

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298715

HANDBUCH

der

INGENIEURWISSENSCHAFTEN

Dritter Teil

Der Wasserbau

Herausgegeben von

G. Franzius, A. Frühling (\dagger), E. Genzmer, Th. Koehn, Fr. Kreuter, Th. Rehbock,
O. Smreker, Ed. Sonne und G. de Thierry

Vierte, vermehrte Auflage

Zweiter Band

Stauwerke

2. Abteilung

Die Talsperren

Bearbeitet von

E. Mattern

Regierungs- und Baurat in Potsdam, Privatdozent an der Technischen Hochschule Berlin

herausgegeben von

Th. Rehbock

Oberbaurat, Professor an der Technischen Hochschule zu Karlsruhe i. B.

2. (Schluß-)Lieferung

Mit Textabbildung 276—351. Bogen 28—45 einschl. Sachregister und Titel



Leipzig und Berlin

Verlag von Wilhelm Engelmann

1913

E. Mattern
Die
Ausnutzung der Wasserkräfte

Technische und wirtschaftliche Grundlagen
Neuere Bestrebungen der Kulturländer

Zweite, sehr vermehrte Auflage.

Mit 256 Abbildungen im Text. 41 Bogen. gr. 8^o. Geheftet M 24.—.

In Halbfranz gebunden M 27.—.

In beiden Auflagen vom Königlichen Ministerium der öffentlichen Arbeiten in Berlin
in größerer Anzahl angeschafft.

**Schlepp-
und Schraubenversuche**
im Oder-Spreekanal
und im Groß-Schiffahrtweg Berlin-Stettin

Neue Gesichtspunkte für den
Schiffahrtsbetrieb auf Kanälen

Mit Genehmigung des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten veröffentlicht

von

E. Mattern

Regierungs- und Baurat in Potsdam
Privatdozent an der Techn. Hochschule Berlin

Max Buchholz

Königl. Regierungsbaumeister
Liepe-Finowkanal

Mit 89 Abbildungen, davon 16 auf Tafel I—IX und 3 als farbige Tafeln.
Lex. 8^o. VII u. 88 Seiten. Geheftet M 9.—; in Leinen gebunden M 12.—.

Oskar Teubert
Die Binnen-schiffahrt

alle Beteiligten

Band

Mit 538 Abbildungen u. 17 Wasserstraßenkarten
Lex. 8^o. VIII u. 664 Seiten. Broschiert M 24.—; in Leinen gebunden M 25.50.

HANDBUCH
DER
INGENIEURWISSENSCHAFTEN

in fünf Teilen.

Dritter Teil
D e r W a s s e r b a u

Begründet von
Ludwig Franzius (†) und Eduard Sonne

Herausgegeben

von

**G. Franzius, A. Frühling (†), E. Genzmer, Th. Koehn, Fr. Kreuter,
Th. Rehbock, O. Smreker, Ed. Sonne und G. de Thierry**

Vierte, vermehrte Auflage

Leipzig und Berlin
Verlag von Wilhelm Engelmann
1913

DER
WASSERBAU

III. Teil des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften

Zweiter Band
Stauwerke

Bearbeitet von

P. Gerhardt, K. E. Hilgard, E. Mattern und **Th. Rehbock**

Zweite Abteilung
Die Talsperren

Bearbeitet von

E. Mattern

Regierungs- und Baurat in Potsdam, Privatdozent an der Technischen Hochschule Berlin

herausgegeben von

Th. Rehbock

Oberbaurat, Professor an der Technischen Hochschule zu Karlsruhe i. B.

Vierte, vermehrte Auflage

Mit 351 Textabbildungen, vollständigem Sachregister und 2 lithographierten Tafeln

Leipzig und Berlin

Verlag von Wilhelm Engelmann

1913

Copyright 1913 by Wilhelm Engelmann in Leipzig und Berlin.



~~III 15220~~



III 306285

BPK-B-116/2017

Akc. Nr. 2646 / 50

Vorwort.

Dieses Buch versucht ein Gesamtbild der technischen und wirtschaftlichen Grundlagen der Talsperren zu geben. Es behandelt zunächst an den Beispielen neuerer Anlagen die mannigfachen Zwecke, denen die Wasseraufspeicherungen dienen. Die wasserwirtschaftlichen und geologischen Voruntersuchungen, die bei diesen Unternehmungen einen hervorragenden Platz beanspruchen dürfen, sind ausführlich besprochen. Daran schließen sich die Abhandlungen über die Bauweise und Berechnung der Stau-
mauern, Staudämme, eisernen und Eisenbeton-Sperren und der aufgelösten Bauart. Den baulichen Einrichtungen für die Durchführung des wasserwirtschaftlichen Betriebes, ferner der Bauausführung der Talsperren, die ihre Eigenart besitzt, sowie dem Betriebe sind besondere Abschnitte gewidmet. Im weiteren hat der Verfasser die wirtschaftlichen Grundlagen dargelegt, und zwar im engeren Rahmen die technische Wirtschaftslehre, die den Maßstab liefert für die Beurteilung der Einzelkonstruktionen und Baustoffe, im besonderen aber die Gesichtspunkte für die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlagen. Dieser Teil umfaßt allgemeine wirtschaftliche Betrachtungen, die Kosten und die Ertrags- sowie die Beitragskostenberechnungen. Die Erkenntnis ist heute in allen beteiligten Kreisen durchgedrungen, daß der Ingenieur hervorragend berufen ist, im Wirtschaftsleben schaffend und leitend mitzuarbeiten. Dazu muß man aber die Kenntnis der Grundauffassungen der Wirtschaftslehre besitzen, und darum darf auch das Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften sich nicht der Behandlung dieser Seite des Gegenstandes entziehen.

Der deutsche Talsperrenbau ist verhältnismäßig noch jung, und das Ausland nimmt bisher nur wenig Anteil an unseren Ausführungen. Aber über die ersten Erfahrungen sind auch wir hinaus und diese können im ganzen als erfreuliche bezeichnet werden. Die mitgeteilten wasserwirtschaftlichen und wirtschaftlichen Betriebsergebnisse tun dies dar, im Gegensatz zu manchen trüben Auffassungen, denen man heute zuweilen noch begegnet. Der Einfluß der Talsperren greift so ziemlich auf alle Zweige des Wasserbaues hinüber, und der Wasserausgleich gewinnt damit eine immer mehr zunehmende Bedeutung. Die Aufgaben werden stetig schwierigere, und als die ersten Probleme der Gegenwart und nächsten Zukunft erweisen sich die Wasseraufspeicherungen großen Stiles zum Ausgleich der Wasserführung der Ströme für die Schifffahrt und für den Hochwasserschutz der Täler. Solche Ziele verlangen eine weitschauende Auffassung und durchgreifende Mittel, und man wird nicht zurückschrecken dürfen vor Aufwendungen, die notwendig sind, um außerordentliche Stauräume zu schaffen. Das bedingt zum Teil eine Änderung der bisherigen Wirtschaftsweise und eine einheitliche Zusammenfassung der Wasserwirtschaft der ganzen Stromgebiete, unabhängig von den politischen

Grenzen. Die neuere deutsche Wassergesetzgebung, wie sie in dem Reichsgesetz betreffend den Ausbau der deutschen Wasserstraßen und die Erhebung von Schiffsabgaben vom 24. Dezember 1911 Ausdruck gefunden hat, bewegt sich in dieser Richtung. Dieses Gebiet ist darum im letzten Abschnitt der Schrift insoweit berührt, als dies vom Standpunkt des Ingenieurs von Interesse schien.

Möge das Buch anregen zur Vertiefung in den reichen Studienstoff, den die Tal-sperrren liefern. Die Literatur des Auslandes bietet in dieser Hinsicht viele Quellen der Forschung und Belehrung. Der deutsche Ingenieur darf auf dieser Bahn nicht zurückbleiben.

Potsdam, im August 1913.

E. Mattern.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften.

Dritter Teil.

Übersicht des Inhaltes der im Erscheinen begriffenen 4. Auflage:

I. Band. Gewässerkunde.

- I. Kapitel: Regen, Grundwasser, Quellen und stehende Gewässer.
- II. » Fließende Gewässer.
- III. » Praktische Hydraulik.

II. Band. Stauwerke.

- I. Kapitel: Allgemeine Betrachtung der Wehre.
- II. » Feste Wehre.
- III. » Bewegliche Wehre.
- IV. » Fischwege.
- V. » Talsperren.

III. Band. Wasserversorgung der Städte.

- I. Kapitel: Voruntersuchungen.
- II. » Allgemeine Anordnung der Wasserwerke.
- III. » Gewinnung, Reinigung und Aufspeicherung des Wassers.
- IV. » Leitung, Förderung und Verteilung des Wassers.
- V. » Wasserwerksbetrieb.

IV. Band. Entwässerung der Städte.

- I. Kapitel: Anlagen zur Abführung der Brauch- und Regenwässer.
- II. » Klärung und Reinigung der städtischen Abwässer.

V. Band. Binnenschifffahrt. Schifffahrtskanäle. Flußkanalisierung.

- I. Kapitel: Wasserstraßen. Flößerei und Binnenschifffahrt.
- II. » Binnenschifffahrtskanäle.
- III. » Kanalisierung der Flüsse.

VI. Band. Flußbau.

- I. Kapitel: Allgemeines.
- II. » Verbauung der Wildbäche.
- III. » Bändigung der Gebirgsflüsse.
- IV. » Verbesserung der schiffbaren Flüsse.

VII. Band. Landwirtschaftliche Bodenverbesserungen, Fischteiche, Flußdeiche, Deichbau und Deichschleusen.

- I. Kapitel: Landwirtschaftliche Bodenverbesserungen (Meliorationen).
- II. » Fischteiche.
- III. » Flußdeiche und sonstige Mittel zur Bekämpfung des Hochwassers der Flüsse.
- IV. » Seedeiche.
- V. » Deichschleusen (Siele).

VIII. Band. Schiffsschleusen.

IX. Band. Meer. Seeschifffahrt. Küsten.

- I. Kapitel: Das Meer.
- II. » Die Seeschifffahrt.
- III. » Die Küsten. Seeuferbau.

X. Band. Strommündungen. Seekanäle.

- I. Kapitel: Strommündungen mit schwacher Flut.
- II. » Strommündungen mit starker Flut.
- III. » Seekanäle.

XI. Band. Der Hafenaufbau.

- I. Kapitel: Binnenschiffshäfen.
- II. » Seeschiffshäfen.
- III. » Hafendämme, Ufermauern und Schiffsbauanstalten.

XII. Band. Seezeichen.

XIII. Band. Ausbau von Wasserkraften.

- I. Kapitel: Allgemeines.
 - II. » Ausgeführte Beispiele von Wasserkraft-Anlagen.
 - III. » Einzelheiten über Entwurf und Ausführung der verschiedenen Bauteile, über Tarife und den Betrieb von Wasserkraft-Anlagen.
-

Inhalts-Verzeichnis.

Dritter Abschnitt.

Die Talsperren.

Technische und wirtschaftliche Grundlagen

bearbeitet von

E. Mattern

Regierungs- und Baurat in Potsdam, Privatdozent an der Technischen Hochschule Berlin.

V. Kapitel.

A) Die Zwecke der Talsperren.

	Seite
§ 1. Einleitung	1
§ 2. Talsperren für Bewässerungszwecke	3
§ 3. Talsperren für Trinkwasserversorgung	11
§ 4. Talsperren für Schifffahrtzwecke	19
Literatur	24
§ 5. Talsperren für Kraftgewinnung	24
§ 6. Talsperren für Hochwasserschutz	28
Literatur	34
§ 7. Talsperren für gemeinsame Zwecke	34

B) Technische Grundlagen.

I. Vorarbeiten und wasserwirtschaftliche Voruntersuchungen.

§ 8. Hydrometrische Arbeiten im allgemeinen	44
§ 9. Ermittlung der Niederschläge und Abflußmengen	46
a) Niederschlagshöhen und -Mengen	46
b) Abflußmengen	51
Literatur	76
§ 10. Die Eigenschaften des Talsperrenwassers	78
§ 11. Wasserbedarf für die verschiedenen Zwecke der Talsperren	81
§ 12. Gesichtspunkte für die Wahl eines Talbeckens zur Wasseraufspeicherung	85
§ 13. Allgemeine Erörterungen über die Größe des Stauraumes für den Ausgleich des Wasserabflusses	93
§ 14. Wasserwirtschaftspläne	101
a) Allgemeines	101
b) Verluste durch Versickern und Verdunsten	103
c) Aufstellung der Wasserwirtschaftspläne	109
§ 15. Geologische und Untergrunduntersuchungen	157
§ 16. Vermessungsarbeiten. Kartierung. Entwurfsaufstellung. Grunderwerb	173
Anleitung für Bau und Betrieb von Sammelbecken	181
A) Begriff der Sammelbecken	181
B) Vorbereitung, Form und Inhalt der Entwürfe	181

	Seite
C) Genehmigungs-Bedingungen	185
I. Bauausführung	185
II. Betriebseröffnung	189
III. Betrieb	189
IV. Unterhaltung	189
V. Aufsicht über Betrieb und Unterhaltung	190
VI. Stauwärter	190
VII. Einstellung des Betriebes	190
VIII. Ergänzung der Bedingungen	190
D) Handhabung der Bauaufsicht	191
E) Abschließende Untersuchung vor der Betriebseröffnung. (Abnahme.)	191
F) Handhabung der Aufsicht über Betrieb und Unterhaltung	191
G) Sammelbeckenbuch.	192
Muster zu einer Dienstanweisung für Stauwärter bei Sammelbecken	193
 II. Die Bauweise der Talsperren im allgemeinen. 	
§ 17. Der Grundriß	194
§ 18. Die Baustoffe der Talsperren	195
Literatur	199
§ 19. Die Abdichtung der Mauern	200
§ 20. Entwässerung des Mauerinnern und Besichtigungsgänge	209
§ 21. Höhenlage der Mauerkrone	211
§ 22. Fahrbahn	211
§ 23. Die Architektur der Talsperren	214
 III. Berechnung und Querschnittsgestaltung der gemauerten Talsperren. 	
§ 24. Geschichtlicher Rückblick über die Entwicklung der Querschnittsformen	218
§ 25. Die naturgemäße Querschnittsform	224
§ 26. Querschnittsgestaltung nach praktischen Gesichtspunkten	225
§ 27. Die Standsicherheitsbedingungen	229
§ 28. Die rechnerische Untersuchung von Talsperrenquerschnitten	229
a) Grundlagen für die Berechnung	229
b) Das Rechnungsverfahren	235
Beispiel für das Rechnungsverfahren. Graphische Untersuchung	240
Analytische Berechnung	242
A. Für volles Becken	242
B. Für leeres Becken	251
§ 29. Zulässige Beanspruchungen des Mauerwerkes	255
§ 30. Sicherheit gegen Gleiten	258
§ 31. Gang des Verfahrens für die Querschnittsermittlung	259
§ 32. Neuere Gesichtspunkte für die Berechnung und den Entwurf von Sperrmauern	264
a) Der innere Auftrieb (Unterdruck) in Talsperren	265
b) Gewölbewirkung	273
c) Die Verteilung der Schubkräfte im Querschnitt der Sperrmauern	283
 IV. Staudämme. 	
§ 33. Vergleich zwischen Dämmen und Mauern	292
§ 34. Die Bauweise der Staudämme	294
a) Staudämme in reiner Erdschüttung	294
b) Dämme mit künstlicher Abdichtung	301
α) Abdichtungen an der Wasserseite	301
β) Abdichtung durch einen inneren Kern	309
c) Die neuere amerikanische Bauweise der Staudämme mittels Einschlämmung (hydraulic fill method) und mittels Geröllschüttung (»rock fill« Dämme)	322
§ 35. Vergleichende Betrachtungen über die verschiedenen Bauweisen von Staudämmen	327
Literatur der Staudämme	334

V. Besondere Bauweise der Talsperren.

§ 36.	Aufgelöste Bauweise	335
§ 37.	Eiserne Talsperren	338
§ 38.	Talsperren aus Eisenbeton	341
	Literatur zu Abschnitt V »Besondere Bauweise der Talsperren«	345

VI. Die Betriebseinrichtungen der Talsperren.

§ 39.	Allgemeines	346
§ 40.	Die konstruktiven Einrichtungen zur Wasserentnahme	349
	a) In der Mauer	349
	b) Umlaufstollen für die Betriebs (Nutz-)wasserentnahme	358
	c) Die Verschlussvorrichtungen	362
	1. Rohrschieber	364
	2. Flachschieber	367
	3. Rollschütze	368
	4. Drosselklappen (Drehschütze)	373
§ 41.	Die konstruktiven Einrichtungen der Hochwasserentlastungsanlagen	375
	a) Allgemeine Anordnung	375
	b) Bemessung der Leistungsfähigkeit der Entlastungsanlagen	393
	c) Die Höhenlage des Überlaufs	395
	d) Eisbrecher	396
§ 42.	Die Entlastungsvorrichtungen der Hochwasserschutzbecken im besonderen	396
§ 43.	Die Betriebseinrichtungen der Staudämme	411
§ 44.	Berechnung der Leistungsfähigkeit der Entnahme- und Hochwasserentlastungsanlagen (Überfälle, Rohrleitungen, Stollen, Abfallschächte und Notauslässe)	414
§ 45.	Außergewöhnliche Betriebseinrichtungen	420
	Literatur	422
§ 46.	Nebenanlagen	423

VII. Die Bauausführung der Talsperren.

§ 47.	Die Einrichtung der Baustelle. Allgemeines	435
§ 48.	Die Förderung der Baustoffe auf der Baustelle	439
§ 49.	Der Maschinenbetrieb auf der Baustelle einer Talsperre	443
§ 50.	Die Bauarbeiterverhältnisse und Wohlfahrtseinrichtungen auf der Baustelle	446
§ 51.	Umleitung des Wassers um die Baustelle während der Bauzeit	446
§ 52.	Der Arbeitsplan für die Bauausführung	451
§ 53.	Die Baustoffe, ihre Gewinnung und Prüfung	453
§ 54.	Anlage und Betrieb der Steinbrüche	457
§ 55.	Der Bausand	466
§ 56.	Der zweckmäßigste Mörtel für Talsperren	467
§ 57.	Die Bindemittel	478
§ 58.	Festigkeitsprüfung der Mörtel	481
§ 59.	Die Mörtelbereitung	484
§ 60.	Die Erd- und Felsarbeiten	486
§ 61.	Reinigen, Ausgießen und Betonieren der Felssohle. Quellenfassung	490
§ 62.	Die rheinisch-westfälische Bauweise, die Bauweise mittels Gerüstkrane oder Seilbahnen	492
§ 63.	Die Mauerarbeiten	506
§ 64.	Die Ausführung der Stau Mauern in Beton	516
§ 65.	Die Absteckung der Talsperren	520
§ 66.	Der Tunnelbau bei Talsperrenausführungen	523
§ 67.	Staatliche Bauaufsicht bei Talsperrenbauten. Vertragsbedingungen. Eigenbetrieb oder Unternehmerbau	527
	Besondere Bedingungen für den Bau der Talsperre der Stadt Nordhausen a./Harz	530
	Literatur	541

VIII. Der Betrieb der Talsperren.

§ 68.	Die Inbetriebsetzung (erste Anstauung)	543
§ 69.	Die Betriebsführung	545
	Anweisung betreffend die dauernde Beaufsichtigung der Stauweiheranlage im Sengbachtale bei Solingen.	546
§ 70.	Die Unterhaltung der Sperrmauern	548
§ 71.	Einzelaufgaben des Betriebes	549
§ 72.	Wasserwirtschaftlicher Betrieb	554
§ 73.	Beispiele von Betrieben und Betriebsergebnisse	559
§ 74.	Fischereibetrieb in den Talsperrenbecken	575
§ 75.	Nachträgliche Aufhöhung von Sperrmauern	576
§ 76.	Nachträgliche Abdichtungsarbeiten an Sammelbecken.	584
§ 77.	Zerstörung von Talsperren	587
	Literatur zu Abschnitt VIII.	594

C) Wirtschaftliche Grundlagen.

