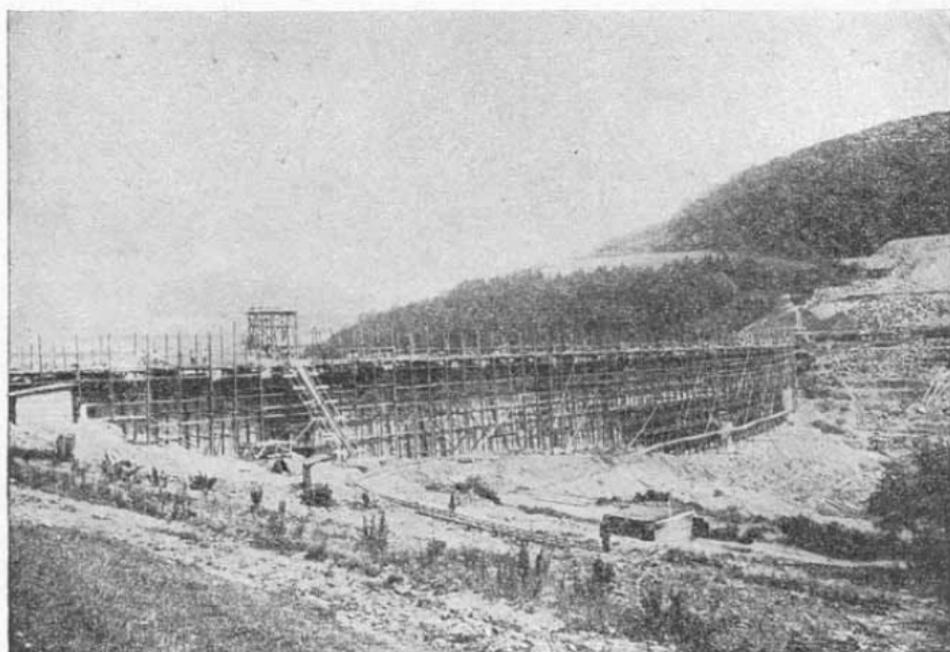


Abb. 11. Hennetalsperre bei Meschede a. d. Ruhr.

Dagegen mögen die wichtigsten Talsperren nach **Verwendungszwecken** geordnet vorgeführt werden, die in neuerer Zeit in Deutschland zur Ausführung gebracht sind. Zeitlich voran gehen die in den Reichslanden ausgeführten Vogesentalsperren, welche nach dem Entwurf und unter der oberen Leitung des Ministerialrats Fecht in Straßburg im Alfeld- und Fechtale erbaut sind.)* Sie dienen sowohl der Bodenbewässerung wie der Kraftgewinnung und sind auf Kosten des Staates bei einem festen einmaligen Zuschuß der Beteiligten ausgeführt. Von der 100 000 cbm fassenden Alfeldtalsperre haben 41 industrielle Anlagen mit rund 100 m Gefälle und 10 qkm zu bewässernde Wiesenflächen Nutzen. Im Fechtale wurden in Ergänzung einiger bereits aus französischer Zeit stammender Teiche noch zwei neue Weiher von zusammen 1 050 000 cbm Inhalt angelegt.

*) Zeitschrift für Bauwesen 1889, S. 233 u. 529; 1893, S. 605.

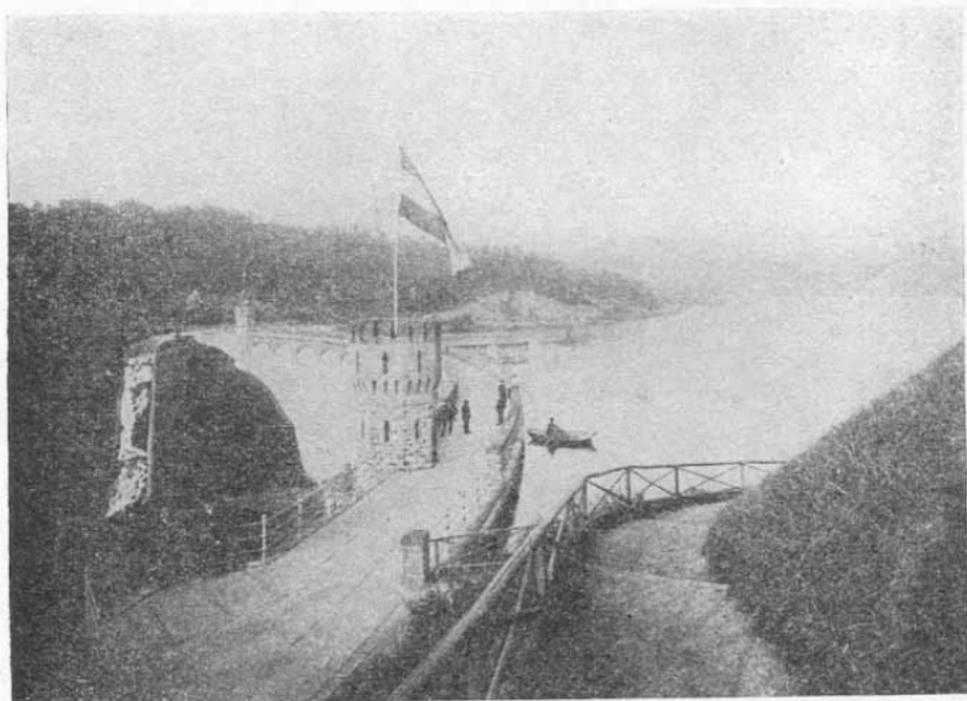


Abb. 14. Eschbachtalsperre bei Remscheid. Januar 1892.

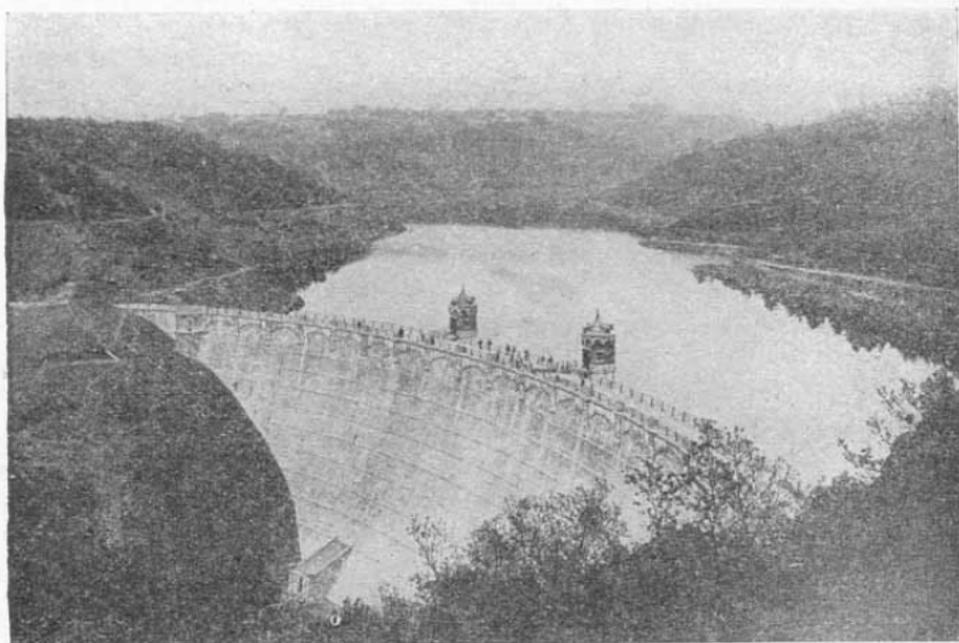


Abb. 15. Sengbachtalsperre bei Solingen. Mai 1903.

die zweite bei einem Fassungsraum von 770 000 cbm im Jahre 1905 und die dritte bei 775 000 cbm Inhalt 1905 fertiggestellt sind, während die vierte von 3,3 Mill. cbm Inhalt noch im Bau ist.

Gleichzeitig zur Trink- und Kraftwasserversorgung bestimmt sind die zahlreichen Talsperren, die von Intze in Rheinland und Westfalen erbaut wurden (Abb. 13). Im ganzen sind hier 17 Talsperren mit einem Gesamtvolumen von rund 90 Millionen cbm Inhalt bereits fertiggestellt, davon 7 im Wupper-, 9 im Ruhrgebiet und 1 an der Urft i. d. Eifel. Die Gesamtbaukosten dieser Anlagen haben mehr als 30 Millionen Mark betragen. Der Anfang wurde im Eschbachtal bei Remscheid gemacht zur Erweiterung des städtischen Wasserwerks (Abb. 14). Die herrlich gelegene Remscheider Talsperre ist seit jener Zeit ein wahrer Wallfahrtsort für Talsperrenfreunde geworden; für die Umwohner bildet sie eine der besuchtesten Erholungsstätten. Ihr reißen sich die Anlagen im Panzertal bei Lennep, im Bevertal bei Hückeswagen, im Lingesetal bei Marienheide, im Salzbachtal bei Ronsdorf, im Herbringhausertal und im Sengbachtal bei Solingen an. Die Solinger Anlage (Abb. 15) ist besonders bemerkenswert durch die vielseitige Verwendung des aufgespeicherten Wassers, das in langer Leitung über Berg und Tal geführt wird und selbst die Kraft erzeugt, die einen Teil des Staubeckeninhalts in den Hochbehälter von Solingen befördert.

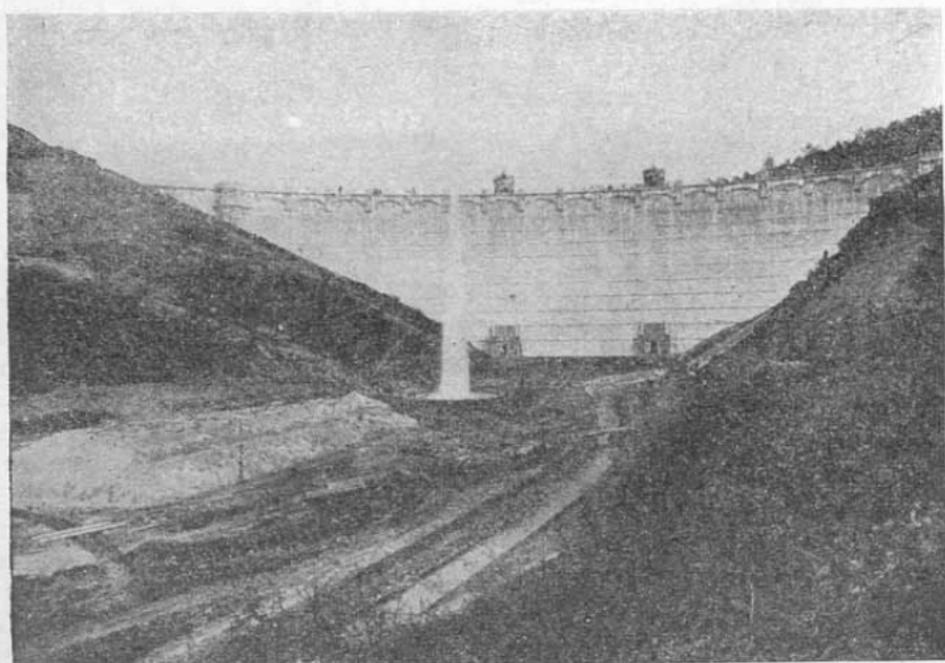


Abb. 16. Sengbachtalsperre bei Solingen. Mai 1903.