I. Allgemeine wirtschaftliche Betrachtungen.

§ 78.	Die wirtschaftliche Bedeutung der Talsperren	595
§ 79.	Wirtschaftspolitische Momente. Wirtschaftliche Form der Unternehmung	600
§ 80.	Geldaufbringung. (Finanzierung).	605

II. Die Kosten der Talsperren.

§ 81.	Die Massenberechnung	606
§ 82.	Die Ermittlung der Kosten	614
§ 83.	Kostenangaben nach ausgeführten Anlagen	618
	a) Einzelkosten	618
	b) Gesamtkosten	620

III. Die Ertrags- und Beitragskostenberechnungen.

§ 84.	Allgemeines	628
§ 85.	Die Aufstellung von Ertragsberechnungen	630
§ 86.	Beitragsermittlungen für Talsperren genossenschaften	638
§ 87.	Wirtschaftlichkeit des Hochwasserschutzes	642
§ 88.	Wirtschaftlichkeit der Talsperren für gemeinsame Zwecke	645

IV. Wirtschaftliche Betriebsergebnisse.

§ 89.	Allgemeines	646
§ 90.	Beispiele	647
	Literatur	657

V. Wasserrechtliche Gesetzgebung, Verordnungen, Satzungen.

§ 91.	Allgemeines	659
§ 92.	Anhang: Gesetze, Satzungen	665
	Sachregister	686

2. Die Forstgenossenschaft hat sich aller Maßnahmen zu enthalten, welche geeignet sind, den Zu- und Abfluß des Wassers zu hemmen oder zu verringern oder den Grund und Boden oder die Wasserläufe, namentlich durch Düngung, zu verunreinigen oder sonstwie die Beschaffenheit des Wassers zu verändern.

Eine künstliche Düngung mit Kainit, Thomasschlacke bzw. (Superphosphat) Kalk und Salpeter ist gestattet.

Im übrigen wird der Forstbetrieb in keiner Weise eingeschränkt, insbesondere kann die Forstgenossenschaft das vorhandene Wasser zur Hangbewässerung benutzen und die Wasserläufe bei dem Bau von Wegen ohne Verringerung der Wassermenge verlegen.

3. Die Stadtgemeinde Nordhausen hat das Recht, die Wasserläufe zu reinigen, in Ordnung zu halten und durch kleine Einbauten zu regeln.

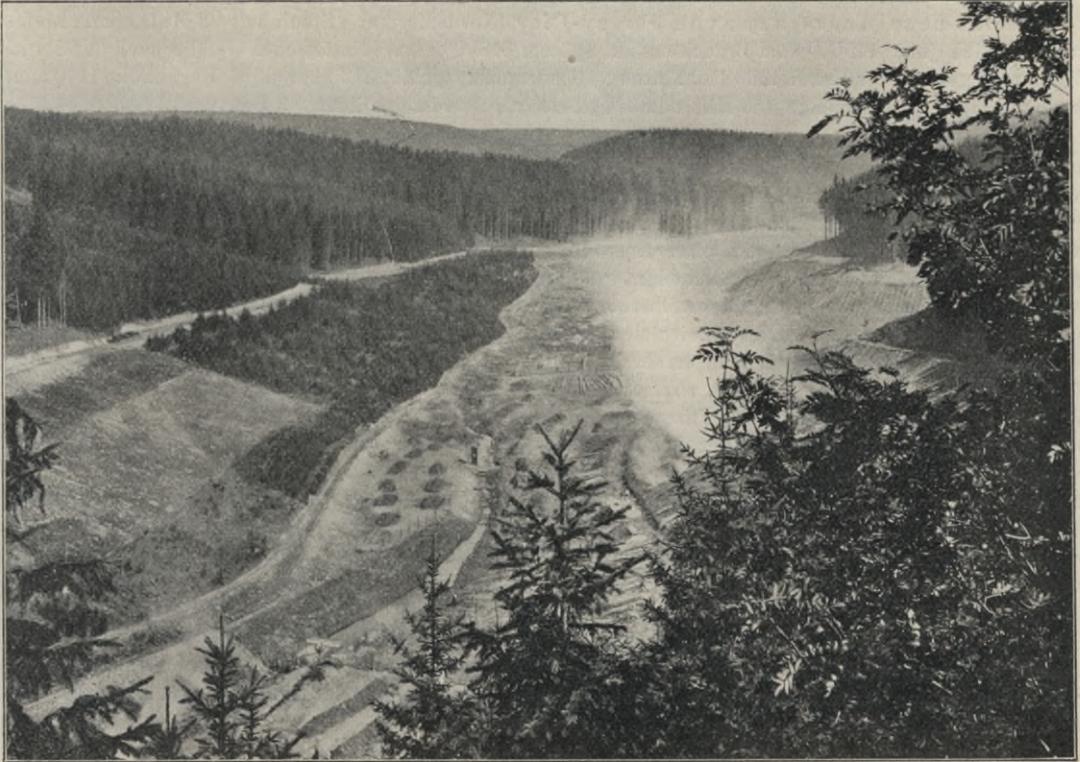


Abb. 276. Abräumung des Talbeckens der Nordhauser Talsperre.

Natürlicher Dünger, Poudrette und dergleichen ist ausgeschlossen. Im übrigen wurde das Staubecken in gleicher Weise wie in Solingen abgeräumt (Abb. 276). Rund um das Becken ist ein Schutzstreifen von 10 m Breite vorbehalten, der abgezäunt und mit Fichten dicht besetzt ist, die in dem hochgelegenen kalten Tale (Wasserspiegel der Becken + 443 N. N.) gut gedeihen. Es sind überdies Warnungstafeln aufgestellt, mit dem Verbot, irgendwelche Gegenstände in den Weiher zu werfen.

In jedem Bachlaufe sind eine Reihe kleiner Wehrbauten errichtet, über die das zufließende Wasser hinwegstürzt. Auf diese Weise wird das Wasser wiederholt in die innigste Berührung mit der Luft gebracht, so daß der Sauerstoff derselben etwa im Wasser enthaltenes Eisen fällt. Die gefällten Stoffe können in den unterhalb der Wehrinbauten angelegten kleinen teichartigen Erweiterungen des Bachbettes zum Niederschlag gelangen, von wo dieselben leicht beseitigt werden, so daß diese Ablagerungen vom Staubecken ferngehalten werden.

Die Entnahme des Trinkwassers in einigen Metern unter dem jeweiligen Wasserstande kann durch Rohre in verschiedener Höhenlage geschehen (Taf. I Abb. 4). Wegen der vorzüglichen Beschaffenheit des Niederschlagsgebiets und mit Rücksicht auf die vorherbeschriebenen Vorsichtsmaßregeln konnte davon

Abstand genommen werden, das Wasser einer besonderen Reinigung für Trinkzwecke zu unterwerfen. Jedoch ist die spätere Einschaltung eines Filters zwischen dem Kraftwerk und dem nahegelegenen Hochbehälter (Abb. 16 auf S. 41), wenn erforderlich, vorgesehen, wofür ein Höhenspielraum von 3 m vorbehalten ist. Hygienische Bedenken dagegen, das Wasser erst für Kraftzwecke zu gebrauchen (s. S. 41) und dann der städtischen Wasserversorgung zuzuführen, können nicht entstehen. Vielmehr muß der Umstand, daß das Versorgungswasser bei der Beaufschlagung der Turbinen mit der Luft in Berührung gebracht wird, günstig wirken, insofern es durch den Sauerstoff der Luft aufgebessert wird.

Der Wasserversorgungs- und Kraftbetrieb ist ein zufriedenstellender. Das Talsperrenwasser hat sich bisher ohne Filterung als gut und hygienisch einwandfrei erwiesen. Zur Reserve, falls jemals ein Ablassen des Wassers aus dem Staubecken für Ausbesserungsarbeiten an der Sperrmauer oder aus anderen Gründen notwendig werden sollte, steht ein alter Gebirgsstollen zur Verfügung, der schon vor dem Bau der Talsperre der städtischen Wasserspeisung diente. Vergl. auch S. 562.

Das neue Wasserwerk von Jersey-City (Nordamerika). Staainhalt 33 Mill. cbm. Lieferung: täglich (jetzt) 145000 cbm Brauchwasser, später: 318000 cbm. Natürliches Gefälle nach der Stadt. 37 km teils gemauerter Kanal, teils Rohrleitung. Niederschlagsgebiet 312 qkm, mittl. Regenhöhe 1140 mm, geringste Jahresabflußmenge 180 Mill. cbm, Wasserfläche 364 ha. s. Zentr. d. Bauverw. 1903, S. 542.

Innerhalb des Talbeckens befinden sich einige Gehöfte. Vor der Einstauung wurden die hier angesammelten organischen Stoffe beseitigt. Im übrigen beschränkte man sich darauf, die Sträucher und Waldbestände zu entfernen, ohne Abschälung der Humuslage in der ganzen Talsohle. Dies geschieht nur auf einem Streifen von 15 m Breite in Höhe des wechselnden Wasserstandes. Die Bäume wurden zu ebener Erde abgeholzt, ohne Ausrodung der Wurzeln. Eine weitere Reinigung des Untergrundes hielt man nicht für nötig, da hierdurch große Kosten ohne entsprechenden Nutzen entstehen würden. Bei uns geht man bei Stauweihern, welche der Trinkwasserversorgung dienen, in der Fürsorge weiter, wie aus den vorigen Beispielen ersichtlich. Immerhin werden die in Jersey getroffenen Maßnahmen verständlich, wenn man erfährt, daß der äußerste Abfall des Wasserspiegels in trockener Zeit nur etwa 1½ m betragen wird, so daß die nicht gereinigte Talsohle dem Wechsel von Luft und Wasser entzogen ist. Von einer Filterung des Wassers ist Abstand genommen, nachdem Untersuchungen ergeben hatten, daß der Bakteriengehalt von Flußwasser durch Aufspeicherung schon in einem Zeitraum von wenigen Tagen sehr erheblich vermindert wird. Man hält die Selbstreinigung des Wassers im Becken, zumal die örtlichen Verhältnisse günstige sind, für ausreichend und sieht gerade in dem Umstand einen Vorteil, daß der Reinigungsvorgang selbsttätig erfolgt und im Ernstfall nicht von der Zuverlässigkeit der Wärter abhängig ist. Das Wasser kann in verschiedener Höhe entnommen werden. Der tiefste Trinkwasserabfluß liegt etwa 15 m unter dem Wasserspiegel des gefüllten Beckens, so daß ein erheblicher Raum für etwaiges Absetzen von Sinkstoffen übrig ist. Das Niederschlagsgebiet wird von der Wasserwerksgesellschaft, welche die Anlage im Auftrage der Stadt Jersey hergestellt hat, dauernd überwacht, um die Güte des Wasserbezuges zu sichern; die Landesgesetze bieten für eine wirksame Durchführung entsprechender Maßnahmen genügende Handhabe. Chemische und bakteriologische Untersuchungen werden fortlaufend gemacht.

Über die Sand- und Kiesfilteranlage, Wiesenberieselung und die Betriebsergebnisse für die Talsperre der Stadt Remscheid im Eschbachtale s. Intze, Entwicklung des Talsperrenbaues in Rheinland und Westfalen 1903, ferner Zeitschrift die »Talsperre« 1903, S. 3, 117 u. 120. Journ. für Gasbel. u. Wasservers. 9. Sept. 1905.

Über die Berieselungsanlage an der Ennepe s. Intze, Die Entwicklung, die Zwecke und der Bau der Talsperren, S. 32.

Wasserreinigungsanlagen der Lennepertalsperre, Zeitschrift für Bauwesen 1907.

Rieselwiesen zur Reinigung von Talsperrenwasser Journ. für Gasbel. u. Wasservers. 1905, S. 373.

Erfahrungen mit Talsperrenwasser Journ. für Gasbel. u. Wasservers. 1907, S. 1108.

Reinigung von Talsperrenwasser. Wasser u. Abwässer 1909, S. 101 u. 475. Engineer 3. 5. u. 12. 7. 1912, Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch.-Ver. 1912, S. 305.

Über die Abräumung des Talbeckens der Katarakt-Talsperre s. Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. London. Band 178. Sess. 1908/09, Teil IV.

Über die Behandlung des Wassers aus dem Ashokan-Becken (Trinkwasserversorgung von Neu-York) s. Deutsche Bauzeitung 1912, S. 767.

Wasserversorgung der Stadt Chemnitz (Beschreibung der Talsperren und Filteranlagen), Deutsche Bauzeitung 1913, S. 185 u. f.

VII. Die Bauausführung der Talsperren.

§ 47. Die Einrichtung der Baustelle. Allgemeines. Die Gestaltung der Bauausführung, die Leitung des Baues, die Anordnung der Einzelheiten, die Kenntnis und Beurteilung der Baumaterialien, die Regelung der Arbeiterverhältnisse und des maschinellen Betriebes sowie andere Aufgaben der örtlichen Ausführung lernt man am besten und eindringlichsten auf der Baustelle selbst in der Arbeit unter eigener Verantwortung. Immerhin wird es von Nutzen sein, wenn, wie auf allen Gebieten der Technik, so auch hier, die theoretische Erkenntnis neben der Praxis einhergeht. Es wird erwünscht sein, allgemeine Gesichtspunkte hervorzuheben und sich Erfahrungen und Ergebnisse des Baubetriebes zu vergegenwärtigen. Wenn man die Haupttrichtung und die Zielpunkte sieht, kann man sich in den vielen Einzelercheinungen eines großen Baubetriebes bald zurechtfinden. Die Bauausführung der Talsperren erweckt deshalb ein besonderes Interesse, weil diese Anlagen meist abgelegen von allem Verkehr und gewerblichen Mittelpunkten in Gebirgstälern errichtet werden. Hier, mitten in zum Teil noch ursprünglichen Verhältnissen, wird ein lebhaftes Getriebe menschlichen Schaffens hervorgerufen. Verkehrsmittel müssen hergerichtet, die Baustoffe herbeigeschafft, zum Teil an Ort und Stelle gewonnen werden, viele Arbeitskräfte werden angenommen und müssen oft unter schwierigen Verhältnissen untergebracht und gepflegt werden. Alles dies erfordert einen großen Aufwand an allgemeinen Anordnungen sowie Maßnahmen im einzelnen. Selten ist die Mannigfaltigkeit der Arbeiten so reich wie bei der Ausführung eines Talsperren- und Wasserkraftunternehmens, wo die Tätigkeit des Bauingenieurs, des Maschinen- und Elektroingenieurs und oft auch in nicht unwesentlichem Maße die Kunst des Architekten zum gemeinsamen Schaffen vereint ist. Es soll hier die Bauausführung der Talsperren nur insofern besprochen werden, als diese Bauten kennzeichnende Eigenart besitzen.

Die Einleitung eines großen Baubetriebes nimmt viel Zeit in Anspruch, und der Beginn der Bauarbeiten zieht sich lange hinaus bis der Vollbetrieb einsetzt. Spätere Störungen sind unvermeidlich, veranlaßt z. B. durch zeitweises Stocken der Zufuhr von Baustoffen, Arbeitermangel, Arbeiterwechsel, Streiks, Hochwasser usw. Die Einrichtung der Baustellen und Lagerplätze stößt in einem Gebirgstale meist auf große Enge. Man ist genötigt, die Schuppen und sonstigen Baulichkeiten an steilen Hängen, zum Teil auf Gerüsten zu errichten. Nacharbeit wird oft unumgänglich sein. Es empfiehlt sich daher, der Einleitung einer Bauausführung vollste Aufmerksamkeit zuzuwenden. In dieser Anfangszeit müssen viele grundlegenden Entscheidungen getroffen werden. Verfehlungen in den ersten Monaten wirken in der ganzen Bauzeit nach, bereiten fortgesetzt Schwierigkeiten, vermehrte Kosten und Zeitverluste. Erfahrung und klarer Blick ist erforderlich.

Die Hauptarbeiten bei Einrichtung einer Talsperren-Baustelle sind die folgenden:

1. Herstellen der Zufuhrbahn oder Wege für die Heranschaffung der Baumaterialien.
2. Einrichtung der Mörtelbereitung. Hiermit ist verbunden die Aufstellung von Schuppen für die Lagerung von Zement, Traß, Kalk usw., die Aushebung der Kalkgruben und die Herrichtung der Maschinenanlagen für die Mörtelbereitung.
3. Heranschaffen der Transportmittel, Karren, Gleise, Wagen, d. h. der Arbeitsbahnen, und ihre Inbetriebsetzung mittelst Lokomotiven oder elektrischer Zugförderung. Daran schließt sich gegebenenfalls die Aufstellung von Kränen und Baugerüsten.

4. Einrichtung einer Werkstätte für Ausbesserungsarbeiten.
5. Die Unterbringung der Arbeiter.
6. Einrichtung der Steinbrüche und, wenn erforderlich, der Steinbrecher.
7. Die Umleitung des Wassers um die Baustelle, insofern diese Frage nicht schon durch den Entwurf geregelt ist.

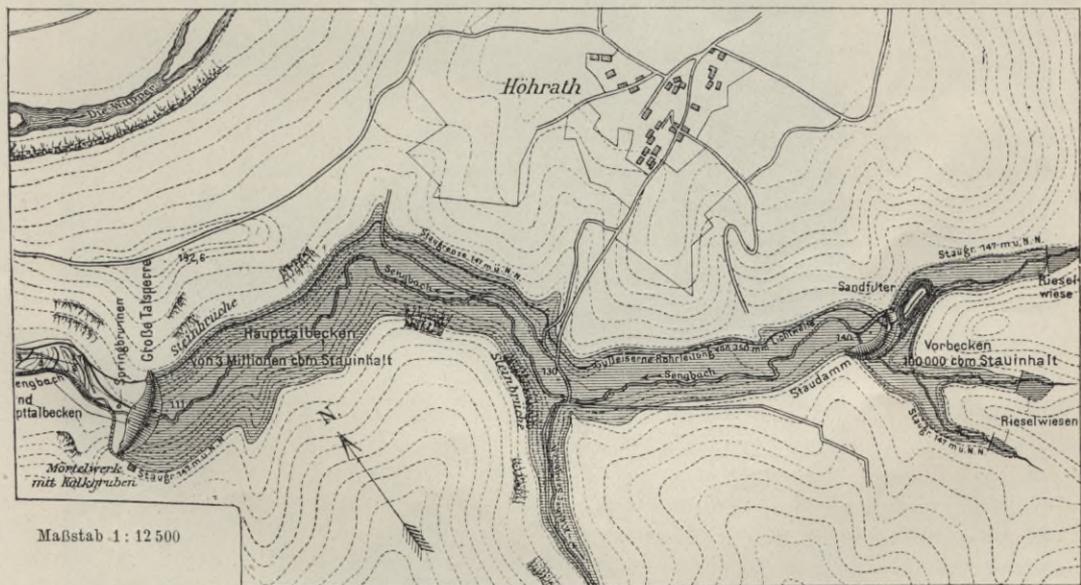
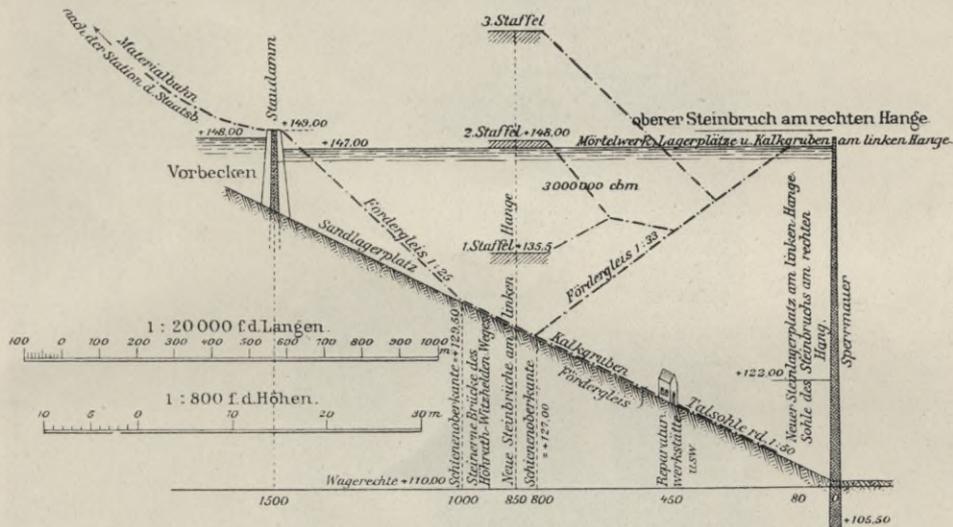
Die Herstellung der Material-Zufuhrbahnen muß eine der ersten Arbeiten sein. Eine geordnete Zufuhr ist unbedingt notwendig bei jeder großen Massenbewegung. Für die Vorarbeiten hierzu ist die Aufrechnung der insgesamt zu fördernden Massen erforderlich. Daran schließt sich ein Vergleich, welche Einrichtung billiger sein würde: der Bau eines Fahrweges oder einer Schmalspurbahn. Die Ermittlung muß also umfassen die Kosten für den Bau und Betrieb beider Förderarten. Neben der Kostenfrage kommt in Betracht, ob ein ausreichender Pferde- und Fuhrpark gesichert werden kann und die Schnelligkeit und Verlässlichkeit dieser Förderarten. Die bisherigen Talsperrenunternehmungen haben meist zur Anlage von Bahnen geführt selbst bei nicht großen Förderstrecken. Die Bahn muß möglichst über Kronenhöhe die Baustelle erreichen.

Die Spurweite dieser Bahnen sollte mindestens 90 cm betragen; ein Spurmaß von 60 cm mit schwachem Schienenprofil erscheint zu schmal und zu leicht für große Lastenförderung. Man muß sich vergegenwärtigen, daß diese Arbeitsbahnen im Baubetriebe meist eine ungenaue Lage auf mangelhaftem Unterbau haben. Oft sind hohe und lange Brücken und Viadukte zur Überschreitung von Tälern nötig geworden. Als Baumaterial hierfür wird meist Holz gewählt. Die Steigungen dieser Bahnen betragen bis 1:15. Bei sehr abgelegener Baustelle hat man Personenbeförderung eingerichtet, wenigstens insoweit diese für Bauzwecke nötig wurde. Der Bau dieser Zufuhrbahnen muß deswegen rasch in Angriff genommen werden, weil die Fertigstellung längere Zeit zu dauern pflegt. Wo gute Chausseen im Anschluß an den nächsten Bahnhof vorhanden waren, hat man gemischte Förderart eingerichtet. So fand beim Bau der Nordhauser Talsperre zunächst Wagentransport auf 4 km Länge statt, dann erfolgte der Umschlag der Güter auf eine Schmalspurbahn von rund 3 km Länge, die bis zur Krone der Sperrmauer an den Berghang hinaufgeführt wurde. Der Nachteil besteht hierbei in den vermehrten Kosten des Umschlages. Ein ähnliches Verfahren war beim Bau der Hasper Talsperre gewählt worden. Bei nicht zu weit vom Bahnhofe gelegener Baustelle kann Seilförderung (Luftkabelbahn) in Frage kommen.

Besonders schlechte Zufahrtmöglichkeit wiesen die hochgelegenen Vogesental-sperren auf (Lauchenseeweiler 920 m über Meer), und eigene Wege für den Zweck des Baues mußten erschlossen werden.

Einrichtung der Baustellen für das Wasser- und Elektrizitätswerk der Stadt Solingen. Die Inbetriebsetzung der Bauausführung mit den im Sengbach- und Wuppertale in einer Längenausdehnung von rund 4 km sich hinziehenden Baustellen (Abb. 13 auf S. 38) erforderte unter schwierigen Geländebedingungen einen erheblichen Arbeitsaufwand. Das Sengbachtal war vordem wirtschaftlich wenig erschlossen; einige Wiesengrundstücke wurden in seinem Grunde genutzt. Es war auffallend, wie sich in diesen Bergen inmitten eines gewerbereichen und dichtbevölkerten Bezirks ein Tal fast noch in der Natürlichkeit des Urzustandes erhalten hatte. Die Wege im Tale waren schlecht und kaum als solche zu bezeichnen. Mit Axt, Spaten, Hacke, Bohrgerät und Sprengstoff vordringend, mußte Weg und Steg geschaffen werden. Der Vorbau der Zufuhrbahn für Baustoffe, die Einrichtung der Arbeitsplätze und Steinbrüche und die Unterbringung der Arbeiter, welche zum Teil in Baracken Unterkunft fanden, mußten um so mehr Gegenstand eifriger Bemühens sein, als die Bauzeit kurz bemessen war. Dieser letztere Umstand kennzeichnete die Art des Baubetriebes, bei dem besonders im ersten Baujahre (1900) der Nachtbetrieb zur Regel gehörte.

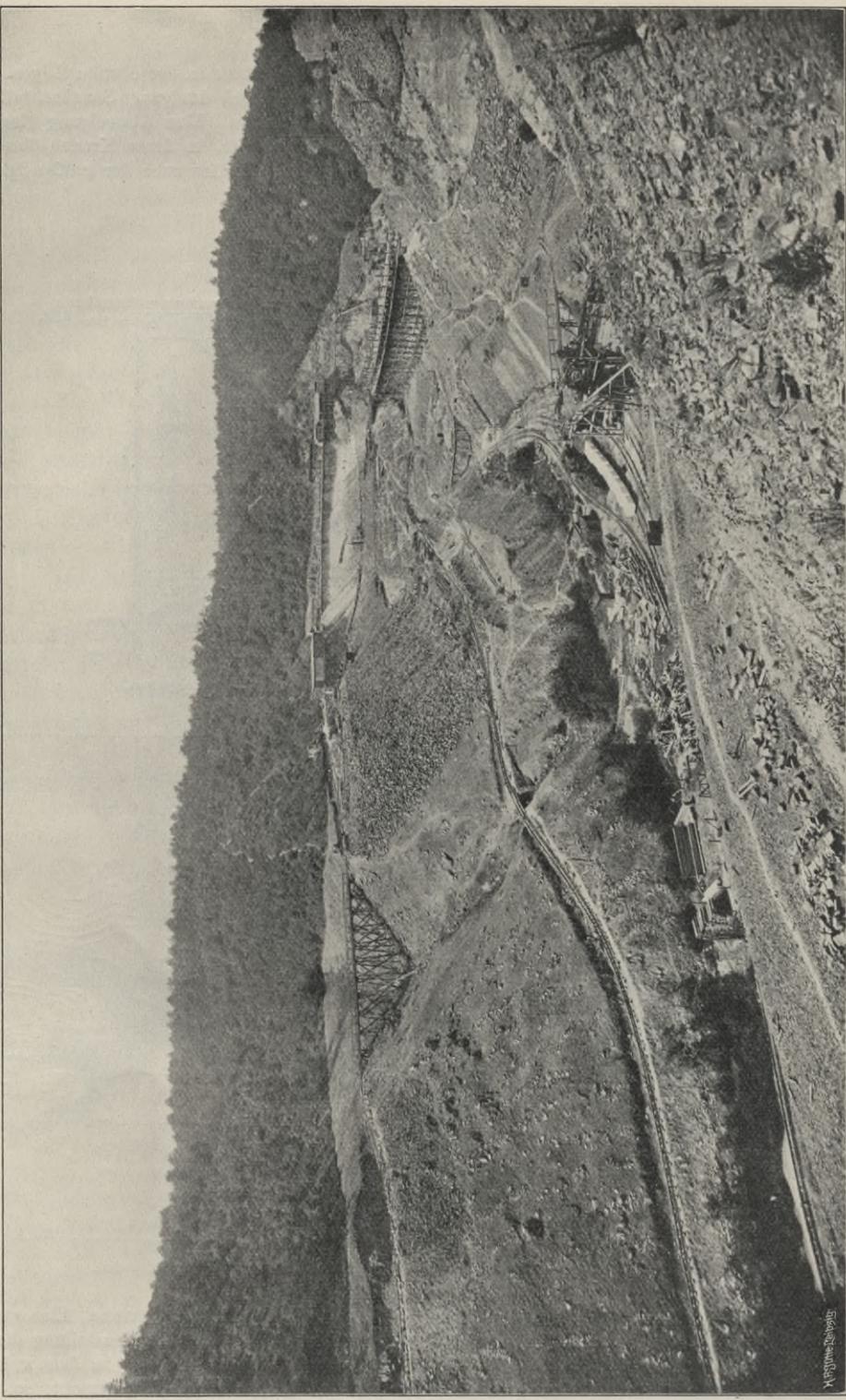
Die Zufuhrbahn mit Lokomotivbetrieb von 90 cm Spurweite erhielt in der Station Hilgen der Strecke Opladen—Lennep an die Staatsbahn Anschluß und zog sich durch das ganze Sengbachtal bis zur Baustelle des Wehres an der Wupper in einer Länge von 7 km hin. Eine Abzweigung ging in starker Steigung zu den Lagerplätzen am linken Hange der Sperrmauer, in deren Kronenhöhe sie endete (Abb. 277). Die Bahn lag zum großen Teil in den Berghängen. Die Baugrube der großen Sperr-



mauer wurde überschritten auf dem zur Aufnahme des Sengbaches eingebauten Gerinne. Eine große Anzahl Brücken über Talmulden, Bäche und die Wupper war erforderlich. Die Herstellung dieser Zufuhrbahn mußte die erste Aufgabe der Bauinangriffnahme sein. Es wurde damit im Januar 1900 begonnen. Um Mitte Mai dieses Jahres war die Bahn bis zum Wupperwehre vorgestreckt, so daß die sämtlichen Baustellen für die Zuführung der Baustoffe erschlossen waren.

Steinvorrat

Kalkgruben und Mörtelamlage



Zufuhrbahn

Steinförderbahn

Zufuhrbahn

Sperrmauer

Steinbrüche

Steinbrecher

Abb. 279. Gesamtansicht der Baustelle für die Solinger Sperrmauer.

W. G. G. G. G.

Die Lage der Bauten (Abb. 278 u. 279) brachte Knappheit des Raumes für Lagerplätze und Vorratsschuppen mit sich. An steilen Hängen mußte dieser dem Gelände förmlich abgerungen, vielfach die Anlagen auf Gerüstunterbauten verlegt werden, besonders an den beiden Talsperren, an denen es darauf ankam, die Beton- und Mörtelbereitung in Höhe der Mauerkrone zu vollziehen. Der Platz ist hier zum Teil durch Felsaussprengungen geschaffen worden, die Kalkgruben waren am Berghange, wie Schwalbennester klebend, aufgemauert.

Die Abb. 280 bringt die allgemeine Einrichtung des Bauplatzes für den Bau des Lauchenseeweiher zur Darstellung.

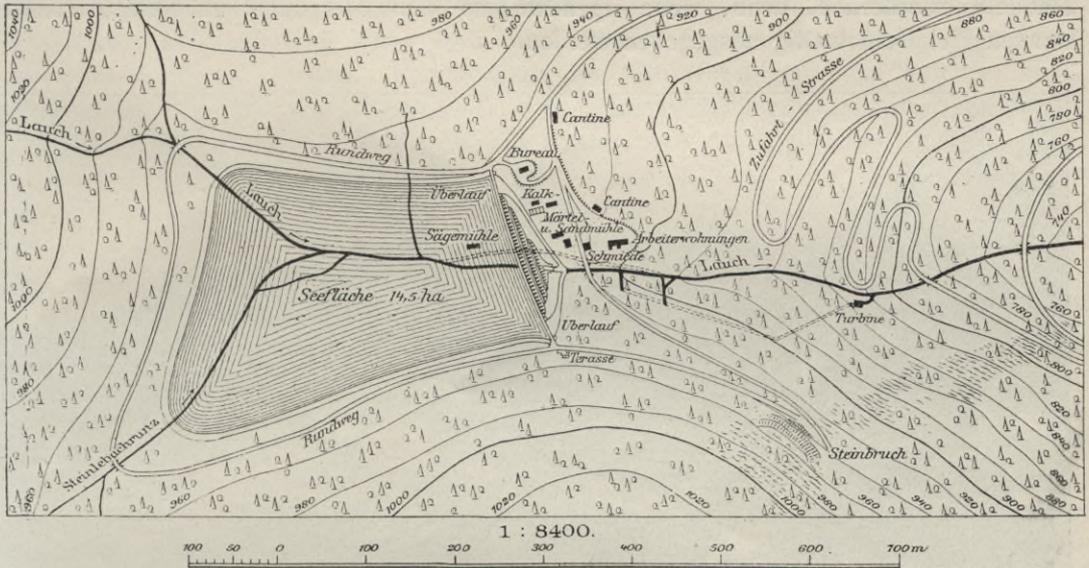


Abb. 280. Lageplan der Baustelle des Lauchenseeweiher.

Die Wasserversorgung einer Talsperrenbaustelle ist eine Frage von großer Bedeutung. Die Mörtelbereitung erfordert viel Wasser. Noch stärker ist der Wasserverbrauch bei der Steinwäsche, dazu kommt der Aufwand für das Anfeuchten der Mauer, das täglich mehrmals wiederholt werden muß, für die Speisung der Dampfmaschinen und Lokomotiven, für Trinkwasserzwecke u. a. m. Man kann annehmen, daß in einem größeren Baubetrieb täglich etwa 400 bis 500 cbm verbraucht werden. Die Beschaffung dieser Wassermenge kann in der sommerlichen Trockenheit unter Umständen Sorge machen, wenn man bedenkt, daß der geringste Zufluß im Gebirge in solcher Zeit sehr herabgeht. Es ist dann zweckmäßig, kleine Wehre zu errichten, um das Wasser über Nacht nicht unnützlich ablaufen zu lassen.

§ 48. Die Förderung der Baustoffe auf der Baustelle. Das Kennzeichen der meisten Einrichtungen für die Zufuhr der Baustoffe nach der Sperrmauer und zur Mauerung ist ihre stete Veränderlichkeit. Mit dem Hochwachsen der Mauer müssen oft Gleishebungen und -verlegungen erfolgen, die jedesmal nicht unbedeutende Nebenarbeiten erfordern. Diese Nebenarbeiten — Erdbewegungen, um Gleisunterlagen zu schaffen, Abänderungen an Gerüstbauten und Bremsbergen, Verschieben des Gleisunterbaues auf der Mauer u. a. m. — müssen stets in kürzester Zeit, über Sonntag oder über Nacht erfolgen, um den Baubetrieb nicht zu stören. Außer diesen kleinen Hilfsarbeiten werden in gewissen Zeitabschnitten größere Änderungen des Arbeitsplanes erforderlich, bedingt durch die Lage der Steinbrüche in ihrem Höhenverhältnis zur je-

weiligen Maueroberfläche, Aufgabe alter und Inbetriebnahme neuer Brüche und durch mancherlei sonstige Zufälligkeiten, die sich nicht immer vorher einschätzen lassen, aber bei jeder größeren Talsperrenausführung vorkommen. Dieses fortlaufende Anpassen an den Mauerfortschritt bei an sich beschränkten örtlichen Verhältnissen stellt eine nicht zu unterschätzende Arbeitsleistung dar, die in den Gesamtausführungskosten eine erhebliche Rolle spielt und Gewicht genug besitzt, um bei der Ermittlung der Ausführungspreise Beachtung zu finden. Es ist hier schnelle Bereitschaft und umsichtiges Handeln erforderlich, denn, wenn irgendwo, so kann hier durch unüberlegte Anordnungen viel Geld unnötig ausgegeben werden.

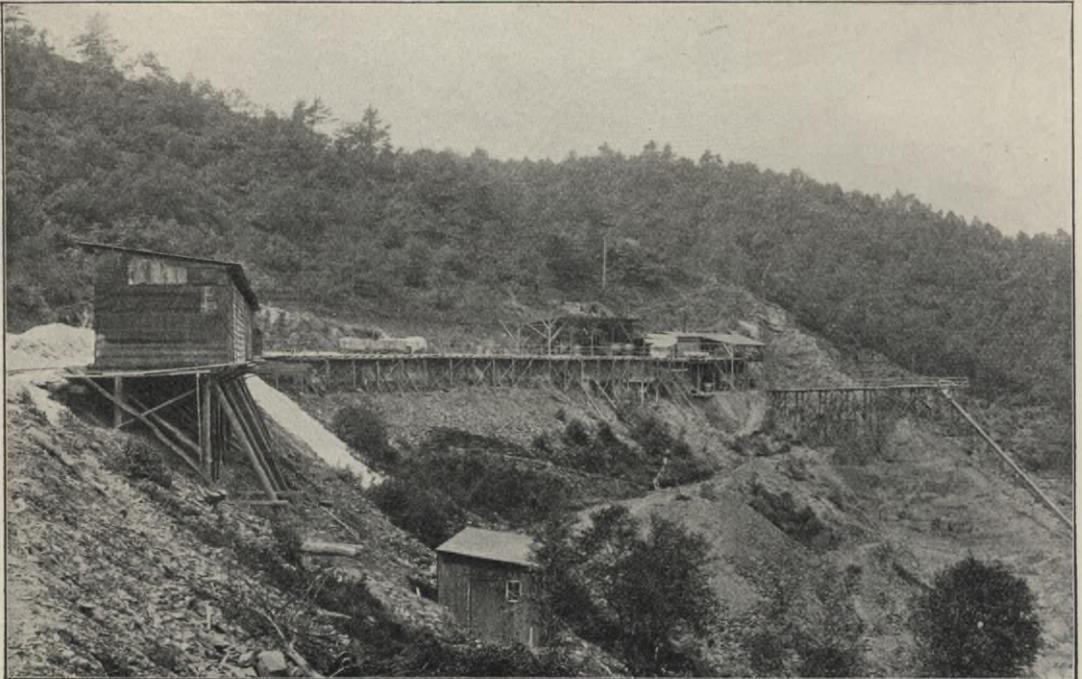


Abb. 281. Kalkgruben und Mörtelanlage am linken Berghange für den Solinger Talsperrenbau.

Jede Baustelle wird entsprechend ihren örtlichen Eigentümlichkeiten besondere Einrichtungen erfordern. Immerhin lassen sich einige allgemeine Gesichtspunkte angeben, die als leitende gelten müssen. Wo zwar die natürlich gegebenen Verhältnisse ihre Außerachtlassung bedingen, da steht man vor einer unabänderlichen Tatsache; anders aber, wo die Entscheidung freie Hand hat. Ein oberster Grundsatz ist es, die Förderung der Baustoffe möglichst im natürlichen Gefälle erfolgen zu lassen, wodurch die bewegende Kraft der Schwere zur Ausnutzung gelangt. Dies gilt zuvörderst für die Zufuhr der Rohstoffe von der nächsten Umschlagstelle (Bahnhof). Es hat sich bei mehreren Bauausführungen am oberen Ende des Niederschlagsgebietes ein Bahnanschluß sehr gut derartig ausfindig machen lassen, daß man von dort aus im Gefälle zur Mauer gelangen konnte, mit der Bahnlinie einige Meter über dem zukünftigen Stauspiegel verbleibend. Bedingen hingegen die örtlichen Verhältnisse die Zufuhr vom unteren Tale her, so erfahren die Baustoffe eine verlorene Hebung, sei es, daß diese auf steigender Bahn, in Hebetüren oder mittels Seilbahn vom Fuße der Mauer aus erfolgt.