Befürchtungen sind laut geworden, daß das in Stauweihern aufgespeicherte Wasser zur Trinkwasserversorgung nicht geeignet sei, da unreine Zuflüsse und die Bildung von Krankheitskeimen im Weiher selbst nicht gehindert werden könnten. Zur Vermeidung von Unzuträglichkeiten und Gefahren wird deshalb darauf gesehen, daß das Niederschlagsgebiet möglichst unbewohnt und von mensch-

lichen und tierischen Abgängen freigehalten wird. Die zu überstauenden Flächen werden von Pflanzenwuchs vollständig befreit, Strauchwerk sowie abgestochener Rasen verbrannt und die so gereinigten Flächen wenigstens in der Nähe der Mauer und der Entnahmetürme mit Steinschotter bedeckt. Das entnommene Wasser wird unterhalb der Talsperre vielfach in Form eines Springbrunnens mit der Luft in Berührung gebracht (Abb. 16) und, durch Sauerstoff angereichert, demnächst über natürliche Rieselfelder oder, wie z. B. in Remscheid und Chemnitz, auf künstliche, überdeckte Filteranlagen geleitet. Durch diese Einrichtungen wird die Keimzahl des Wassers erheblich herabgesetzt. Wie die Untersuchungen von Professor Kruse-Bonn übrigens gezeigt haben, hat das Talsperrenwasser, in einer gewissen Tiefe entnommen, ohnehin sehr wenig Keime, so daß in vielen Fällen eine Nachfiltration aus diesem Grunde kaum erforderlich erscheint.

Neben den Zwecken der Wasserversorgung und Kraftgewinnung wurde auch eine wesentliche Verminderung der Hochwassergefahren des Wuppergebiets erreicht. Von besonderem Wert aber ist es, daß die regelmäßige Wasserführung in den kleinen Flüssen und Bächen die alten Eisenhämmer und sonstigen Kraftwerke in den Tälern der Grafschaft Berg und des Sauerlandes zu neuer Tätigkeit erweckt und die dort seit Jahrhunderten angesiedelte Kleinindustrie befähigt hat, mit dem Großbetrieb der Neuzeit wieder in erfolgreichen Wettbewerb zu treten.

Der Inhalt der Stauweiher im Wuppergebiet schwankt zwischen 117 000 und 3,3 Millionen cbm.

Eine hervorragende Bedeutung haben auch die Anlagen im Ruhrgebiet. Die Beschaffung von Trinkwasser für das große rheinisch-westfälische Industriegebiet zwischen Ruhr und Lippe begegnet immer größeren Schwierigkeiten, da mit Ausnahme der Ruhr die meisten Flüsse und Bäche durch Bergbau und Industrie stark verunreinigt sind und dem Untergrunde ausreichende einwandfreie Wassermengen nicht entnommen werden können. Da die Lippe durch verhältnismäßig starken Salzgehalt für die Wasserversorgung fast ganz ausscheidet, so ist das Industriegebiet im wesentlichen auf das Wasser der Ruhr angewiesen, und in deren kiesiger Talsohle haben sich seit Jahrzehnten die Wasserwerke großer Städte, wie Essen, Dortmund, Bochum usw. oder bedeutender Wassergesellschaften, die eine große Anzahl von Gemeinden einheitlich versorgen, angesiedelt. Die Ruhr vermochte auf die Dauer der starken Wasserentnahme nicht mehr zu genügen; sie würde im unteren Laufe während des Sommers vollkommen trocken sein, wenn nicht unter wesentlicher Mitwirkung des früheren Regierungspräsidenten in Düsseldorf, jetzigen Finanzministers Freiherrn v. Rheinbaben, des Geheimrats Intze, des Oberbürgermeisters Zweigert (Essen) und anderer weitblickender Männer ein Ruhrtalsperrenverein gegründet wäre, der aus wesentlich zu diesem Zweck erbauten Talsperren der Ruhr in trockenen Zeiten Zuschußwasser zuführt. Es ist außerordentlich hoch anzuerkennen, daß alle Beteiligten sich mit einer freiwilligen Steuer entsprechend der Höhe ihrer Wasserentnahme belastet haben, die von anfänglich 1½ Pfennig

jetzt auf 4 Pfennig für je 10 cbm gesteigert ist, und allein im Jahre 1906 reichlich 400 000 Mark eingebracht hat. Aus dieser Einnahme wurden Genossenschaften unterstützt und zur Anlage von Talsperren angeregt, wobei neben der Zuführung von Wasser zur Ruhr auch andere Zwecke, wie Anlage von Kraftwerken, bessere Ausnutzung vorhandener Mühlen u. dergl. verfolgt werden konnten. Neuerdings will der Ruhrtalsperrenverein auch selbst Talsperren erbauen und in Betrieb nehmen, insbesondere ist im Tal der Möhne, einem nördlichen Nebenfluß der Ruhr, ein Stauweiher von 118 Millionen

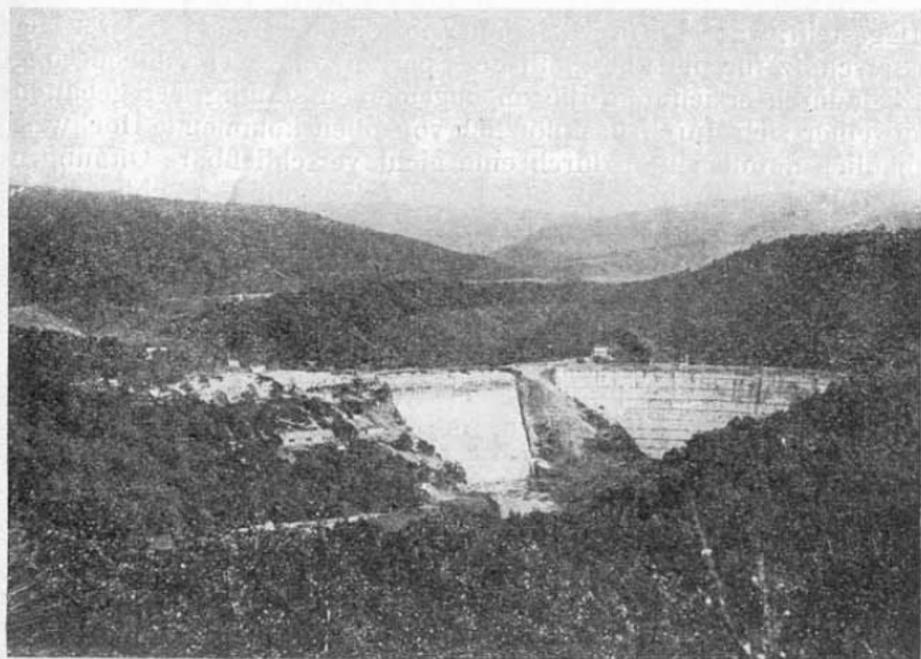


Abb. 17. Urfttalsperre bei Gemünd i. d. Eifel. Oktober 1903.