Mit der Höhenlage des Mörtelwerkes wird man gut tun, sich ebenfalls der obigen Forderung anzupassen und dasselbe an einem der beiderseitigen Berghänge über Mauerhöhe herzurichten, um mittels Bremsberges oder Schüttrinne den Mörtel in die Baugrube hinabzulassen. Annähernd diese Höhenlage hatte die Mörtelanlage mit den 10 Kalkgruben bei der Bauausführung im Sengbachtale (Abb. 281). Aus den Mischtrommeln fiel der Mörtelbrei in die darunter stehenden Muldenkipper und wurde zum Einwurf nach einer aus Eisenblech bestehenden Kastenrinne von 0,6 : 0,6 m Querschnitt verfahren, in welcher der Mörtel in die tiefliegende Baugrube glitt. Diese Rinne, aus Stücken von 2 m Länge zusammengeschaubt und anfänglich etwa 40 m lang, konnte der hochwachsenden Mauer entsprechend verkürzt werden. Entsprechend war die Höhenlage beim Bau der Urft-, Ennepe- und Queistsperre. Doch ist es nicht immer möglich gewesen, dieser Forderung gerecht zu werden und bei einer Reihe von Bauausführungen u. a. beim Bau der Hasper-, Mescheder- und Möhne-Talsperre lag die Mörtelanlage in halber Höhe, so daß gegen Ende der Bauzeit der Mörtel in Hebetürmen gehoben werden mußte. Bei dem Talsperrenbau Mauer in Schlesien wurde der Mörtel in Talsohlenhöhe bereitet und mittels Bremsberge zur Höhe gefördert.

Weniger frei ist man in der Anordnung der Zufuhr der Steine, weil hier die Lage der Steinbrüche bedingend ist. Man wird zwar sein Augenmerk darauf richten müssen, die Steinbrüche in der Nähe der Mauer und über Kronenhöhe anzulegen, aber es ist natürlich eine glückliche Fügung, wenn hier brauchbares Gestein zu finden ist. Wenn dies der Fall ist, so ergibt sich die Förderung der Steine zur Mauer mittels Bremsberge in natürlichem Gefälle in einfachster und billigster Weise. Je nachdem nun die Brüche an oder weit ab von der Mauer, hoch oder an der Talsohle liegen, sind verschiedene Zufuhrarten möglich. Wenn die Brüche zwar entfernt, aber über Kronenhöhe liegen, so ist die Beförderung auf motorisch betriebener Bahn nach der Mauer und das Herablassen der Steine mittels Bremsberges naheliegend. Werden die Steine unter Kronenhöhe oder an der Talsohle gewonnen, so kann ebenfalls die Zufahrt zur Mauerkrone in Betracht kommen. Es ist dann aber auch nicht ausgeschlossen, die Steine an den Mauerfuß zu schaffen und sie hier in Hebetürmen mittels Dampfkraft oder elektrischer Kraft zu heben. Auch kann, wenn die Anfuhr der Steine in halber Höhe erfolgt, erst Bremsbergbetrieb, dann Aufzugbetrieb stattfinden. Alle diese Förderarten sind in Anwendung gekommen, haben gut gearbeitet, und es ist Sache der Überlegung, im Einzelfalle unter Berücksichtigung der natürlich zwingenden Verhältnisse, mit Rücksicht auf die Schaffung von Steinlagerplätzen u. a. zu prüfen, welche Art die vorteilhafteste ist.

Bei dem Talsperrenbau der Stadt Solingen ist in Anpassung an die Örtlichkeit die Steinzufuhr zur Mauer teils mittels Bremsberge, teils auf Hanggleisen mittels Lokomotivbetrieb oder in Hebetürmen geschehen (Abb. 279).

Die Betriebseinrichtungen beim Bau der Urfttalsperre. Vom Staatsbahnhof Gemünd gelangten die Baustoffe mit Gefälle bzw. auf wagerechter Bahn etwas über Mauerkronenhöhe an (s. Abb. 10 auf S. 27), von hier erfolgte die Verarbeitung dem Schwergewicht folgend. Die Steine aus den Brüchen wurden zum Fuß der Sperrmauer gebracht und von hier mittelst Hebetürme (Abb. 282 und 283) zur jeweiligen Maueroberfläche gehoben. Im ganzen waren drei Hebetürme im Betrieb, und zwar zwei Türme zum Heben der vollen Steinwagen und ein Turm zum Hinablassen der leeren Wagen. Der eine Hebeturm war imstande, die ganze erforderliche Steinmasse zu bewältigen; der zweite diente zur Aushilfe für Betriebsstörungen. Im allgemeinen arbeiteten beide Hebetürme wechselseitig. Das Gewicht der toten Lasten war durch Gegengewichte ausgeglichen. Als Betriebskraft diente eine Lokomobile mit Dampfwinde. Bei solchen Hebetürmen fallen alle jene Gleisverlegungen fort, die notwendig werden, wenn die Steinzufuhr an den Hängen geschieht.

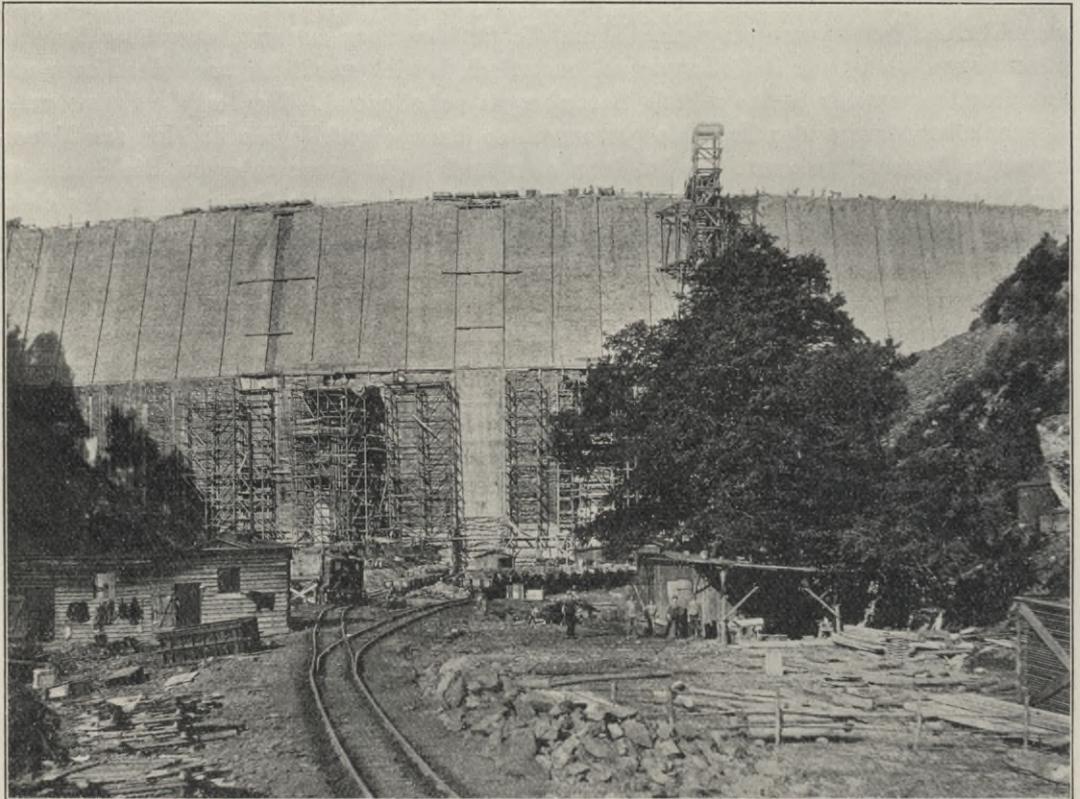
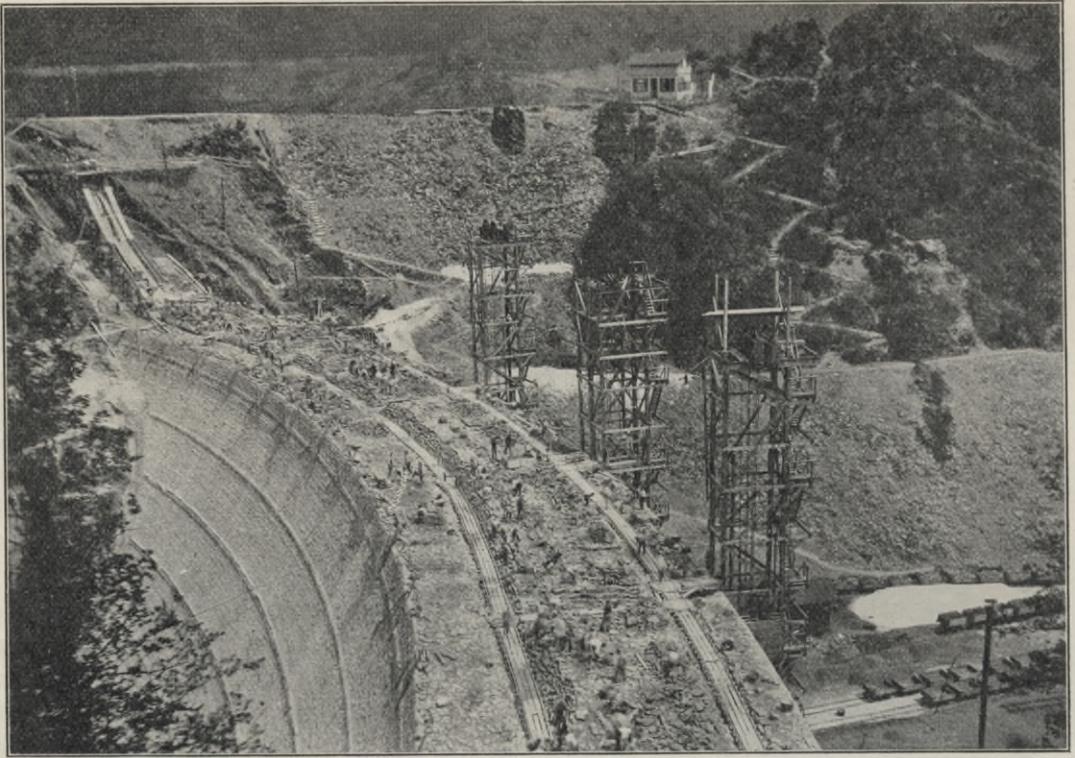


Abb. 282 u. 283. Steinförderung mittels Hebetürme beim Bau der Urfttalsperre (Eifel).

§ 49. **Der Maschinenbetrieb auf der Baustelle einer Talsperre**¹⁾. Die Stärke der Anlagen für den maschinellen Betrieb, d. h. der Bedarf nach Pferdestärken gemessen, wird bei einem Talsperrenbau sehr von der örtlichen Beschaffenheit des Geländes und der Lage der Steinbrüche abhängen. Bietet sich die Möglichkeit dar, die Steinbrüche in der Nähe der Mauer und über Kronenhöhe der Mauer anzulegen, so kann der Transport der Steine zur Mauer auf Feldbahngleisen wagerecht mit ein wenig Gefälle erfolgen. Dort geschieht die Beförderung in die Baugrube etwa mittels Bremsbergen. Eine solche Ausnutzung der Schwerkraft vereinfacht den Betrieb ungemein und bringt große Ersparnisse mit sich. Eine so günstige Lage wird sich allerdings nicht oft bieten, und es wird im allgemeinen nötig sein, für die Steinförderung maschinelle Einrichtungen vorzusehen, sei es, daß die entfernte Lage der Steinbrüche Dampf- oder elektrischen Bahnbetrieb erfordert, sei es, daß die Steine in der Talsohle an den tieferen Hängen gebrochen und zur jeweiligen Mauerhöhe gehoben werden müssen. Bisweilen können diese beiden Umstände zusammentreffen. Eine allgemeine Angabe der Maschinenstärke läßt sich hierfür also nicht geben; schon eher lassen sich gewisse allgemeine Unterlagen gewinnen für den Kraftbedarf der Mörtelanlage, das Heben des Wassers von der Talsohle nach den Behältern oben an den Hängen, aus denen die Mörtelanlage und die Steinwäsche gespeist werden sollen, für den Betrieb der Drehbänke in der Werkstatt u. a. m. Auch eine elektrische Lichtanlage wird zweckmäßig vorzusehen und im übrigen alles soweit als möglich auf Maschinenbetrieb zuzuspitzen sein. In dieser Hinsicht sei im besonderen bemerkt, daß es jedenfalls vorteilhaft erscheint, das Mischen der Mörtelmaterialien und das Ablöschen des Kalkes maschinell zu betreiben. Bei mancher Talsperrenanlage ist bei Bereitung des Traßmörtels Sand und Traß von Hand vermisch worden und dann dieses Gemenge zusammen mit dem Kalk in die Mischmaschine gebracht worden. Dieses Verfahren ist teuer und es gibt sehr gut arbeitende Maschinen, welche es gestatten, alle diese drei Materialien zugleich in einer Trommel zu mischen. Man erhält einen durchaus gleichmäßigen Mörtel und an Arbeitskräften wird viel gespart (s. § 59). Aber die Anwendung der Maschine kann auch eine Grenze haben und man muß sich hüten, all und jede Leistung auf der Baustelle durch motorische Kräfte bewirken zu wollen. Die Karre kann unter Umständen im Einzelfalle billiger arbeiten, als die Gleisbahn und, wenn umständliche Gerüste als vorbereitende Arbeit für eine beschränkte Massenleistung nötig sind, so wird für kleine Massenbewegung die reine, leicht bewegliche Menschenkraft oft billiger sein, als die Maschine, welche sich bisweilen örtlichen Verhältnissen nicht vollkommen anpassen kann. Es ist neben Aufrechnungen der Kosten und des Betriebes Sache des praktischen Blickes, die Wahl des Betriebsmittels richtig zu treffen, und man wird anerkennen müssen, daß hierin ein wesentlicher Teil des Geheimnisses eines erfolgreichen Baubetriebes liegt.

Mehrfach ist bei neueren Talsperrenauführungen ein zentralisierter Maschinenbetrieb eingerichtet worden. In einer Zentralstation wird durch Dampf- oder Wasserkraft elektrische Energie erzeugt und diese für die Umwandlung in Licht und Kraft den verschiedenen Verwendungsstellen zugesandt. Ein solcher Betrieb hat, wie alle Zentralisation, den Vorteil der Einfachheit und Übersichtlichkeit. Allein es ist hier alles gleichsam auf eine Karte gesetzt und bei solchen vorübergehenden Einrichtungen, wie sie an Baustellen für die zeitweiligen Zwecke getroffen werden müssen, kann leicht Schaden entstehen. Durch die dann eintretende Unterbrechung der Stromzuführung können sehr unliebsame

1) Vgl. auch die Ausführungen am Schluß von § 62.

Störungen in der Mörtelherstellung, im Pumpenbetrieb u. a. m. entstehen, wodurch unter Umständen der ganze Baubetrieb zum Stillstand gebracht wird. Immerhin werden sich solche Unfälle vermeiden lassen, wenn Reservemaschinen vorhanden sind, wenn also die Einrichtung mit aller jener Vorsicht getroffen wird, wie sie in dauernden Betrieben vorkommt. Das verteuert aber die Anlage und die Zentralisierung dürfte sich daher wohl nur dort empfehlen, wo ein mehrjähriger Baubetrieb zu erwarten ist.

Wie sich im Betriebe der Elektrizitätswerke mit Anschluß vieler kleiner Motoren gezeigt hat, ist nicht darauf zu rechnen, daß jemals alle angeschlossenen Motore oder Lichtstellen zu gleicher Zeit Strom brauchen. Es hat vielmehr die Erfahrung erwiesen, daß in einem verzweigten Betriebe im allgemeinen niemals mehr als 40 v. H. der angeschlossenen Pferdekräfte zu gleicher Zeit arbeiten. Eine Kraft von z. B. 100 PS. dauernd im Betrieb kann 250 zeitweilig arbeitende Pferdekräfte leisten. Dieser Umstand spricht auch für die elektrische Zentralisierung des maschinellen Betriebes auf einer Baustelle. Auch die hier notwendigen, einzelnen Kraftleistungen für Mörtelbetrieb, Wasserpumpen, Bohrbetrieb, Kalkablösch u. a. m. fallen zeitlich nicht vollständig zusammen bzw. ihre wirkliche Arbeit am Tage wechselt mit kleinen Pausen. Darum wird man hier die Zentralanlage auf weniger Kräfte bemessen können, als wirklich gebraucht werden, wenn die Zerlegung in Einzelmaschinen erfolgt. Wenn die Kraftanlage vielleicht auch nicht auf $\frac{1}{2,5}$ des Vollbedarfs beschränkt werden kann, so wird ein verminderter Ausbau doch sicher erfolgen können. Dazu kommt die Ersparung an Löhnen, an Anlagekapital, das bei Konzentrierung kleiner ist, als bei vielen kleinen Maschinen, des wirtschaftlichen Betriebs der Großdampfmaschinen u. a. m. Plötzlichen Hindernissen ist ein dezentralisierter Betrieb allerdings weniger ausgesetzt, wo jede Pumpe, jeder Heberturm, die Mörtelanlage usw. durch eine gesonderte Dampfmaschine oder Lokomobile betrieben wird.

Oft bietet sich die günstige Gelegenheit, das Wasser des abzusperrenden Baches für Kraftzwecke auszunützen, und wo die Möglichkeit hierzu vorliegt, wird man, wie bei mehreren Ausführungen geschehen, mit Vorteil davon Gebrauch machen. Eine kleine Stauanlage, um das über Nacht zum Abfluß gelangende Wasser für den Tag aufzuspeichern, wird hierbei zweckmäßig sein. Reicht eine solche Wasserkraft nicht für den Kraftbedarf voll aus, so wird sie immerhin eine billige Ergänzung der anzulegenden Dampfkraftstation sein können. Der Antrieb der Baumaschinen an abgelegener Baustelle mit oft schwierigen Verkehrsverbindungen mittels Kohle ist teuer. Dazu treten die Kosten des Heranschaffens der schweren Einzelkraftmaschinen, wie Lokomobile. Man darf daher schon einige Aufwendungen für die, wenn auch vorübergehende Fassung und Inbetriebsetzung einer dargebotenen Wasserkraft nicht scheuen. Mit Vorteil ist neuerdings auch Motorenantrieb (Benzin-, Petroleummotoren) gewählt worden.

Für die Ermittlung des gesamten Kraftbedarfs sind zu berücksichtigen 1. Mörtelanlage, 2. die Kalklöschmaschinen, 3. das Heben des Wassers für den Baubetrieb von der Talsohle nach den hoch an den Hängen gelegenen Behältern, 4. der Kraftbedarf der Werkstätten, 5. die elektrische Lichtanlage, 6. der Steinbruchbetrieb, 7. der Bahnbetrieb, 8. der Betrieb der Hebetürme usw.

Beim Bau der Hennetalsperre wurde die Wasserkraft der Henne für Baubetriebszwecke benutzt, außerdem war eine kleine Dampfaushilfsanlage vorhanden. In beschränktem Maße wurde von der Wasserkraft auch beim Bau der Ennepetalsperre Gebrauch gemacht, ebenso an der Talsperre von Mauer in Schlesien, sowie bei der Edertalsperre. In Mauer konnten an einer oberhalb gelegenen

Mühle im Bober 4—600 PS. gewonnen werden; von dort geschah die Übertragung und Verteilung der Kraft auf dem Bauplatz elektrisch. Dem ausführenden Unternehmer wurde die Kraft frei zur Verfügung gestellt.

Über die Verwertung einer Turbinenanlage mit Seilübertragung der Kraft bei dem Bau des Laacherseewehers in den Vogesen siehe Zeitschrift für Bauwesen 1902, S. 22.

Für den Bau der Talsperre des Elektrizitätswerkes Kubel (Schweiz) konnte eine Wasserkraft von 30—35 PS. erschlossen werden. Es wurde damit betrieben (1900): ein Bremsberg zum Aufziehen des Sandes bei 80 m Hubhöhe, ein Steinbrecher, eine Kugelmühle, zwei Sand- und Kieswaschmaschinen, eine Mörtelmaschine, 12 Laufkatzen auf dem Gerüst für die Förderung der Bausteine. Näheres siehe Schweizerische Bauzeitung¹⁾.

Bau der Ennepetalsperre. Es waren eingerichtet: 1. Eine Dampfanlage, in der elektrische Energie erzeugt wurde, 2. Eine Wasserkraftanlage und 3. verschiedene Einzelkraftstellen. Die Maschinenstärke betrug insgesamt etwa 114 PS.