Kubikmeter zur Ausführung bestimmt. Von den neun bisher im Ruhrgebiet erbauten Talsperren sind die im Ennepetal und im Hennetal bei Meschede die größten und fassen je etwa 10 Millionen Kubikmeter.

Die bereits mehrfach erwähnte Urfttalsperre (Abb. 17) dient der Kraftgewinnung verbunden mit Hochwasserschutz. Die Stadt Aachen und die Landkreise Aachen, Düren und Schleiden haben sich zusammengetan und mit einem Kostenaufwande von rund 8 Millionen Mark diese 45 Millionen Kubikmeter haltende Talsperre, ein Kraftwerk für 12 000 bis 16 000 Pferdestärken, und die nötigen Verteilungsleitungen angelegt. Sie haben den zur Zeit bei weitem größten Stauweiher Deutschlands geschaffen.

Dem Hochwasserschutz sollen in erster Linie die in Schlesien an dem Bober, dem Queis und der Katzbach, linkseitigen Zuflüssen der Oder, geplanten Stauweiher dienen. Uns allen sind noch die gewaltigen Zerstörungen in Erinnerung, die die Hochwasserfluten

des Sommers 1897 in den schlesischen Gebirgstälern verursacht haben. Insgesamt sollen für Talsperrenanlagen und Regelung nichtschiffbarer Flüsse auf Grund des Gesetzes vom 3. Juli 1900 rd. 39 000 000 Mark, darunter 12 500 000 Mark für Staubecken, verwendet werden, von denen der Staat $\frac{4}{5}$ und die Provinz Schlesien $\frac{1}{5}$ übernommen haben. Im ganzen sind 17 Talsperren geplant, davon 6 Mauern und 11 Erd-dämme. Das Gesamtfassungsvermögen der 17 Stauweiher beträgt etwa 80 Millionen Kubikmeter. Die größten Anlagen sind die im Bober bei Mauer, wo 50, und die im Queis bei Marklissa, wo 15 Millionen Kubikmeter aufgespeichert werden sollen. Die Talsperren von Marklissa, Buchwald, Herischdorf, Warmbrunn und Grüssau sind bereits fertiggestellt, während die bei Mauer im Bau begriffen ist. Der Hochwasserschutz für die unterhalb der Sperren gelegenen Talniederungen wird dadurch erzielt, daß die im allgemeinen ständig leer gehaltenen Stauweiher sich durch das plötzlich von oben kommende Hochwasser allmählich anfüllen und durch eine nicht verschließbare Öffnung nur so viel Wasser durchlassen, wie der unterliegende Flußschlauch ohne Gefahr für die Niederungen, d. h. also im allgemeinen bordvoll, abführen kann. Der Inhalt des Staubeckens ist so groß bemessen, daß die über dieses Maß hinausgehende Hochwassermenge vollkommen Platz finden kann. Überall ist das bekannte höchste Hochwasser, dasjenige von 1897, der Berechnung zugrunde gelegt. Nach Verlauf der Hochflut läuft das aufgespeicherte Wasser in einigen Tagen durch die offenstehenden Auslässe ab, und das Becken steht für neu eintretende Hochwässer wieder zur Verfügung. Nur an den Talsperren bei Marklissa (Abb. 18 u. 19) und Mauer ist auch eine beschränkte Ausnutzung der Wasserkraft derart vorgesehen, daß ein Teil des angesammelten Wassers, und zwar bei Marklissa 5 Millionen, bei Mauer 20 Millionen Kubikmeter aufgespeichert bleiben sollen, um zur Erzeugung von Elektrizität in einem am Fuße der Talsperren gelegenen Kraftwerke allmählich verwendet zu werden.

Stauweiher zur Speisung von Schiffahrtskanälen sind in Deutschland bisher nur in Elsaß-Lothringen vorhanden und dort 1870 von der französischen Regierung übernommen. Im Anfange der achtziger Jahre ist der große Stauweiher von Gondrexange, der auf der Wasserscheide zwischen Rhein und Mosel liegt und durch den die von ihm zu speisende Scheitelstrecke des Rhein-Marne- und Saarkohlenkanals hindurchgeführt ist, wesentlich erhöht und sein Fassungsvermögen, soweit es über dem Kanalwasserspiegel liegt, auf 13 Mill. Kubikmeter gebracht.

In großem Maßstabe ist die Speisung des Rhein-Weserkanals durch Talsperren von teilweise außergewöhnlichen Abmessungen vorgesehen, die im oberen Quellgebiet der Weser angelegt werden. Sie haben insofern noch besondere Bedeutung, als sie zu gleicher Zeit den Niedrigwasserstand des genannten Stromes verbessern, die Hochwassergefahr in der Eder, Fulda und Weser bis hinab in die Marschen oberhalb Bremens vermindern und außerdem eine bedeutende Kraftanlage mit Druckwasser versorgen sollen. Die Weser, die bei Münden am Zusammenfluß der Fulda und Werra nur ein Niederschlagsgebiet von rund 12 500 qkm und bei gemitteltem Niedrig-



Abb. 18. Talsperre bei Marklissa.
Oberansicht der Mauer (Becken gefüllt).

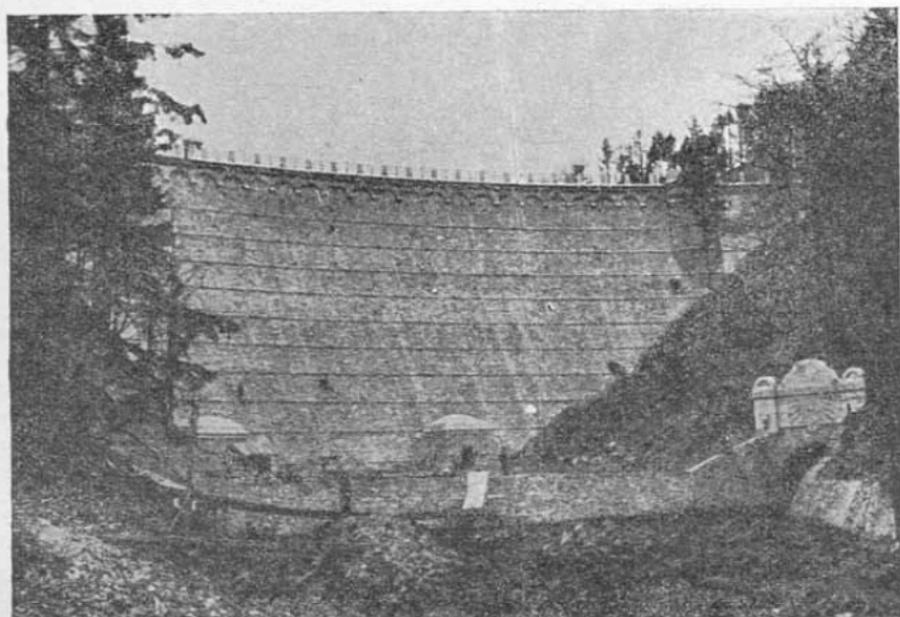


Abb. 19. Talsperre bei Marklissa.
Ansicht der fertigen Mauer von unterhalb.

wasser eine Wasserführung von 22 cbm/Sek. besitzt, wird trotz dieser ungünstigen örtlichen Verhältnisse von Schiffen befahren, die schon jetzt 500, ja sogar bis zu 700 Tonnen tragen und in ihren Abmessungen den Kälmen auf dem Dortmund-Emskanal nahekommen. Der Güter-

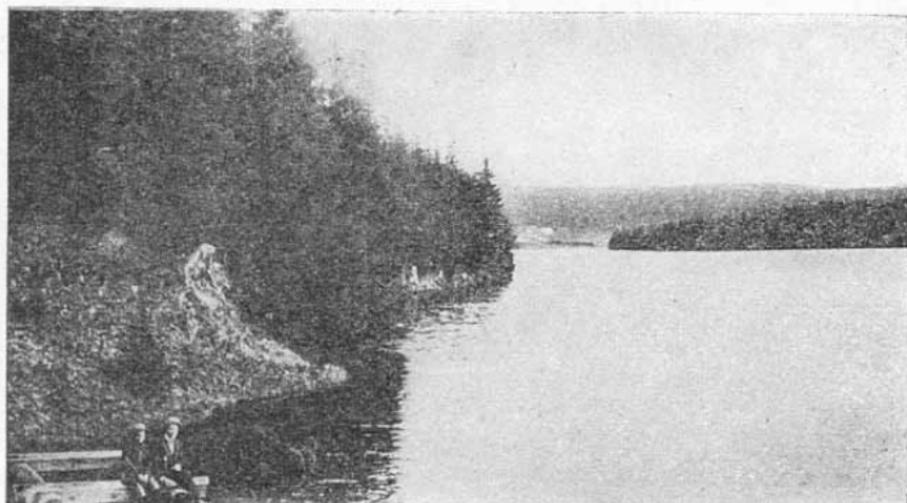


Abb. 20. Der Prinzenteich bei Klausthal
im Harz.

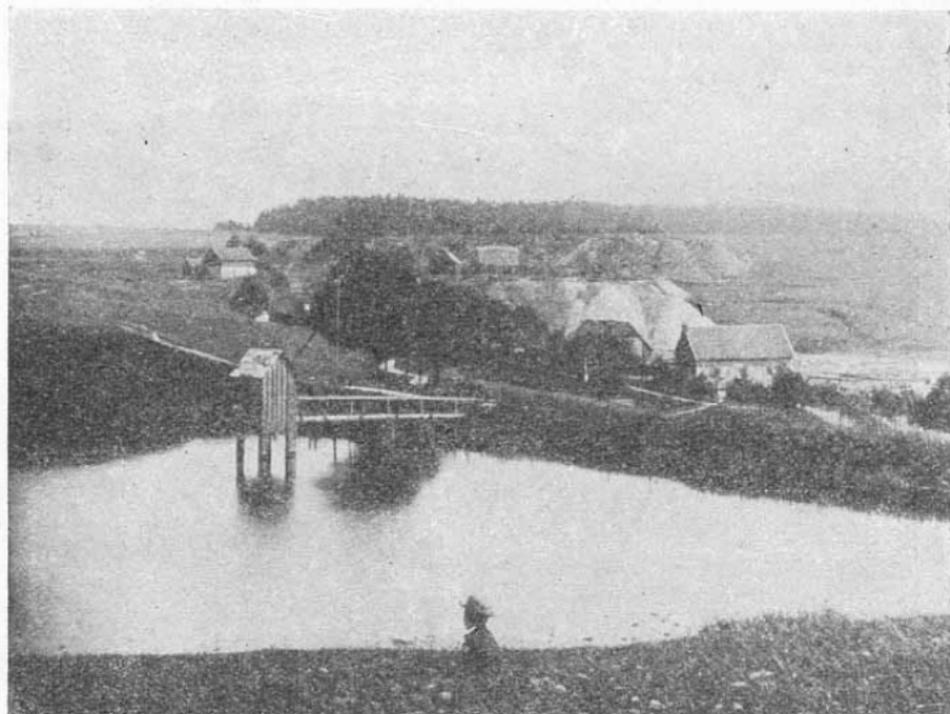


Abb. 21. Karls Teich bei Osterode a. Harz.

verkehr wird sich ganz wesentlich vermehren, wenn der Rhein-Weserkanal fertiggestellt und bei Minden die Möglichkeit gegeben sein wird, die großen Kanalschiffe auf die Weser zu überführen. Um einen derartigen Wechselverkehr zwischen Kanal und Strom nutzbringend zu gestalten, war früher beabsichtigt, die Weser von Hameln bis Minden