Bei der Solinger Talsperrenanlage waren vorhanden bei normaler Vollbelastung:

1. An der Mörtelanlage eine Lokomobile zum Betriebe der Mörteltrommeln	12 PS.
2. Für den Betrieb des Steinbrechers und zum Heben des Wassers für die Steinwäsche in den ersten Steinbrüchen und die Mörtelbereitung bei etwa 70 m Hubhöhe eine Lokomobile.	16 »
3. Für Steinwäsche im zweiten Steinbruch bei 60—70 m Hubhöhe eine Lokomobile.	8 »
4. Eine Lokomobile mit Zentrifugalpumpe (Wasserhaltung)	10 »
5. Eine Dampfwinde im Steinbruchbetriebe	8 »
	54 PS.

Außerdem dazu:

Für den Betrieb der 4 km langen Zufuhrbahn	4 Lokom.
Steinförderbahn	2 »

Beim Bau der Urfttalsperre war anfänglich zentralisierter Betrieb vorhanden. Die Zentralstation lag rund 500 m oberhalb der Baustelle und hatte eine Leistung von 130 PS.; hier erfolgte die Erzeugung der elektrischen Energie und die Einzelverteilung. Es traten einige Stockungen des Betriebes ein, so daß zeitweise der Baubetrieb mehrere Tage still gelegt war. Man ging daher grundsätzlich von diesem System ab. Es wurden späterhin z. B. die oben erwähnten Hebetürme (s. S. 441) durch Einzelnmaschinen betrieben. Mit der hier aufgestellten Lokomobile waren Dynamos verbunden, um als Aushilfe für die Zentralanlage zu dienen. Es scheint also das Fehlen einer ausreichenden Reserve Schuld daran getragen zu haben, daß sich der zentralisierte Maschinenbetrieb anfänglich nicht bewährte.

Auf der Baustelle der Marklissaertalsperre war der maschinelle Betrieb sehr wenig ausgebildet. Das Kalklösen erfolgte von Hand, ebenso die Herstellung der Betonsteine. Für den Transport der Bausteine war teils Pferde-, teils Lokomotivbetrieb eingerichtet. Für einen Teil des Arbeitsbetriebes fand Zentralisierung statt, z. B. für die Stollenbetonierung und Auspanzerung der Schächte. Es war hierfür eine Lokomobile von 20 PS. mit Dynamos für elektrischen Aufzug und die elektrische Beleuchtung bei den Stollenarbeiten aufgestellt. Im ganzen betrug die Maschinenleistung etwa in den einzelnen Lokomobilen für den Mauerbetrieb 140 PS., für die Stollenpanzerung 20 PS., zusammen 160 PS.

Auf der Baustelle der Crotontalsperre waren im Jahre 1904 Kessel für 700 PS. im Betriebe. Diese Kraftleistung fand vornehmlich in dem Kran- und Seilbahnbetrieb Verwendung. Ferner waren in Gebrauch 11 Lokomotiven, 200 Stück Förderwagen aller Art, 3 Seilbahnen von rund 500 m Spannweite, 40 Krane, 1 Dampftrockenbagger und die sonstige Kleinausrüstung.

Beim Bau der Katarakt-Sperre in Australien wurde ein Teil der Maschinen von einer elektrischen Zentralstation, der Rest von Einzeldampfmaschinen angetrieben. Elektrisch ausgerüstet waren die beiden Seilbahnen für die Baustoffförderung, 6 Krane auf dem Bauplatz von je 6 t Tragfähigkeit und die 4 Betonmaschinen. Das Kraftwerk umfaßte 3 Generatoren von je 65 Kilowatt Leistung. Mit Dampf wurden 6 Krane in den Steinbrüchen, die Steinbrecher, die Maschinen zur Erzeugung der Druckluft für die Bohrmaschinen und die Pumpen versorgt. Die Erfahrung erwies, daß es wirtschaftlicher

¹⁾ Bd. XLIII, Nr. 15 u. f.

gewesen wäre, die gesamten Maschinen elektrisch von einer Zentralstation zu bedienen, vorausgesetzt, daß diese mit einer ausreichenden Zahl von Einheiten ausgestattet ist. Näheres Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. London. Bd. 178, Sess. 1908/09, Teil IV.

§ 50. Die Bauarbeiterverhältnisse und Wohlfahrtseinrichtungen auf der Baustelle. Sich die Arbeiter für die Bauzeit des kommenden Sommers zu sichern, muß im frühen Frühjahr die Sorge des ausführenden Ingenieurs bei einem Talsperrenbau sein. Die Arbeiter ziehen vielfach in Gruppen und haben den Wunsch, im Frühjahr eine Baustelle zu finden, die ihnen für den ganzen Sommer Verdienst verspricht. Besonders ist dies hinsichtlich der Maurer zu beachten. Die Bruchsteinmauerungen werden bei uns meist durch Italiener ausgeführt. Diese kommen Anfang April in großen Scharen aus ihrer Heimat, dann ist ein reger Arbeitsmarkt, während später, wenn diese Leute Unterkommen gefunden haben, die Anwerbung besonders für die im Gebirge abgelegenen Baustellen schwierig werden kann. Weiterhin empfiehlt es sich, auch Zimmerleute in ausreichender Zahl anzunehmen, vor allem, wenn Betonierungsarbeiten geplant sind, wobei die Einschalung reichliche Holzarbeit verlangt.

Eine eingehende Darstellung der Bauarbeiterverhältnisse, Arbeiterfürsorge und Wohlfahrtseinrichtungen auf der Baustelle einer großen Talsperre gibt des Verfassers gleichbenannter Aufsatz in der Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen, Jahrg. 1905, Heft 6. Im besonderen ist hier die Unterbringung und Verpflegung der Arbeiter, ferner die Frage der Versorgung der Baustelle mit Trinkwasser u. a. m. behandelt. Weiteres siehe auch die »Grundsätze für das Verfahren bei der Annahme von Arbeitern und die Arbeiterfürsorgeeinrichtung bei der Herstellung und dem Ausbau von Wasserstraßen gemäß Gesetz vom 1. 4. 1905.« (Centralblatt der Bauverwaltung 1907, S. 165.)

Beim Solinger Talsperrenbau hatte der Unternehmer zwei Baracken für eine Aufnahmefähigkeit von zusammen etwa 100 Mann errichtet. An Wohnungsgeld wurde 10 Pfennig für den Kopf erhoben und dafür eine reinliche Unterkunft mit Bettwäsche, Handtuch, Waschvorrichtung und die Bereinigung durch einen Hausmeister geliefert. Die Unternehmung kam dabei auf ihre Selbstkosten und die Baracke war vornehmlich von Italienern gern bewohnt. Die Beköstigung besorgten sich die Leute selbst. Für die Unterbringung der Arbeiter beim Bau der Ennepetalsperre waren Baracken für 300 Mann vom Unternehmer aufgestellt; der Betrieb war verpachtet. Es wurden 14 Pfennig für Übernachtung berechnet, dafür erfolgte die Gestellung von Bett mit zugehöriger Wäsche. Die Baracken fanden hier im allgemeinen wenig Beifall bei den Arbeitern.

In anzuerkennender Weise war bei dem Talsperrenbau von Mauer in Schlesien für Unterbringung der Arbeiter Fürsorge getroffen worden. Die Baracken für die Übernachtung waren von der Verwaltung in zweckentsprechender Einrichtung erbaut und an einen Hausmeister abgegeben, der ihren Betrieb in der Hand hatte. Auch die Kantinen gehörten der Verwaltung und waren verpachtet. Der Betrieb der Baracken und der Schankwirtschaft waren voneinander getrennt, wie dies durchaus nötig erscheint.

Über die Arbeiterfürsorge beim Bau der neuen Talsperren der Stadt Neu-York s. Deutsche Bauzeitung 1912, S. 800.

§ 51. Umleitung des Wassers um die Baustelle während der Bauzeit. Die Aushebung der Baugrube für die Talsperre erfordert Maßnahmen für den in der Talsohle fließenden Bach. Das Gewässer kann über die Baugrube hinweg oder seitlich daran vorbeigeleitet werden. Für diese Ableitung des Wassers hat man folgende vier Möglichkeiten, die alle praktische Anwendung gefunden haben.

1. Die Überführung des Baches über die Baugrube kann in einem Holzgerinne erfolgen, wie es meist geschieht bei kleinen Anlagen bis etwa 100 qkm Größe des Niederschlagsgebietes, wo sich die größten Hochwassermengen noch in mäßigen Grenzen halten. Für stärkere Abflußmengen würden jedoch die Gerinne solche Abmessungen

erhalten müssen, wenn sie die Fluten in natürlichem Gefälle abführen sollen, daß die Mauerung im Grunde der Talsperre gestört werden würde. Die Gerinne stehen oft auf Stützen, die mit dem Aushub der Baugrube fortlaufend verlängert werden müssen. Bei der späteren Mauerung muß das umgekehrte Verfahren eingeschlagen werden. Das ist ziemlich umständlich und der Fortgang der Mauerarbeiten wird dadurch beeinträchtigt. Man sollte daher, wenn möglich eine freitragende Konstruktion anwenden oder zum mindesten versuchen mit einer Mittelstütze auszukommen. Besondere Sorgfalt ist der Abdichtung des Gerinnes zuzuwenden. Dies kann geschehen durch gespundete Bretter oder mittels gelöteter Blechauskleidung.

2. Umläufe in Stollen der seitlichen Berghänge in Talsohlenhöhe. Es ist dies eine kostspielige aber sichere Art. Die Kostenfrage wird behoben, wenn die Umläufe als spätere Betriebsanlagen ohnehin notwendig werden. Die Aufnahmefähigkeit wird im allgemeinen so bemessen, daß die Stollen mit dem Druck einiger Aufstauung am Einlaufe einen mäßigen Teil, etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$, der größten Hochflut abführen können (s. Tab. 67). Die Aufstauung wird bewirkt durch eine kleine Talsperre, die eigens für diesen Zweck unmittelbar unterhalb der Abzweigung des Umlaufs errichtet wird (Urftalsperre, Marklissa und Mauer in Schlesien), und deren Kronenlage von der notwendigen Stauhöhe abhängig ist. Für größere Hochfluten muß man dann das Wagnis einer etwaigen Überflutung der Baugrube in den Kauf nehmen. Für die Ermittlung des Abführungsvermögens gelten die oben (S. 414 u. f.) mitgeteilten Berechnungsweisen, wobei $\sigma = 2$ zu setzen ist.

Tab. 67. Leistungsfähigkeit der Hochwasserentlastungen während der Bauzeit.

Talsperre	Niedersch. Gebiet qkm	Größte Abfluß- menge cbm/sek.	Leistungsfähigkeit der Hochwasserentlastung während der Bauzeit cbm/sek.	Art der Entlastung
Marklissa	306	780	300	2 Umlaufstollen je 7,0 m l. W. u. 40 qm Querschnitt
Mauer	1210	1300	300	1 Umlaufstollen von 51,3 qm Querschnitt
Solingen (große Talsperre)	11,8	12 (während d. Bauzeit 3 cbm/sek.)	Ein Holzgerinne von 1,0/1,4 qm Querschnitt genügte	s. Abb. 294 u. 295
Wupperwehr Solingen	500	500	40 (Holzgerinne)	Es fand zweimalige Überflutung der Baugrube während der Bauausführung statt.
Möhne	416	292	294	sehr reichlich s. Abb. 284

Ein solches Wehr hat während der Bauzeit große Anforderungen zu erfüllen, und von seinem Bestande hängt bei dem mehrjährigen Bau der gesicherte Fortgang der Arbeiten an der großen Talsperre ab. Seine Standfestigkeit wird auch bei Überströmungen, mit denen meist gerechnet werden muß, nach Möglichkeit gewahrt sein müssen. Es ist also damit ein Überlauf zu verbinden, und die Krone und untere Seite des Dammes wird gegen Überströmen und Auskolkungen gut gesichert werden müssen,

im besonderen muß dies am Überlauf geschehen. Man wird ferner beachten müssen, daß ein Unterwassersetzen des Geländes oberhalb des Wehres soweit der Stauspiegel dieses kleinen Beckens bei Vollfüllung reicht, während der Bauzeit jederzeit eintreten kann. Die dauernde Erhaltung dieses kleinen Stauwerkes nach Fertigstellung der großen Sperrmauer ist zu empfehlen, um im späteren Betriebe die Haupttalsperre für Ausbesserungsarbeiten trocken legen zu können. Die konstruktiven Anordnungen dieser Dämme richten sich nach den allgemeinen Grundsätzen für solche kleineren Talsperren (s. § 34). Es sind zur Ausführung gelangt reine Erddämme, Betonmauern (Markklissa), Staudämme mit Betonkern u. a. m.

Es ist nicht zu verkennen, daß die erste Abdämmung in einem Flusse, besonders in einem Gebirgsflusse mit schnell eintretendem Hochwasser mit einer gewissen Gefahr verbunden ist. Einer solchen Gefahr wird die Herstellung jeder wie immer beschaffenen Abdämmung während der Bauausführung ausgesetzt sein.

An der Urfttalsperre erfolgte die Umleitung des Wassers durch einen Stollen (Abb. 241 auf S. 388) und als Stauwerk diente ein Erddamm. Dieser Damm wurde zunächst zerstört. Dies wurde dadurch verursacht, daß der ziemlich frische Damm bei dem ersten durch Hochwasser bewirkten außergewöhnlichen Steigen des Wassers überströmte bzw. durchbrochen wurde. Nach gründlicher Wiederherstellung des Dammes und eines Überlaufs neben demselben hat der Damm jahrelang seinen Zweck erfüllt. Bei der Talsperre Mauer war ein bogenförmiger Staudamm mit Betonkern unterhalb der Abzweigung des Umlaufs (51,3 qm Abflußquerschnitt) angeordnet (s. Abb. 259 auf S. 408). Der Betonkern stand nicht auf Fels. Der kiesige Untergrund war durch Spundwände abgedichtet. Auf die Gewölbewirkung des Betonkerns konnte im vorliegenden Falle nicht gerechnet werden, weil der Bogen am linken Hange ins Erdreich eingriff, das nicht geeignet erschien, Beanspruchungen aufzunehmen, wie sie dem Beton des Kerns wohl zugemutet werden können. Bei dem Bau des Umleitungswehres wurde man vor dessen Fertigstellung durch Hochwasser überrascht. Der Betonkern war ohne Anschüttung fertig und der Bruch wurde dadurch veranlaßt, daß das Wehr bzw. der Betonkern überströmte wurde. Ein nochmaliger Unfall trat ein als durch Absturz von Gestein und Mauerwerk aus dem in Arbeit befindlichen Abfalschacht der Stollenumlauf verstopft wurde. Das Wasser staute sich oberhalb und trat schließlich über das Stauwehr, die Baugrube abermals überschwemmend¹⁾. Es dürfen daraus aber nicht allgemein ungünstige Folgerungen für diese Art der Umleitung gezogen werden, die im ganzen als durchaus zweckmäßig erscheint. Vergl. auch die Darlegungen im Zentralbl. d. Bauverw. 1912, S. 610.

Möhne-Talsperre. Die größte Hochwassermenge der Möhne und Heve, die an der Absperrstelle zusammenfließen, ist bei 416 qkm Niederschlagsgebiet 292 cbm/sek. Die Umleitung des Wassers geschah zum Teil durch den im linken Berghange liegenden Stollen, zum andern Teil durch 2 Überläufe, die in dem oberhalb der Baustelle errichteten Hochwasserschutzdamm vorgesehen waren (Abb. 284). Diese Überfälle fluteten bei höheren Wasserständen über. Das Wasser gelangte nach der Überleitung über die Baugrube wieder in die alten Bachbetten zurück. Die beiden Gerinne über der Baugrube waren als schmiedeeiserne Balkenträger mit 5 Zwischenstützen und so stark ausgebildet, daß sie die Hochwassermenge je 113 cbm/sek zu tragen vermochten. Die Eisenkonstruktion war mit gehobelten Bohlen verkleidet, die mit eisernen Federn gespundet waren. Die Rinnen hatten ein Gefälle von 1 : 45. Über die Leistungsfähigkeit vgl. die Angaben in der Abbildung.

3. Ableitung des Wassers mittels eines Hangkanals, der von dem Bachbett etwas über Höhe der Mauerkrone abzweigt und unterhalb der Baustelle wieder in den alten Lauf mündet. Diese Art ist in Amerika mehrfach angewendet worden (Croton-talsperre).

4. Stückweise Ausführung der Mauer kommt vornehmlich bei breiten Tälern in Betracht. Der Fluß wird zunächst in dem natürlichen Gelände bzw. im alten Lauf auf der einen Talhälfte abgeleitet und die eine Hälfte der Mauer hochgeführt, dann fließt das Wasser durch Öffnungen in der fertigen Sperrmauer ab und der andere Mauer-

¹⁾ Wasserwirtschaft und Wasserrecht 1906, S. 19, Tiefbau 1906, S. 320.

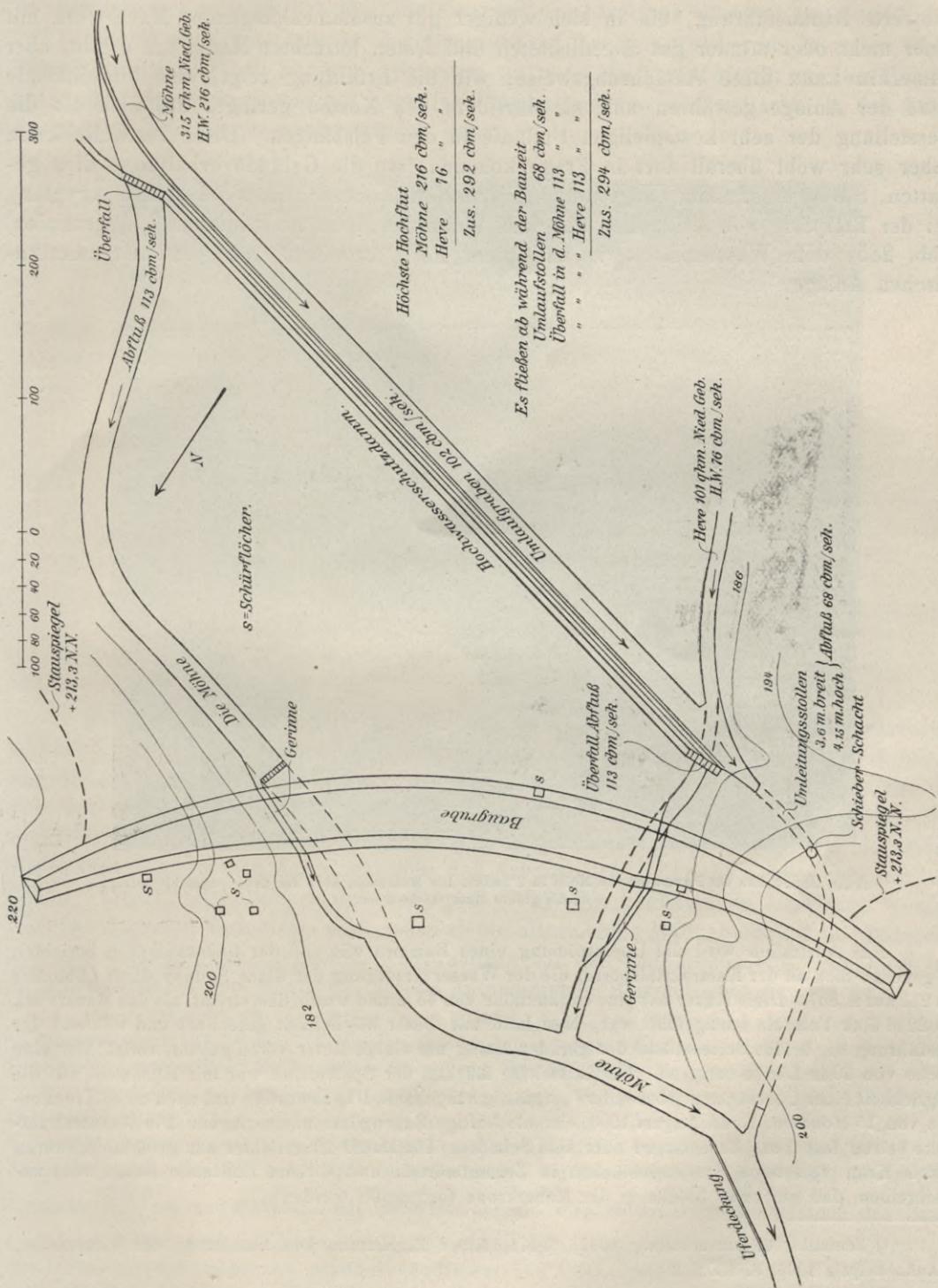


Abb. 284. Umlenkung des Wassers beim Bau der Möhnetalsperre.

teil wird hergestellt. Es ist nicht zu verkennen, das sich hieraus eine zum Teil erschwerte Bauausführung, ein in sich weniger gut zusammenhängendes Mauerwerk mit einer mehr oder minder gut abgedichteten und festen lotrechten Mauerfuge ergibt, aber immerhin kann diese Ausführungsweise, wie die Erfahrung zeigt, eine hinreichende Güte der Anlage gewähren und sie dürfte in den Kosten geringer ausfallen als die Herstellung der sehr kostspieligen Umläufe in den Felshängen. Diese Bauweise kann daher sehr wohl überall dort in Frage kommen, wo die Geländebeziehungen dies gestatten. Sie ist unter andern angewandt bei dem Bau des Staudammes bei Assuan (Ägypten), bei der Talsperre von Avignonet, bei dem Wehr von Molet im Primerofluß (Argentinien) Abb. 285, dem Wasserkraftwerk zu Spiers Fall (Amerika)¹⁾ und anderen amerikanischen Anlagen²⁾.



Abb. 285. Bau der Staumauer von Molet in 2 Teilen. Die Mauerhöhe über der Gründungssohle beträgt 14 m, die größte Mauerstärke 9 m.

Aus Australien wird die Überströmung eines Dammes während der Bauausführung berichtet. Es geschah dies an der Kataraktalsperre, die der Wasserversorgung der Stadt Sydney dient (Abb. 209 bis 211 auf S. 357). Diese Mauer hat eine Gesamthöhe von 45 m und wurde überströmt, als das Mauerwerk bis 22 m über Talsohle hochgeführt war. Man hatte mit dieser Möglichkeit gerechnet und während der Ausführung die beiden Seitenstücke der geraden Mauer um einige Meter voran gebaut, sodaß hier eine Lücke von 20 m Länge entstand. Der luftseitige Rücken der Sperrmauer war mit Rücksicht auf die Möglichkeit einer Überströmung besonders sorgfältig ausgebaut. Das Erwartete trat nach einer Trockenheit von 15 Monaten, Ende August 1906, ein, als heftige Regengüsse niedergingen. Die Wasserstrahldicke betrug fast 5 m. Es entstand aber kein Schaden. Die Mauer ist errichtet aus großen, schweren mittels Kran versetzten Sandsteinblöcken in Zementmörtel, und diesem Umstande ist es wohl zuzuschreiben, daß nur zwei Blöcke in der Mauerkrone fortgespült wurden³⁾.

1) Zentralbl. d. Bauverwaltung 1907, S. 471, ferner E. Mattern, Die Ausnutzung der Wasserkräfte, 2. Aufl., Leipzig 1903, S. 130.

2) Eng. Reg. 1903.

3) Eng. News v. 6. Dezember 1906, S. 584, Engineering v. 1. 2. 1907 und Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers London Vol. cl. XXVIII Sess. 1908/09 Teil IV.

Die Überströmung der Staumauer des Kraftwerkes zu Spiers Fall am Hudsonfluß während der Bauausführung zeigt die Abb. 286. Die Mauer hat eine Länge von 540 m bei 24 m Stauhöhe.

Die Wasserhaltung in der Baugrube ist bei den Talsperren in gutem Felsgrunde gering. Es tritt nur wenig Grundwasser auf. Meist wird hierfür zur Bewältigung anfänglich eine Lokomobile mit Zentrifugalpumpe genügen, die späterhin in der Regel durch eine Handpumpe ersetzt werden kann.

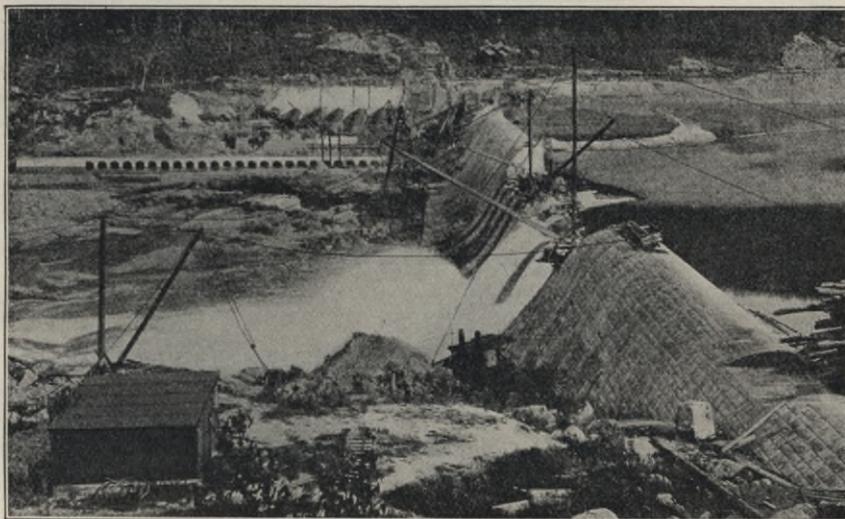


Abb. 286. Überströmung der Staumauer zu Spiers Fall am Hudson (Amerika) während der Bauausführung.

§ 52. Der Arbeitsplan für die Bauausführung. Bei Beginn der Bauarbeiten empfiehlt es sich, einen Arbeitsplan aufzustellen, aus dem die Verteilung der Arbeiten auf die verschiedenen Baujahre und die einzelnen Monate jeder Bauperiode, sowie die Zahl der notwendigen Arbeiter und die Art und Menge der erforderlichen Baumaterialien ersichtlich sind. Am klarsten geschieht dies in graphischer Darstellung. An der Hand dieses Planes kann man dann späterhin den Arbeitsbetrieb einrichten bzw. den tatsächlichen Fortgang der Bauarbeiten verfolgen. Für den bauleitenden Ingenieur werden folgende Angaben bedeutsam sein, wenn er die allgemeinen Maßnahmen auf der Baustelle und die sonstigen grundlegenden Anordnungen für den Bau treffen will. Es wird bemerkt, daß dabei von einem der Praxis entnommenen Beispiel ausgegangen ist.

Ermittlungen für die Einrichtung einer größeren Talsperrenbaustelle. (Bedarf an Mörtelmaterial, Kalkgruben, Arbeitsleistungen in den Steinbrüchen und auf der Baustelle u. a. m.) Den Aufrechnungen liegt der Bau einer Sperrmauer von 65000 cbm Mauerinhalt zugrunde.

Die Größe der Mörtelanlage und der Kalkgruben. Für die Leistung von 65000 cbm Mauerwerk sind zwei Bauperioden in Aussicht zu nehmen, und zwar für jedes Jahr die Bauzeit vom 1. April bis 31. Oktober, d. h. rund 160 Arbeitstage, abzüglich der Regentage und Sonntage. In zwei Sommern stehen also 320 Arbeitstage zur Verfügung. Im Durchschnitt beträgt somit die tägliche Leistung

$$\text{Leistung} = \frac{65000}{320} = \text{rund } 200 \text{ cbm.}$$

Mit Rücksicht auf die anfänglich bei Inbetriebsetzung des Baues geringeren Leistungen, spätere Stockungen im Baubetriebe, gelegentlich fehlende Materialzufuhr, unzureichenden Steinbruchbetrieb, schwankende Maurer- und Arbeiterzahl usw., wird man mit einer zeitweise erhöhten Leistung bis 50 v. H. — also 300 cbm — täglich rechnen müssen, und es wird gut sein, hierfür die mechanischen Baubetriebseinrichtungen zu treffen, um die Möglichkeit einer gesteigerten Arbeitstätigkeit zu haben.

Mörtelverbrauch und Mörtelmaschinen. Der Mörtelverbrauch beträgt rund 38 v. H. Mit Rücksicht auf Verluste beim Transport und Abladen des Mörtels wird man auf 40 v. H. rechnen müssen. (Solingen 40,8 v. H.). Demnach braucht man für 300 cbm Mauerwerk täglich $300 \cdot 0,4 = 120$ cbm Mörtel. Wieviel Mörtelmaschinen sind für die Herstellung dieser Mörtelmenge erforderlich? Für eine mittlere Mörtelmaschine kann man annehmen, daß sie 50 Mischungen, jede Mischung zu 250 l Kalk (1) + 375 l (1 $\frac{1}{2}$) Traßmehl + 440 l (1 $\frac{3}{4}$) Sand gerechnet, leistet. Diese Maße sind bei den bisherigen Talsperrenaussführungen üblich gewesen. Diese Einzelmengen ergeben 0,8 cbm feuchten, fertigen Mörtel. Für 120 cbm Mörtel sind also $\frac{120}{0,8} = 150$ Mischungen herzustellen. Man braucht also $\frac{150}{50} = 3$ Mörtelmaschinen dieser Größe. Die Praxis erweist aber, daß man — zumal solche Mörtelanlagen, dem Bauzweck entsprechend, meist etwas leicht gebaut sind — mit Betriebsstörungen rechnen muß. Es ist also notwendig, eine vierte Maschine als Reserve, im ganzen demnach vier Mörtelmaschinen aufzustellen. Denn von der Mörtelanlage hängt der ganze Maurerbetrieb ab. Für drei solcher Mörtelmaschinen genügt eine Lokomobile von 12—14 PS-Stärke.

Sandbedarf für 300 cbm Mauerwerk. Für 300 cbm Mauerwerk sind 120 cbm Mörtel erforderlich; hierbei entfallen auf je 0,8 cbm Mörtel 440 l Sand; also auf 120 cbm Mörtel kommen $\frac{0,440}{0,8} \cdot 120 = 66$ cbm Sand. Für 65000 cbm Mauerwerk sind also im ganzen erforderlich $\frac{65000 \cdot 66}{300} =$ rund 15000 cbm Sand. Es wird sich empfehlen, einen Vorrat für mindestens vier Wochen ständig auf Lager zu halten, d. i. rund $66 \cdot 30 =$ rund 2000 cbm.

Traßverbrauch für je 300 cbm Mauerwerk. Auf je 0,8 cbm Mörtel kommen 375 l Traß, also auf 120 cbm Mörtel $\frac{0,375 \cdot 120}{0,8} = 56,3$ cbm Traß. Für 65000 cbm Mauerwerk sind somit $\frac{65000}{300} \cdot 56,3 =$ rund 12130 cbm erforderlich, 1 Sack Traß enthält 50 l; also sind im ganzen $\frac{12130 \cdot 1000}{50} = 242600$ Sack Traß erforderlich. Es wird sich empfehlen, einen Vorrat von mindestens einer Woche auf Lager zu halten. Es bedarf dieser Zahlen für den Abschluß der Lieferungsverträge.

Kalkbedarf für 300 cbm tägliche Maurerleistung. Für 300 cbm Mauerwerk werden 120 cbm Mörtel gebraucht. Auf je 0,8 cbm Mörtel kommen 250 l Kalkbrei, also auf 120 cbm Mörtel $\frac{0,250}{0,8} \cdot 120 = 37,5$ cbm Kalk. Für 65000 cbm Mauerwerk: $\frac{65000}{300} \cdot 37,5 = 8125$ cbm Kalk.

Der Kalk muß in den Gruben abgelöscht, vor der Mörtelbereitung 28 Tage gelagert haben, demnach erforderlicher Grubenraum $37,5 \cdot 28 = 1050$ cbm. Jede Grube mag etwa 50 cbm groß sein (6:6:1,6); dann würden 21 Gruben erforderlich sein. Nutzbare Tiefe etwa 1,60 m. Für Betriebsstörungen in der Zufuhr usw. wird man zweckmäßig 25 v. H. Zuschlag machen und demnach rund 1300 cbm Grubenraum schaffen.

Gesamtbedarf an Steinen für 65000 cbm Mauerwerk: $65000 \cdot 1,25 =$ rund 82000 cbm. Wenn man rechnet, daß aus den Brüchen der Abraum und der brauchbare Stein im Verhältnis 1:1 gewonnen wird, so würde der aufzuschließende Steinbruch einen Rauminhalt von $82000 \cdot 2 = 160000$ bis 200000 cbm haben müssen. (Für überschlägliche Ermittlungen.)

Arbeiterbedarf in den Steinbrüchen, um Steine für 300 cbm Mauerwerk zu gewinnen. Steinbedarf $300 \cdot 1,25 = 375$ cbm. Für je 1 cbm sind 0,8 bis 0,9 Arbeitertagewerk, für Steinebrechen, Reinigen und Förderung auf den Transportwagen, und mit Zuschlag für Kranke (5 v. H.) $375 \cdot 0,85$ rund 320 Arbeiter erforderlich. Als Begleitmannschaft für den Transport sind nur einige wenige Leute erforderlich.

Bedarf an Arbeitern bei der Mauerung für eine tägliche Leistung von 300 cbm Mauerwerk.

Maurer. Als durchschnittliche Leistung eines Maurers ergab sich in der zweijährigen Solinger Bauzeit 2,1 cbm, in max. 2,6 cbm. Das Ergebnis stimmt mit den Erfahrungen an andern Talsperrenbaustellen überein. Die erforderliche Maurerzahl ist demnach $\frac{300}{2,1} = 143$. Mit Rücksicht auf Kranke usw. wird man 150 in Aussicht nehmen.

Handlanger bei der rheinisch-westfälischen Bauweise für den Stein- und Mörteltransport auf der Mauer und sonstige Nebenarbeiten. Nach den Erfahrungen in Solingen kommt 0,22 Handlangertagewerk auf 1 cbm Mauerwerk, also bei 300 cbm Tagesleistung

$$300 \cdot 0,22 = 66 \text{ oder rund } 70 \text{ Handlanger.}$$

Reparaturwerkstätte. Man kann annehmen: 1 Meister und Materialenverwalter und 3—4 Schlosser. Ferner 1 Monteur für die elektrischen Anlagen, die Beleuchtung usw., 1 Schießmeister und Sprengstoffverwalter.

Auch wird eine Anzahl Zimmerleute für die Rüstungen gebraucht; jedoch ist eine bestimmte Zahl hier schwer anzugeben.

Außerdem ist an Personal vorzusehen:
im Bureau der Unternehmung:

- 1—2 Ingenieure, und zwar
 - 1 Ing. für die Materialbeschaffung,
 - 1 » » » Außenleitung,
- 1 Buchhalter,
- 1—2 Schreiber (Kranken-, Invalidenversicherung),
- 1 Bote;

im Außendienst:

- 1 Techniker (Absteckungsarbeiten),
- 1 » (Zufuhr der Materialien),
- 1 » (Maßnahmen auf der Baustelle).

Für die Verwaltung des Bauherrn (bei Unternehmerbau):

- 1 Bauleitender,
- Ingenieure, Techniker und Schreiber nach Bedarf,
- 1 Bote,
- 1—2 Aufseher für den Steinbruch,
- 2 » » die Mauerung,
- 1 » » » Mörtelbereitung.

Jedoch richtet sich dieser Bedarf im allgemeinen nach der Lage des Einzelfalles, und ist im besonderen auch davon abhängig, inwieweit die Entwurfsbearbeitung erst in der Bauausführung erfolgt oder ob ein fertig abgeschlossenes Projekt vorliegt. Bei Ausführung in Eigenbetrieb müssen für einen verlässlichen und schnellen Arbeitsvorgang entsprechend mehr Kräfte eingestellt werden.

§ 53. Die Baustoffe, ihre Gewinnung und Prüfung. Die Mörtel- und Mauer-technik hat sich bei dem heutigen Massenbedarf an Bindemitteln und andern Baustoffen im besondern auch bei den Ingenieurbauten zu einem umfangreichen Sondergebiet ausgebildet. Es erfordert ein eingehendes Studium, um die chemische und physikalische Beschaffenheit der Baustoffe einerseits, ihr chemisches Einwirken aufeinander im Mörtel und Mauerwerk bei der Abbindung, ferner die zweckmäßigsten Mörtelmischungen unter Berücksichtigung der Kostenfrage zu erforschen. Die Studien und Beobachtungen sind hier noch keineswegs abgeschlossen. Je mehr man forscht, um so mehr Fragen tauchen auf in diesem vielseitigen Gebiet, das sich förmlich zu einer besonderen Wissenschaft herausgebildet hat. Es soll hier nur auf das wesentlichste eingegangen werden, soweit der Gegenstand mit dem Talsperrenbau zusammenhängt. Für die Beurteilung der Beschaffenheit der Baustoffe des Talsperrenmauerwerkes sei auf die Bestimmungen unter C der in § 16 mitgeteilten »Anleitung für Bau und Betrieb von Sammelbecken« Bezug genommen. Es sind dort die grundlegenden Forderungen an die Güte kurz zusammengestellt. Im übrigen werden auch die folgenden Angaben bei der Wahl der Baustoffe von Interesse sein und dem Ingenieur auf der Baustelle für praktische Handhabung einigen Anhalt bieten.

Die Ziegelsteine für Talsperrenbauten, die vornehmlich bei den Abmauerungen der Stollen und Rohrleitungen Verwendung finden, werden neben sonstigen guten Eigenschaften hinsichtlich der Festigkeit und Witterungsbeständigkeit vor allem auch ein möglichst geringes Wasseraufnahmevermögen aufweisen müssen.

Die Prüfung der Wasseraufnahme der Ziegelsteine für die Solinger Talsperre geschah in der Weise, daß ihr Gewicht trocken und nach Lagerung im Wasser bestimmt wurde. Das Wasseraufnahmevermögen, bezogen auf das nach Abdampfen im Trockenschrank vorhandene Gewicht, ist in folgender Tabelle zusammengestellt.

Bezugsart	Sorte I		Sorte II		Sorte III	
	78	120	78	120	78	120
Dauer der Lagerung der Ziegelsteine im Wasser (Stunden)	18,4	18,5	5,1	7,3	6,6	9,1
Wasseraufnahme v. H. des Trockengewichtes						

Die Sorte II wurde für die Abmauerung der Rohrstollen gewählt. Die Druckfestigkeit der Ziegelsteine sollte mindestens 250 kg/qcm betragen¹⁾.

Für die Güte des Eisens sollten die Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau gelten, die hierüber alles bemerkenswerte enthalten.

Die Bausteine. Um zu erkennen, ob die zu verwendenden Steine gesund, fest, schwer, dicht und wetterbeständig sind und sich für das Talsperrenmauerwerk eignen, bedarf es einer eingehenden Untersuchung. Diese Prüfung hat zu erfolgen auf: 1. Festigkeit, 2. Dichtigkeit, 3. Wasseraufnahmevermögen, 4. Frostbeständigkeit, 5. Wetterbeständigkeit. Die Prüfungen zu 1—4 erfolgen am besten in einer anerkannten (staatlichen) Versuchsanstalt, da die Baustellen selten mit den dazu erforderlichen Einrichtungen ausgerüstet sein werden. Für die Festigkeit der natürlichen Bausteine können in letzter Linie nur Einzelversuche des wirklich im Bau zu verwendenden Steines maßgebend sein. Allgemein wird daraus der Ingenieur seine Schlußfolgerungen ziehen können. Einige Einzelheiten sind aus den nachstehend mitgeteilten Prüfungsergebnissen ersichtlich. Doch darf man nicht übersehen, daß bei der Beurteilung der kritische Blick und die Sachkunde eines erfahrenen Ingenieurs oft wertvoller sind, als alle solche aus Schnellversuchen hergeleiteten Anschauungen, wobei im übrigen der Wert der Laboratoriumsversuche nicht verkannt werden soll. Entscheidend kann überdies nur die Bewährung eines Materials im Bauwerk selbst sein.