auf Kosten Preußens und von Minden bis Bremen auf Kosten Bremens zu kanalisieren. Dann würden auch keine Bedenken bestanden haben, der Weser auf der kanalisierten Strecke bei Rinteln unterhalb Hamelns das für die Speisung des Rhein-Weserkanals erforderliche Wasser zu entnehmen. Als indes der Mittellandkanal nur bis Hannover bewilligt wurde und infolgedessen die Verbindung der Weser mit der Elbe fortfiel, trat Bremen von der Kanalisierung der Weser unterhalb Mindens zurück. Die Entnahme von Kanalspeisewasser aus der Weser bei trockenen Zeiten konnte nun ohne weiteres nicht mehr in Betracht kommen, denn sowohl die Schifffahrt wie die anliegenden Ländereien vertrugen keine Senkung der ohnehin niedrigen Wasserstände. Man kam deshalb auf den Gedanken, die für die Kanalisierung der Strecke von Hameln bis Minden veranschlagten rund 20 Millionen Mark zur Anlage von Stauweihern im oberen Quellgebiet der Weser zu verwenden, und Bremen erklärte sich bereit, von diesen Kosten ein Drittel zu übernehmen. Es wird nun beabsichtigt, in mehreren Staubecken etwa 200 bis 250 Millionen Kubikmeter anzusammeln und diese in der sommerlichen Trockenzeit der Weser zuzuführen. Diese Wassermenge kommt dem oberen Lauf des Flusses von Münden bis Rinteln, der Entnahmestelle für den Rhein-Weserkanal, voll, und weil nur höchstens 75 Millionen Kubikmeter jährlich zur Speisung des Kanals zugeschossen werden müssen, unterhalb Rintelns noch mit etwa zwei Dritteln der Gesamtmenge zugute. Dies reicht aus, um — abgesehen von ganz ausnahmsweise trockenen Jahren — zu verhindern, daß die Weser später je unter den gemittelten Niedrigwasserstand fallen kann und um diesen außerdem um etwa 30 cm im oberen Lauf und 15 cm im unteren Lauf des Stromes zu erhöhen. Bei Hann.-Münden wird dann voraussichtlich mit einer geringsten Wassertiefe von 1,10 m und unterhalb Minden mit einer solchen von wenigstens 1,40 m gerechnet werden können. Das sind Wassertiefen, welche diejenigen der mittleren Elbe und Oder bei niedrigen Wasserständen übertreffen.

In erster Linie ist die Erbauung eines 170 bis 220 Millionen Kubikmeter fassenden Stausees an der Eder im Fürstentum Waldeck in Aussicht genommen, (Abb. 22). Die Verhältnisse sind dort außergewöhnlich günstig, so daß nur mit einer Anstauung von 40 bis 45 m und mit einer größten Mauerhöhe von der Sohle bis zur Krone von etwa 50 m gerechnet zu werden braucht. Der neu zu schaffende See wird eine Länge von reichlich 20 km sowie eine Oberfläche von 10 qkm haben. Leider müssen auch einige Dörfer ganz oder teilweise überstaut und etwa 800 Einwohner anderweitig angesiedelt werden. Maßnahmen hierzu sind bereits eingeleitet, so daß gehofft werden kann, die ländliche Bevölkerung dem Fürstentum zu erhalten. Wenn keine Hinderungen eintreten, wird diese Talsperre, die in Europa ihrem Inhalte nach nur von dem bereits erwähnten flachen Wolgabecken übertroffen und etwa das vierfache Fassungsvermögen der Stauweiher an der Urft und bei Mauer aufweisen wird, in fünf Jahren dem Betriebe übergeben werden können. Es ist zu erwarten, daß der neue Bergsee mit der vom hohen Fels auf ihn herabschauenden alten Burg Waldeck ein besonderer Anziehungs-

punkt des Fürstentums und des in der Nähe gelegenen Bades Wildungen werden wird.

In zweiter Linie kommt ein Staubecken an der Diemel in Betracht, das wahrscheinlich zwischen den Dörfern Helminghausen und Heringhausen bei Niedermarsberg angelegt werden wird und 30 bis 50 Millionen Kubikmeter fassen soll.

Endlich wird untersucht, ob im Werragebiet Talsperren angelegt werden können. Da indes nur solche von großem Fassungsvermögen bei billigem Einheitspreise für jedes Kubikmeter aufgespeicherten Wassers in Frage kommen können und die in Betracht kommenden Täler meist stark besiedelt sind, so wird die Errichtung großer und tiefer Staubecken voraussichtlich auf Schwierigkeiten stoßen. Es ist aber vielleicht möglich, dem Bedürfnis in anderer Weise zu entsprechen.

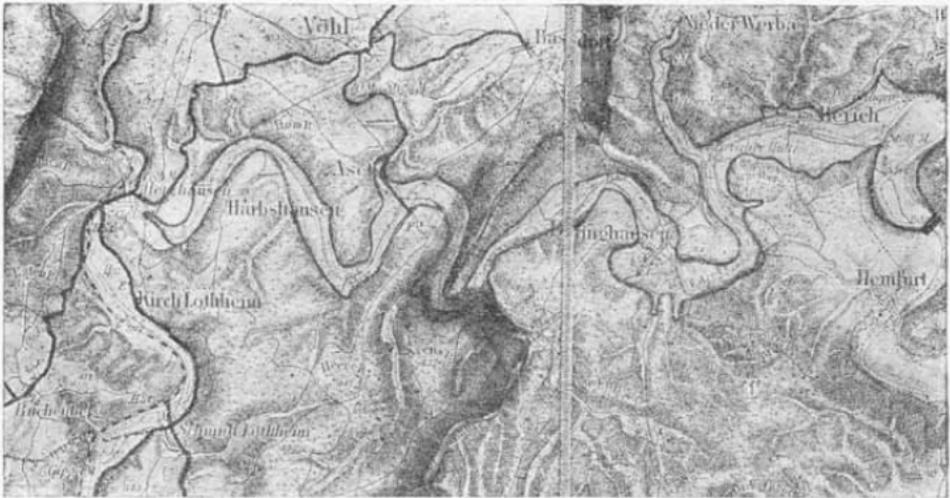


Abb. 22. Landkarte der Waldecker Talsperre.