Bei der Wülfelsgrund-Talsperre in Schlesien war auf Grund von Laboratoriumsversuchen ein graues, sandsteinartiges Gestein, das im frischen Zustande eine sehr gute Beschaffenheit zeigte, für die Verwendung im Bau als geeignet bezeichnet. Die Versuche in der Prüfungsanstalt waren in üblicher Weise auf Frostbeständigkeit geprüft worden. Einige Probesteine jedoch, die ein Jahr lang im Freien gelegen und überwintert hatten, waren vollkommen grusartig zerfallen. Die vom Verfasser an Ort und Stelle besichtigten Steine, die diesen Prozeß durchgemacht hatten, zeigten die Erscheinung des Auseinandergehens und Aufplatzens nach der Art, wie Kalksteine im Augenblick des Ablöschens zerfallen. Der Stein wurde daraufhin von der Verwendung im Bau ausgeschlossen.

Dieses Vorkommnis erweist, daß die künstlichen Wetterbeständigkeitsproben durch wiederholtes Gefrierenlassen in trockenem und nassem Zustande u. a. m. nicht in allen Fällen die natürliche Verwitterung ausreichend nachahmen können und daß ihre Ergebnisse für die Beurteilung der Bauwürdigkeit eines Gesteins nicht immer genügende Unterlage bieten. In Wirklichkeit treten noch andere Einflüsse auf, z. B. Sonnenschein und atmosphärische Wirkungen, die sich in einem so kurzen Versuch nicht zur Geltung bringen lassen.

Für die Prüfung der Wetterbeständigkeit der natürlichen Bausteine empfiehlt es sich daher, die Steine längere Zeit hindurch dem Einflusse der Witterung auszusetzen. Dies kann geschehen durch Lagern im Freien auf der Baustelle. Die Lagerung sollte, wenn möglich, mindestens ein Jahr dauern, so daß damit eine Überwinterung verbunden

¹⁾ Über Prüfung der Mauersteine s. Zentralbl. d. Bauverw. 1907, S. 230.

ist. Die Steine müssen vor dem Eintritt des Frostes die Bruchfeuchtigkeit verloren haben. Der Einfluß von Sonnenschein und Nässe tritt bei Steinen, die dem zugänglich sind, sehr bald zutage.

Einige Beispiele mögen hier Platz finden.

Untersuchung der Steine für den Talsperrenbau im Sengbachtale (Solingen). Die in dem Bruchsteinmauerwerk der Bauausführungen zur Verwendung gelangenden Steine wurden in Steinbrüchen des Sengbachtales gewonnen. Das Gebirge gehört der Mitteldevonformation an und besteht aus Tonschiefer (Lenneschiefer) und aus kristallinischem Schiefer, Grauwacke genannt. Das Gefüge dieser Steine ist feinkörnig bis dicht, der Bruch unregelmäßig, scharfkantig und zum Teil splittrig, die Farbe dunkelgrau bis grünlichgrau mit vereinzelt rostfarbigen Spaltungsflächen.

Nach den Feststellungen der Kgl. mechanisch-technischen Versuchsanstalt damals in Berlin-Charlottenburg war:

1. Das spezifische Gewicht, am Pulver bestimmt, $s = 2,752$ bis $2,765$.
2. Das Raumgewicht $r = 2,716$ bis $2,718$.
3. Der Dichtigkeitsgrad

$$p = \frac{r}{s} = 0,983 \text{ bis } 0,987.$$

Die Bruchsteinproben hatten ihre Frostbeständigkeit in 25 maligem Wechsel von Gefrieren bei -12°C und Auftauen in Wasser von Zimmerwärme bestanden und sich unversehrt gezeigt.

Die Ermittlung der Druckfestigkeit bei der Zerstörung, ausgeführt an Würfeln von $16,1 \text{ qcm}$ Fläche, ergab an verschiedenen Probestücken:

1. In wasserhaltendem Zustande geprüft 1210 und 1461 kg/qcm .
2. Nach dem Gefrieren der wassersatten Proben im wassersatten Zustande geprüft 1058 und 1485 kg/qcm .
3. Im trockenen Zustande geprüft 1245 , 1361 und 1717 kg/qcm .

Die Zahlen sind das Mittel aus je zehn Proben.

Das mittlere Einheitsgewicht konnte hiernach zu $2,75$ und die mittlere Druckfestigkeit zu etwa 1500 kg/qcm angenommen werden. Das Wasseraufnahmevermögen dieser Steine — eine Eigenschaft, die für den Zweck einer Talsperre von besonderer Bedeutung ist — ist sehr gering und beträgt bis zu $0,5 \text{ v. H.}$ als Höchstmaß. Das große spezifische Gewicht macht die Steine des sog. Lenneschiefers für das Talsperrenmauerwerk besonders geeignet.

Prüfung von Bruchsteinen für die Talsperre der Stadt Nordhausen a. Harz 1899. Das Probematerial, bestand aus 49 unregelmäßig behauenen Bruchsteinblöcken. Die für die Versuche auf Abnutzbarkeit, Wasserdurchlässigkeit und Druckfestigkeit erforderlichen Probestücke wurden aus den Blöcken mit der Steinsäge herausgeschnitten.

Abnutzbarkeit. Probematerial: Zwei aus Bruchsteinblöcken herausgeschnittene Probestücke mit 50 qcm quadratischer Schleiffläche und einige Abfallstücke. Beschaffenheit der Bruchfläche:

1. Gefüge: feinkörnig bis dicht.
2. Bruch: flachmuschelig bis splittrig, scharfkantig.
3. Farbe: dunkelgrau.

Die Probestücke wurden bei 100°C getrocknet und auf einer Bauschingerschen Schleifmaschine bei 30 kg Belastung (ausschl. Eigengew.) bei einer geschliffenen Fläche von 50 qcm , also bei einem Druck von $0,6 \text{ kg/qcm}$, bei 608 m gesamtem Schleifwege (440 Umdrehungen bei 22 cm mittlerem Halbmesser der schleifenden Fläche) und bei nahezu $0,69 \text{ m/sek.}$ Geschwindigkeit (30 Umdrehungen in der Minute) unter Anwendung von je 20 gr Naxosschmirl Nr. 3 auf je 22 Scheibenumgänge geschliffen. Vor der Schmirlaufgabe wurde jedesmal das abgeschliffene Material samt den Schmirlresten entfernt.

Gewicht der Proben nach Herstellung einer vollkommenen Schleiffläche:

Probe 1 = $655,5 \text{ g}$. Probe 2 = $701,2 \text{ g}$.

Raumgewicht der Proben im Mittel aus drei Versuchen $r = 2,696$.

Spezifisches Gewicht s (am Pulver bestimmt) = $2,703$.

Dichtigkeitsgrad $d = \frac{r}{s} = 0,997$.

Tab. 68.
Ergebnisse der Prüfungen auf Wasseraufnahme und Druckfestigkeit der Steine für die Talsperre der Stadt Nordhausen a. H.
Bezeichnung der Proben: »Grauwacke«.

Probeform und Abmessungen: Würfel¹⁾ mittlere Abmessungen: 4,00 · 4,00 · 3,98 cm gedrückte Fläche = 16,0 qcm.

Wasseraufnahmevermögen										Druckfestigkeit																	
Probe Nr.	nach dem Schneiden und Schließen		Gewicht nachdem die Proben 24 100 125 Stunden unter Wasser gelegen		Wasseraufnahme		Im wassersättigten Zustand geprüft I normal zur Lagerrichtung		Nach dem Gefrieren der wassersättigten Proben im wassersättigten Zustand geprüft ²⁾ normal zur Lagerrichtung I				Im trockenen Zustande geprüft normal zur Lagerrichtung I				Im trockenen Zustande parallel zur Lagerrichtung II geprüft										
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	bei der Reißbildung	bei der Zerstörung	Gewicht kg	bei der Reißbildung	bei der Zerstörung	Gewicht kg	bei der Reißbildung	bei der Zerstörung	Belastung kg ³⁾	bei der Reißbildung	bei der Zerstörung	Gewicht kg	bei der Reißbildung	bei der Zerstörung	Belastung kg ³⁾	bei der Reißbildung	bei der Zerstörung	Gewicht kg	bei der Reißbildung	bei der Zerstörung	
																											kg
1	0,175	0,175	0,175	0,175	0,000	0,000	41 380	11	[24 460 ⁴⁾]	21	34 910	31	50 330	31	50 330	31	50 330	31	50 330	31	50 330	31	50 330	31	50 330	31	50 330
2	0,172	0,172	0,172	0,172	0,000	0,000	28 440	12		22	50 330	32	45 360	32	50 330	32	45 360	32	50 330	32	45 360	32	50 330	32	45 360	32	50 330
3	0,168	0,168	0,169	0,169	0,001	0,006	30 930	13	Risse	23	34 910	33	40 880	33	34 910	33	40 880	33	34 910	33	40 880	33	34 910	33	40 880	33	40 880
4	0,172	0,172	0,172	0,172	0,000	0,000	24 460	14	und	24	38 890	34	31 930	34	38 890	34	31 930	34	38 890	34	31 930	34	38 890	34	31 930	34	38 890
5	0,168	0,168	0,169	0,169	0,001	0,006	38 390	15	Zer-	25	34 910	35	46 350	35	29 440	35	46 350	35	29 440	35	46 350	35	29 440	35	46 350	35	46 350
6	0,170	0,170	0,170	0,170	0,000	0,000	22 470	16	störung	26	34 910	36	31 430	36	34 410	36	31 430	36	34 410	36	31 430	36	34 410	36	31 430	36	34 410
7	0,170	0,170	0,170	0,170	0,000	0,000	31 430	17	fielen	27	[18 490 ⁴⁾]	37	51 830	37	35 410	37	51 830	37	35 410	37	51 830	37	35 410	37	51 830	37	51 830
8	0,170	0,170	0,170	0,170	0,000	0,000	46 850	18	zu-	28	36 900	38	29 440	38	44 860	38	29 440	38	44 860	38	29 440	38	44 860	38	29 440	38	44 860
9	0,172	0,172	0,172	0,172	0,000	0,000	[13 690 ⁴⁾]	19	sammen	29	40 380	39	34 910	39	39 890	39	34 910	39	39 890	39	34 910	39	39 890	39	34 910	39	39 890
10	0,168	0,168	0,168	0,168	0,000	0,000	32 420	20	sammen	30	31 930	40	31 430	40	37 900	40	31 430	40	37 900	40	31 430	40	37 900	40	31 430	40	37 900
Mittel	0,171	0,171	0,171	0,171	0,000	0,001	32 974	—	0,171	—	36 031	—	0,168	—	38 095	—	0,168	—	38 095	—	0,168	—	38 095	—	0,168	—	38 095
							2 061	—	—	—	2 252	—	—	—	2 381	—	—	—	2 381	—	—	—	2 381	—	—	—	2 381

Mittlere Druckfestigkeit B in kg/qcm

Bemerkungen: 1) Die Druckflächen der Würfel waren parallel und eben geschliffen.
 2) Zehn mit Wasser gesättigte Würfel wurden 25mal einer Kälte Wirkung von durchschnittlich — 12° C ausgesetzt und in Wasser- von Zimmerwärme wieder aufgetaut.
 3) Die Zahlen sind nur bis ± 2,5 v. H. zuverlässig.
 4) In der Spaltrichtung gedrückt; von der Bildung des Mittelwertes ausgeschlossen.

Abnutzung.

Probe Nr.	Gewichtsverlust nach Umdrehungen der Scheibe				Raum- gewicht	Abnutzung in Summa	
	110	220	330	440		g	ccm
	Gramm						
1	4,1	5,2	6,2	5,5	2,696	21,0	7,8
2	4,5	4,8	4,7	3,7		17,7	6,6
Mittel	—	—	—	—		19,4	7,2

Ergebnisse der Prüfung auf Wasserdurchlässigkeit und Frostbeständigkeit.

Wasserdurchlässigkeit: Fünf kreisrunde Platten von 7,1 cm Durchmesser und durchschnittlich 1,8 cm Dicke wurden drei Tage lang einem Wasserdruck von 2–2½ Atmosphären ausgesetzt. Bei dieser Beanspruchung ließen die Proben kein Wasser durch.

Frostbeständigkeit: Zehn mit Wasser gesättigte Würfel wurden 25 mal hintereinander abwechselnd je vier Stunden dem Froste von durchschnittlich -12°C ausgesetzt und je drei Stunden in Wasser von Zimmerwärme wieder aufgetaut. Nach dieser Beanspruchung zeigten sich die Proben unversehrt.

Wasseraufnahmevermögen und Druckfestigkeit s. Tab. 68.

Die Beanspruchungen des Mauerwerkes in diesen Talsperren nach der statischen Berechnung s. Tab. 59 auf S. 257.

Über die Versuche mit Bausteinen für den Bau der Gothaer Talsperre s. Mitteilungen aus den Kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1901, 2. Heft.

Versuche auf Festigkeit, Ausdehnung durch Wärme und Feuchtigkeit des Sandsteins für den Bau der Katarakt-Talsperre in Neu-Süd-Wales (Australien) s. »Minutes of Proceedings« des Zivilingenieur-Vereins in London, Bd. CLXXIII, Ses. 1908/09, Teil IV. Der Sandstein ergab eine Festigkeit von rund 300 kg/qcm, während die größte Druckbeanspruchung im Bauwerk rechnermäßig 9,4 kg/qcm beträgt. Der verwandte Mörtel hatte eine Druckfestigkeit von 113 kg/qcm, der Beton eine solche von 130 kg/qcm nach 90 Tagen (s. S. 276).

Vgl. ferner: J. Hirschwald, Die Prüfung der natürlichen Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit. Derselbe, Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung. Derselbe, Die bautechnisch verwertbaren Gesteinsvorkommnisse des Preußischen Staates und einiger Nachbargebiete.

§ 54. Anlage und Betrieb der Steinbrüche. Der große Verbrauch an Steinmaterial in umfangreichen Bauanlagen hat es mitunter vorteilhaft erscheinen lassen, die Gewinnung der natürlichen Bausteine in eigens für diesen Zweck aufgeschlossenen Steinbrüchen zu suchen. In besonderem Maße ist dieses Verlangen hervorgetreten bei den neueren Talsperrenbauten, für die viele tausende, ja hunderttausende Kubikmeter Steine gebrochen werden müssen. Unter solchen Umständen wird die Deckung dieses Bedarfs zu einer den Bau stark beeinflussenden Frage. Der günstigste Fall bietet sich dar, wenn die Steine an der Verbrauchsstelle gefunden werden. Ist dies nicht möglich und muß das Material weiter herbeschafft werden, so bringen die Transportkosten eine schwere Belastung des Baues mit sich und vermindern bei einem auf Verzinsung berechneten Werke die Nutzwirkung wesentlich, wenn nicht überhaupt die Anlage dadurch unwirtschaftlich und unausführbar wird. Die Anlage und der Betrieb der Steinbrüche, wenn die Bausteine an Ort und Stelle aus eignen Brüchen entnommen werden, steht in sehr innigem Zusammenhange mit der Bauausführung und wird zu einem Teile der letzteren, so daß die Vereinigung beider Arbeitsplätze in einer Hand zweckmäßig erscheint. Es sind klare und vorsichtige Maßnahmen geboten, um jenen Betrieb in Einklang mit den Vorgängen auf der Baustelle zu bringen. Der Fortgang des Baues wird dabei erfahrungsmäßig meist bedingt durch den Zustand und die Ergiebigkeit

der Steinbrüche. Liefern die Brüche brauchbares Material in hinreichender Menge, so nehmen die Mauerarbeiten günstigen Verlauf; stockt die Steingewinnung, so stockt auch der Baubetrieb.

Bevor man den zur Verwendung im Bau geeigneten Stein aufgeschlossen hat, ist in der Regel viel Abraum der überlagernden Geröllschicht bei Seite zu schaffen. Das ist kostspielig. Viel Arbeit und Zeit ist hier leicht verschwendet, wenn sich später erweist, daß die Anlage verfehlt ist. Vor raschem Aufgeben des Bruches und neuem Beginnen an anderer Stelle schreckt man zurück, wenn bereits große Aufwendungen für die Vorbereitung gemacht sind und weil die Ungewißheit besteht, ob sich anderswo besseres Gestein findet. So ist die Inangriffnahme eines Steinbruches mehr oder weniger ein Glücksspiel, besonders in geschichteten Gebirgen, wie in dem Devon des rheinisch-westfälischen Schiefer- und Grauwackengebirges, das neben guten Lagen viel Minderwertiges in oft plötzlichem Wechsel führt. Es kann dort $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ des Berges auf Abraum gerechnet werden. Man wird daher bei dem Aufsuchen einer Anbruchstelle gut tun, sich nicht auf einige oberflächliche Schürfungen zu beschränken; man wird vielmehr Probegruben in ausgedehntem Maße an dem für den Steinbruch in Aussicht genommenen Berghange ausheben bzw. aussprengen müssen, und mehr Vorteil als alle Überlegungen wird oft die Zurateziehung von solchen Leuten aus der Umgegend bringen, die mit den örtlichen Gebirgsverhältnissen vertraut sind und Erfahrung und sicheren Blick in der Beurteilung der Eigenart der Gesteinsbänke besitzen. Mögen derartige Vorarbeiten auch — mitunter nicht unwesentliche — Kosten verursachen, so steht doch dieser Aufwand in gar keinem Verhältnis zu dem einzugehenden Wagnis, das sich aus voreiligem Tun ergibt. Ob die Mitwirkung eines Geologen von Fach notwendig ist, sei dahingestellt, da es sich hier weniger um allgemeine Kenntnis der Formationen und Gesteine handelt als um praktisches Sachverständnis, das im Einzelfalle oft höher einzuschätzen ist als die Theorie.

Die naturgemäße Lage der Steinbrüche ist die über der Höhe der Verwendungsstelle bzw. bei einem Talsperrenbau über der Mauerkrone, damit das gewonnene Material der Schwerkraft folgend auf die einfachste und billigste Weise zur Baustelle geschafft werden kann (s. S. 441). Allein dieser Grundsatz läßt sich in der Ausführung leider nicht immer verwirklichen. In den Bergkuppen ist meist das Gestein weniger gut; hier fehlt es oft auch an den nötigen Angriffsflächen. Im Fuß des Berges an der Talsohle sitzt in der Regel das kernige Material. Wenn die Hänge nicht zu steil sind, ist dann überdies die Möglichkeit gegeben, die Steinbrüche in etwa 2—4 Staffeln übereinander anzulegen (Abb. 287). Dieser Arbeitsbetrieb bietet den Vorteil, daß man eine brauchbare Felswand in ihrer ganzen Ausdehnung ausnutzen kann. Die Höhe der einzelnen Brüche darf dabei eine gewisse Grenze nicht überschreiten, da sonst das abgesprengte Material beim Absturz arg zerstört wird. Dieser Übelstand wird schon bei einer Höhe von 30 m sehr fühlbar, und man wird den Staffeln zweckmäßig eine Höhe von etwa 12—20 m geben. Der unterste Bruch bleibt hierbei um 5—6 m über der Talsohle, um für den seitwärts abzufahrenden Abraum Schüttflächen zu besitzen. Diese Höhenlage wird auch erforderlich, wenn in unmittelbarer Verbindung mit dem Bruche für die Herstellung von Beton- oder Schottersteinen ein Steinbrecher errichtet werden soll, der mit Zu- und Abfuhrgleisen in verschiedener Höhe zu versehen ist (Abb. 288). Aus der Anlage mehrerer Staffeln kann sich allerdings ein Nachteil in dem Falle ergeben, wenn die Steine in den Brüchen für die Vermauerung gereinigt und gewaschen werden. Das hierbei abfließende Wasser sickert in die Schichten des Felsens und gelangt in den nächst



Abb. 287. Steinbruch in 3 Staffeln mit Gleisanschluß für Lokomotivbetrieb.