Wie bei der Betrachtung der geologischen Verhältnisse erwähnt, werden Stauweiher, namentlich wenn die von ihnen zurückgehaltenen Wassermengen für spätere Verwendung längere Zeit aufbewahrt werden müssen, in möglichst wasserdichtem Gelände angelegt und Gegenden mit durchlässigen oder im Wasser sich auflösenden Felsschichten vermieden. Ein derartiger Untergrund ist aber, wie vielfach im Wesergebiet, so namentlich an der Werra häufig vorhanden. Hier versickert das Oberflächenwasser, tritt in der Regel später als Quelle im unteren Lauf der Bäche und Flüsse wieder zutage und bildet eine bei der Weser sehr ausgeprägte, in trockenen Zeiten erwünschte Speisung des Niedrigwassers. Es soll nun versucht werden, die der Anlage von Stauweihern eigentlich widersprechenden Eigenschaften des Werratales in der Weise auszunutzen, daß an geeigneter Stelle quer durch das Tal ein niedriger Damm, vielleicht von 4 bis 6 m Höhe, gezogen wird, hinter dem sich bei stärkerer Wasserführung ein Teil des Zuflusses ansammeln kann,

während nur ein mäßiger Bruchteil ungehindert abfließt. Man hat hier also einen ähnlichen Vorgang, wie bei den Hochwasserschutzbecken in Schlesien, nur mit dem Unterschiede, daß in den Werra-becken das Wasser länger zurückgehalten und zum Versickern in den Untergrund veranlaßt werden soll. Es ist dann zu erwarten, daß nach einiger Zeit die in den Untergrund gegangenen Wassermengen an irgend einer Stelle des Zuflußgebietes der Weser als vermehrte Quellenspeisung wieder zutage treten und sowohl den anliegenden Ländereien als auch der Niedrigwasserführung des Stromes und damit der Schifffahrt zugute kommen werden. Sollte, was nicht ausgeschlossen ist, bei diesem Verfahren gelegentlich eine nachteilige Verwässerung von Ländereien eintreten, so muß natürlich Entschädigung gewährt werden.

Die für die Weser angestellten Untersuchungen lassen, wenn sie auch durch Erfahrungen an deutschen Strömen noch nicht bestätigt sind, erkennen, daß in geeigneten Fällen die beabsichtigte Kanalisierung eines Flusses durch Zuschußwasser aus Talsperren ersetzt werden kann. Zwar wird hierdurch die Fahrtiefe bei Niedrigwasser kaum je auf ein gleiches Maß gebracht werden können, wie bei einer Kanalisierung, aber es werden auch die zahlreichen Schleusen eines kanalisierten Flusses vermieden, die der Schifffahrt einen langwierigen und kostspieligen Aufenthalt verursachen und dadurch Reisedauer wie Frachtkosten oft auf das Doppelte erhöhen. Rechnet man, daß die Ausgaben für die Kanalisierung eines Flusses bei den heutigen gesteigerten Anforderungen etwa 300 000 Mark für 1 km betragen und daß 200 km kanalisiert werden sollen, so ergeben sich Gesamtkosten von 60 Millionen Mark. Hierfür könnte man bei einem für sehr große Becken vielfach zutreffenden Einheitssatze von 12 Pf./cbm 500 Millionen Kubikmeter Wasser aufspeichern und damit in den meisten Fällen ganz erheblichen Gewinn für die Schifffahrt erzielen, wozu noch als Nebenvorteile die Verminderung des Hochwassers, die Gewinnung von Kraft und der Nutzen der anliegenden Ländereien aus der Erhöhung des Niedrigwasserstandes hinzutreten. Man sollte also, wenn die Verhältnisse im allgemeinen günstig zu liegen scheinen, nicht unterlassen, neben der Kanalisierung auch die Herstellung von Talsperren zu prüfen. Dabei kann es sich in der Regel nur um ganz große Anlagen handeln, und Stauweiherr von Hunderten Millionen Kubikmeter Inhalt müssen in solchen Fällen als das erstrebenswerte Ziel gelten. Daß dabei Dörfer zu überstauen sind, ist eine bedauerliche und kostspielige Nebenerscheinung. Trotzdem werden vollständig durchgeführte Kostenanschläge, wie sich auch bei der Eder-talsperre gezeigt hat, in vielen Fällen ergeben, daß der Einheitspreis für das Kubikmeter Wasser billig wird. Für die von ihrer Scholle vertriebenen Bauern wird sich aber, da doch immer nur deren Hunderte in Frage kommen, im eigenen Vaterlande meist wieder Gelegenheit zu vorteilhafter Ansiedlung bieten, ganz abgesehen davon, daß unsere Kolonien wahrscheinlich bald den landlos gewordenen, aber dafür in den Besitz ausreichender Geldmittel gelangten Bauern Gelegenheit zu erhöhtem wirtschaftlichen Aufschwunge in neuem deutschen Lande bieten werden.

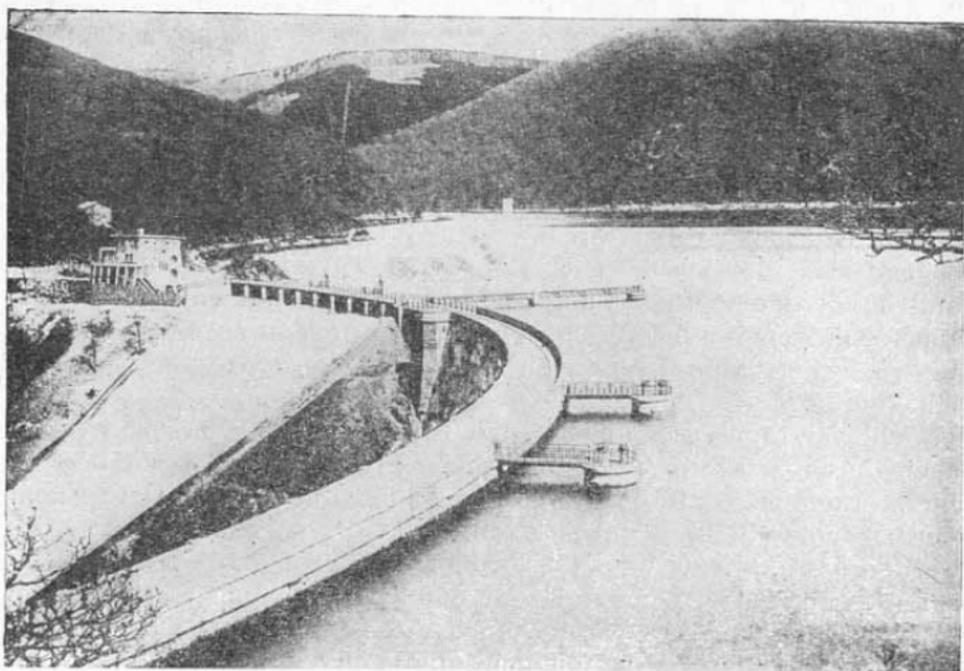


Abb. 23. Urftalsperre bei Gemünd i. d. Eifel.

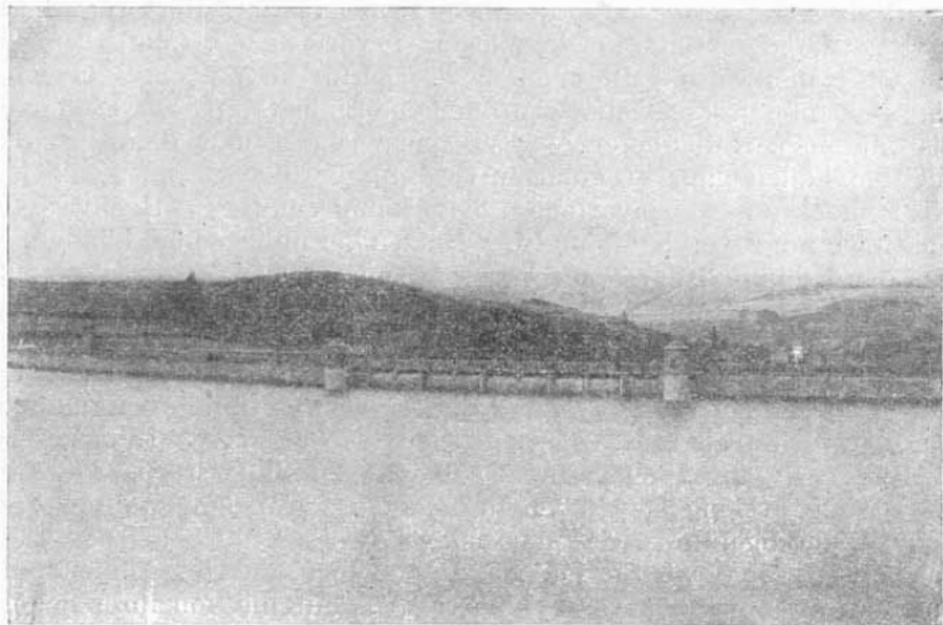


Abb. 24. Hennetalsperre bei Meschede a. d. Ruhr.

Zusammenfassend bemerke ich, daß in den letzten 20 Jahren in Deutschland etwa 25 Talsperren von insgesamt rund 120 Millionen Kubikmeter Inhalt mit einem Kostenaufwande von rund 30 Millionen Mark erbaut worden sind. Weitere 15 Talsperren mit etwa 400 Millionen

Kubikmeter Inhalt und rund 50 Millionen Mark Kosten sind im Bau oder bereits genehmigt, so daß Deutschland binnen kurzem etwa 40 neuere Talsperren mit zusammen reichlich 500 Millionen Kubikmeter



Abb. 25. Intze-Denkmal auf der Staumauer der Hennetalsperre bei Meschede a. d. Ruhr.

Fassungsvermögen aufweisen wird. Die Einheitskosten für 1 cbm aufgespeicherten Wassers bewegen sich zwischen 8 und 170 Pf., wobei der niedrigste Satz für die Edertalsperre und der höchste für den kleinen, zu Trinkwasserzwecken angelegten Stauweiher im Salbachtal

bei Ronsdorf gilt. Alle Kosten sind ohne die Ausgaben für Nebenanlagen, wie Kraftwerke, Wasserwerke und dergl. zu verstehen.

Der Talsperrenbau Deutschlands befindet sich also in starker Entwicklung. Überall regt es sich: in Preußen, in Bayern, in Sachsen, in Baden, in Thüringen, im Harz usw. Vergleicht man damit allerdings einige Anlagen in fremden Ländern, erwägt man, daß die Assuan-Talsperre in Ägypten mehr als 1000 und der Assyutdamm daselbst beinahe 800 Millionen Kubikmeter aufstaut, so stehen wir hinsichtlich der Größe der Aufgaben vorläufig noch am Anfange.

Man hat gegen die Talsperren vielfach das Bedenken erhoben, daß sie, meist in landschaftlich bevorzugter Gegend errichtet, die **Schönheit der Natur** durch häßliche Mauern, kahle Wasserflächen und nüchterne Fabrikgebäude zerstörten. In der Tat verdient dieser Gesichtspunkt volle Beachtung, denn nicht alle idealen Rücksichten sollen hinter das wirtschaftliche Bedürfnis und den Gelderwerb zurücktreten. Beherzigenswerte Worte hat in dieser Beziehung der Professor Schultze-Naumburg auf der Hauptversammlung der Gesellschaft zur Förderung der Wasserwirtschaft im Harze am 24. Oktober 1906 in Goslar gesprochen. Er gibt zu, daß Teiche in Gebirgstälern vielfach zur Bereicherung der Naturschönheit beitragen, er macht aber auf den Unterschied aufmerksam zwischen den viel kleineren älteren Anlagen, die sich dem Bestehenden eingliedern (Abb. 20 u. 21), und den neuen künstlichen Seen, die das landschaftliche Bild vollkommen beherrschen (Abb. 23 u. 24). Mit Dank erkennt er indes an, daß auch bei diesen neueren Bauten meist das Bestreben vorgewaltet hat, nicht nur zu zerstören, sondern für das Verlorene Ersatz zu schaffen. In den vorgeführten Bildern ist manche neue Schönheit zu finden. Die großen Anlagen an der Urft (Abb. 23) und bei Meschede (Abb. 24) fügen sich prächtig in die bergige Landschaft ein, und nicht zum wenigsten paßt sich das markige Denkmal (Abb. 25) der Umgebung an, das die Talsperrengenosenschaft der oberen Ruhr dem Professor Intze auf der Mauer in Meschede errichtet hat, ein Bildnis aus Erz — von Intzes Sohne geformt — umrahmt von dunkler Basaltlava und überragt von säulengetragenem Aufbau.