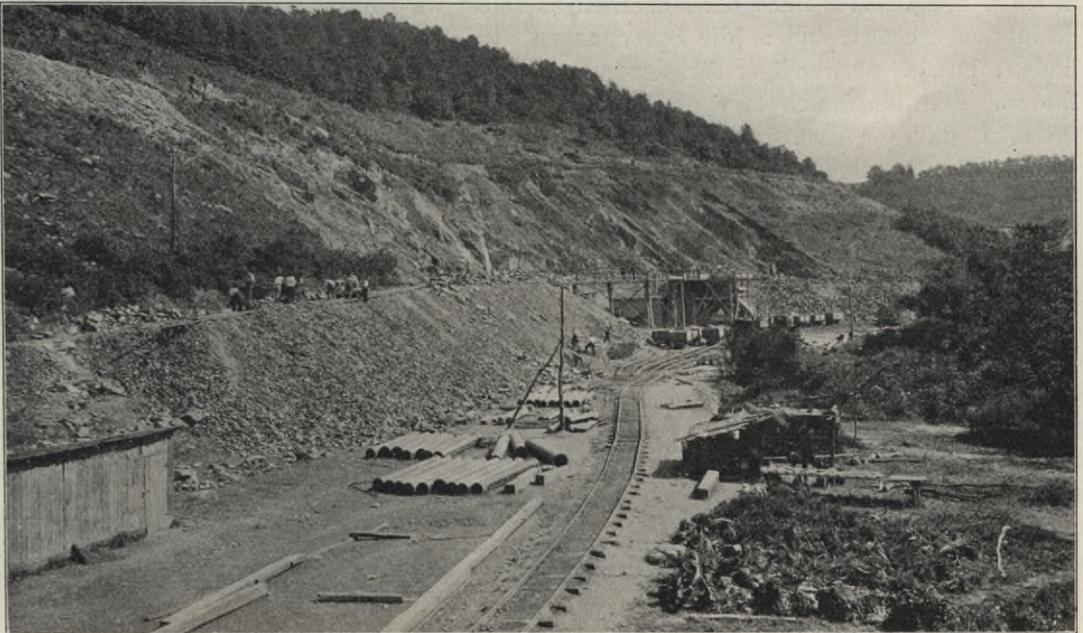


Abb. 288. Steinbruch mit Steinbrecher.

untern Bruch, wo das Gestein durchfeuchtet wird. Dadurch wird die Verwendung von Pulver erschwert.

Hinsichtlich der Lage zur Himmelsrichtung ist beobachtet worden, daß die Hänge nach Süden und Südwesten mehr unter der Verwitterung leiden und daher weniger gutes Gestein liefern als nach den anderen Richtungen. Im besonderen wird die Lage nach Norden als günstig für die Aufschließung eines Steinbruches angesehen. Doch können diese Regeln nur ganz allgemeine Geltung haben, und es finden im Einzelfalle oft Ausnahmen statt. In geschichtetem Gestein ist sehr zu beachten, ob der Schichten-einfall in den Berg oder vom Berge weg stattfindet, da sich in letzterem Falle ein viel vorteilhafterer Arbeitsbetrieb vollzieht. Das losgesprengte Gestein wird hier durch die Schwerkraft in den Bruch gefördert. Mit am günstigsten gestaltet sich der Ausbruch, wenn die Bänke in ihrem Rücken angegriffen werden.

Von Bedeutung ist die Lage des Steinbruches zur Baustelle. Eine zu große Nähe ist geeignet, die Sicherheit der Anlage zu gefährden durch die beim Sprengen hervorgerufenen Erschütterungen. Bei einer Talsperre kann zudem die Dichtigkeit des Beckens beeinträchtigt werden, wenn die Felswandung in den Flanken der Sperrmauer durch den Ausbruch zu sehr geschwächt wird. Der Wunsch, das Steinmaterial möglichst unmittelbar an der Verwendungsstelle zu gewinnen, darf nicht zu sehr in den Vordergrund treten. Man darf nicht eine Talmulde durch ein mit aller Sorgfalt ausgeführtes Bauwerk abschließen und gleichzeitig die unumgängliche Rücksicht an anderen Stellen vernachlässigen. Das gilt jedoch nur für jenen Teil der Berghänge, der unter dem zukünftigen Wasserspiegel liegt. Besondere Vorsicht ist in dieser Hinsicht dann geboten, wenn in den seitlichen Berghängen die Schichten in der Richtung des Tales streichen. In solchen Fugen zwischen den Gesteinsbänken zieht sich das Wasser unter dem Drucke des gefüllten Beckens leicht um die Mauer herum. Versäumnisse nach dieser Richtung bringen unangenehme Verluste an Sickerwasser und machen kostspielige Abdichtungsarbeiten nötig. Aber auch der Mauerbetrieb selbst wird durch einen zu nahe gelegenen Steinbruch gestört, indem die Sprengungen, welche in fast allen Arbeitspausen stattfinden, infolge notwendiger Absperrungen zu lästigen Maßnahmen auf dem Bauplatze führen. Man darf sich hier nicht an zu enge Grenzen gebunden fühlen, wenn man bedenkt, daß ein Mehrtransport von einigen hundert Metern keine wesentliche Rolle spielt. Als die mindeste Entfernung der Steinbrüche von der Baustelle wird man 100 m ansehen müssen.

Hinsichtlich des Sprengbetriebes hat man zwei Arten: die Gewinnung im großen durch Minenlegung und den Angriff im kleinen durch Abkeilen und Sprengen. Bei dem ersteren Verfahren werden Stollen auf etwa 50—70 m Tiefe in die Bergwand getrieben und durch Querschläge eine Anzahl Gänge geschaffen, an deren Endpunkten Minenkammern Platz finden¹⁾. Die Zündung erfolgt hierbei nach Laden und Verdämmen der Stollen auf elektrischem Wege. Dieses Vorgehen ist im allgemeinen nur für sehr dichtes und festes Gestein anwendbar. Meist ist das Sprengen im Kleinen üblich, das übersichtlicher und mit weniger Wagnis verbunden ist. Das Vortreiben der Bohrlöcher erfolgt dabei in der Regel von Hand durch je zwei Leute. Versuche mit elektrischer und Luftdruckbohrung sind gemacht worden; aber mit schwankendem Erfolge. Die Bohrgeräte sind an den steilen, durch die Aussprengungen zerklüfteten Hängen schwer

¹⁾ Über dieses Verfahren s. genaueres u. a. den Aufsatz von Fecht, Anlage von Stauweihern in den Vogesen, Zeitschr. f. Bauwesen 1889.

anzusetzen. Die freie Beweglichkeit und die Einfachheit haben der Bohrung von Hand immer noch den Vorrang vor dem maschinellen Betriebe erhalten. Als Sprengstoff dient in der Regel Pulver, grobkörnig in Kugelform. Dynamit meidet man in weicherem Gestein, weil es das Material zu sehr zertrümmert; es wird aber in hartem und zähem Gestein verwendet. Die Menge des Sprengstoffes wird je nach der Tiefe des Bohrloches und nach praktischem, auf Erfahrung beruhendem Ermessen genommen. Die Zündung erfolgt durch Zündschnur oder auf elektrischem Wege¹⁾. Die Schnurzündung ist heute noch mehr verbreitet, da sie den Vorzug einfacherer Handhabung und größerer Billigkeit besitzt; auch versagt mitunter die elektrische Zündung. Die erstere hat für die Praxis noch insofern Bedeutung, als sie einem geschickten Mineur gestattet, beim Ansetzen mehrerer Bohrungen die Schüsse kurz nacheinander zur Zündung zu bringen, wodurch bei gegebener Gestaltung der Bänke größere Wirkungen erzielt werden können als bei genau gleichzeitigem Schießen, wie es die elektrische Massenzündung mit sich bringt. Die Aufbewahrung der Sprengstoffe geschieht in eigens hergerichteten Schuppen oder zweckmäßig in kurzen in den Berg vorgetriebenen Stollen, an welchen kleine Nischen für die gesonderten Vorräte von Dynamit, Pulver und Sprengkapseln ausgebrochen werden.

Die Bohrtiefe beträgt je nach dem zu erzielenden Erfolge 1 bis 6 und 7 m. Um die tiefen Schüsse ergiebiger zu machen, bedient man sich des Schnürens oder Kesselschießens. Das Schnüren besteht darin, daß ein mit dem Meißelbohrer vorgetriebenes Loch von wenigen Zentimetern Durchmesser an seinem Ende durch Ausprengen mit Dynamit kesselartig erweitert wird, um hier eine größere Ladung Pulver einbringen zu können. Die Brisanz des Dynamites ist imstande, das Gestein im Innern zu zertrümmern, wobei der zu Staub zermalmte Stoff durch das Bohrloch hinausgeschleudert wird. Zum Laden des Kessels wird meist loses Pulver genommen. Hierbei kann es leicht vorkommen, daß Kügelchen sich in Spalte des Bohrloches verlieren. Aus solchen im Gestein zerstreuten Pulverteilchen können sich dann späterhin unvermutet frühzeitige Entzündungen bilden. Auch ist es vorgekommen, daß in geschnürten Bohrlöchern schon beim Laden Entzündungen entstanden sind. Man hat in letzterem Falle oft vergeblich nach Erklärungen gesucht und angenommen, daß in geschnürten Kesseln glimmende Fetzen zurückgeblieben sind. Es ist deswegen vielfach vorgeschrieben, daß zwischen den einzelnen Schnürschüssen und dem Laden eine Wartezeit von $\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde liegen soll, um etwaige Nachglimmungen sicher ausbrennen zu lassen.

In einigen Gegenden ist aus diesen Gründen die Verwendung von losem Pulver verboten und solches nur in Form von Patronen gestattet. Ebenso darf das Schnüren in der Regel nur in Entfernungen von mehr als etwa 400 m von bewohnten Gehöften und öffentlichen Wegen stattfinden, da durch die größere Ladung der geschnürten Bohrlöcher die Gewalt der Schüsse eine mächtige ist und einzelne Steinstücke leicht weithin geschleudert werden. Andererseits wird von mancher Seite ein ergiebiger Betrieb mittels Schnürschießens ohne Gebrauch von losem Pulver als untunlich angesehen. Die Verwendung von Pulver in Patronen wird als unzuweckmäßig bezeichnet, weil die Wirkung der Explosion infolge der schädlichen Hohlräume zwischen der Kesselwandung und den einzelnen Patronen nur in stark vermindertem Maße zur Geltung kommt. Um beiden Einwänden zu begegnen, ist darum in manchen Bezirken bei Gebrauch von losem Pulver die elektrische Zündung vorgeschrieben, die hinsichtlich vorzeitiger Entladung größere Gewähr als die Schnurzündung bietet.

¹⁾ Näheres darüber s. u. a. Denker, Die elektrische Zündung in Steinbrüchen, Berlin 1903.

In allen diesen Einzelheiten müssen die Rücksichten auf die Sicherheit der beschäftigten Personen und der Umgegend in erster Linie stehen und ausschlaggebend sein. Immerhin muß man sich vergegenwärtigen, daß eine Gefährlichkeit des Steinbruchbetriebes an sich besteht, die bei aller weitgehendsten Vorsicht nicht auszuschalten möglich ist, ohne den Betrieb lahm zu legen. Das Arbeiten an den mit losen Steinmassen übersäten Hängen, wo herabfallendes Gestein Mineure und Arbeiter ständig bedroht, das Umherschleudern der Gesteinstücke im Augenblick der Sprengung, das mitunter verderblich wird, da die an die Gefahr gewöhnten und sie darum leicht außer acht lassenden Arbeiter trotz aller strengen Vorschriften oft nicht veranlaßt werden können, sich außerhalb des Sprengbereiches zu begeben, und vielerlei andere Umstände führen immer wieder zu Unglücksfällen, die schier als unvermeidlich in der Natur des Betriebes liegend hingenommen werden müssen.

Beim Sprengen ohne Schnüren werden die Bohrlöcher nur 1—2 m tief vorgetrieben. Die Ladung wird gering genommen. Die Wirkung des Schusses ist daher eine beschränkte und in weichem Gestein dadurch besonders nachteilig, daß die unmittelbar durchbrechende Expansionskraft Zertrümmerungen in hohem Maße herbeiführt. Auf diese Weise wird der Arbeitsbetrieb mühsam und wenig ergiebig. Beim Sprengen aus geschnürten Bohrlöchern hingegen, die 4—6 m unter der Oberfläche liegen, wird durch den Schuß mehr nur ein Anheben der Bänke und ein Lockern des Gesteins im ganzen herbeigeführt. Es wird ein großes Feld lose gemacht und durch Nacharbeit mit Hacke und Keil, unter Umständen auch durch ganz leichte Schüsse, der Baustein gewonnen. Das Gestein wird nur wenig zerrissen; es werden gute, große Stücke gefördert, während bei der ersteren Sprengart mehr kleines Steinwerk abfällt. Das Schnüren liegt darum in weichem Gestein mit im Interesse der Bauausführung; denn es ist von Wichtigkeit, daß feste, gut mauerbare und nicht splittrige und rissige Bausteine verwendet werden. In sehr festem, zähem Gestein kann bei Gebrauch von Dynamit das Schnüren entbehrlich werden.

Die Beschaffung und dauernde Beibehaltung eines Vorrats an Steinen während der Bauzeit hat sich in der Praxis als unumgänglich erwiesen, um einen geordneten Fortgang der Arbeiten sicher zu stellen. Diese Vorsicht wird jedoch leicht unterlassen, weil die mit Mehrkosten verbundene doppelte Umladung vom Steinbruch ins Lager und später von hier zur Mauerung und ebenso der damit verbundene Verlust an Bruchabfall gescheut wird. Aber diese Nachteile stehen in gar keinem Vergleich zu den Unannehmlichkeiten, welche die durch Steinmangel hervorgerufenen Stockungen des Mauerbetriebes mit sich bringen. Durch diese entstehen nicht nur erhöhte Ausführungskosten, indem solche Unterbrechungen meist plötzlich eintreten und einen starken Wechsel der Arbeitskräfte und die Änderung vieler sonstigen Baumaßnahmen bedingen, sondern die Störungen können leicht tiefergehende Wirkungen ausüben, die Fertigstellung des Baues verzögern und gar in ein weiteres Baujahr hinüberziehen. Das ergibt einen schweren Zinsverlust bei einer auf Millionen berechneten Anlage. Aber auch die Güte der Mauerung ist von der Art des Steinbruchbetriebes nicht unabhängig und sie kommt in Gefahr, wenn der tägliche Bedarf an Mauersteinen durch täglichen Ausbruch gedeckt wird. Das Sortieren und Reinigen in den Brüchen kann dann meist nicht mit der erforderlichen Sorgfalt geschehen, da von der Baustelle her oft mehr Steine angefordert werden als sie die Brüche, deren Ergiebigkeit durch das Vorhandensein guter und schlechter Bänke stark schwankt, liefern können. Es kann als hinreichend angesehen werden, den Steinvorrat auf einen 2—3 monatlichen Mauerbedarf zu be-

messen, sei es, daß dieser als eiserner jederzeit angreifbarer Bestand bereit liegt, sei es, daß er in gleichem Maße, wie der Verbrauch erfolgt, immer wieder ergänzt wird.

Von geologischer Seite ist die Forderung erhoben, daß die Steinbrüche innerhalb der Staubecken möglichst über dem zukünftigen Stauspiegel liegen sollen. Nicht grade, daß man Bedenken hat für die Sicherheit, wenn die Steinbrüche in genügender Entfernung von der Mauer etwa 100 m abbleiben, sondern nur in Hinsicht auf etwaige Sickerverluste, hält man es an diesen Stellen grundsätzlich und allgemein für empfehlenswert, daß die Steinbrüche über Wasser angelegt werden und die Taldecke im Staubecken vollständig unberührt bleibt. Das ist eine weitgehende Vorsicht. Es ist nicht zu verkennen, daß ungünstige Erfahrungen mit der Undichtigkeit der seitlichen Berghänge (Lingesetsperre, Meschede, Gotha) gemacht sind, und daß durch die nahe Lage der Steinbrüche an der Mauer Undichtigkeiten entstanden sind, die den Erfolg der Talsperre nachteilig beeinflußt haben (s. S. 584). Neben dem Wasserverluste können Entschädigungsansprüche der Unterlieger für Verwässerung des Geländes und kostspielige nachträgliche Abdichtungsarbeiten eine unliebsame Belastung des Unternehmens zur Folge haben und man wird nicht fehlgehen, wenn man annimmt, daß die Sorge vor Erneuerung solcher üblen Erfahrungen gemahnt hat, erhöhte Rücksicht zu üben. Aber man muß sich hüten, nach der andern Seite hin die Grenze des Berechtigten zu überschreiten. Die Forderung, daß die Steinbrüche allgemein über Wasserspiegelhöhe angelegt werden sollen, ist so weitgehend, daß daraus dem Talsperrenbau unbillige Erschwernisse entstehen müssen. Das Land unter dem Stauspiegel muß an sich für die Zwecke der Talsperre angekauft werden und die Steingewinnung kann darum hier ohne weitere Entschädigung erfolgen. Über Wasser müssen die Grundstücke entweder eigens für die Zwecke der Steingewinnung angekauft werden oder es muß die Berechtigung dazu durch Zahlen eines Bruchzinses erworben werden. An den Berghängen der Nordhauser Talsperre verlangten die Eigentümer für die Entnahme der Steine zu 1 cbm Mauerwerk 0,75 Mk. Grundzins, das würde schon bei 20000 cbm Mauerinhalt 15000 Mk. Entschädigung bedingen. Unsere neueren großen Talsperren haben aber oft einen Mauerinhalt von mehreren hunderttausend Kubikmetern.

Für die Ausführung von Sprengarbeiten, Anlage von Dynamitschuppen und den Transport der Sprengstoffe sind alle gesetzlichen Vorschriften sorgfältig zu beachten, vor allem das Reichsgesetz von 9. 6. 1884. Anhaltspunkte für den Betrieb dieser Art geben auch die Unfallverhütungsvorschriften der Tiefbauberufsgenossenschaften. Zuständige Behörde für die geschäftliche Behandlung ist in Preußen der Gewerbeinspektor des Bezirkes.

Für einen flotten Steinbruchbetrieb ist eine große Angriffslänge erwünscht, um Freiheit der Bewegung zu haben (Abb. 289). Dann ist es auch möglich, die erwähnten Schwankungen besser auszugleichen und schlechte Gesteinsfelder vorübergehend auszuschalten, um den Abraum zu beseitigen, wozu meist die Nacht zu Hilfe genommen werden muß. Im rheinischen Schiefergebirge kann man auf 1 m Steinbruchlänge im Durchschnitt die Gewinnung von 1 cbm Baustein täglich rechnen. Hierbei erfordert das Lösen des Gesteins einschließlich der Mineurarbeit, die Abfuhr des unbrauchbaren Materials nach den Ablagerungsstellen, die Reinigung der Steine für die Mauerung, sowie das Verladen derselben in die Transportwagen die Aufwendung von etwa 0,8—0,9 Arbeitertagewerk für 1 cbm Stein. Als weitere Kosten treten hierzu die des Transportes nach der Verwendungsstelle, welche von der Entfernung und Gestaltung der Förderung abhängig sind. Diese werden wesentlich voneinander abweichen, je nachdem die Steine

dem Schwergewicht folgend in die Baugrube gelangen oder eine Hebung auf Gleisen oder Hebetürmen notwendig wird.

Werden die Steine auf Lager gebracht, so kann man einen Aufschlag von etwa 1 Mk. für 1 cbm in Ansatz bringen. Zu vorstehendem kommen als allgemeine Unkosten die der ersten Abräumung. Hierbei fällt zu ungunsten ins Gewicht, daß die für einen hesonderen Fall angelegten Brüche selten voll ausgenutzt werden. Meist ist der Ban beendet, wenn der Bruch bis in das innere bessere Gestein vorgetrieben ist, und der schönste Stein bleibt dann ungenutzt im Berge. Dementsprechend sind die anteiligen Kosten der ersten Erschließung höher als bei einer Anlage für dauernden Betrieb. Eine allgemeine Kostenangabe würde hier umsoweniger zutreffen als die Ab-



Abb. 289. Steinbruchbetrieb mit strahlenförmiger Anlage der Fördergleise beim Bau der Mescheder Talsperre.

deckungsarbeiten sehr verschiedenen Umfang haben, je nach der Stärke der Überlagerung des Gebirges mit Erde und Geröll. Von Einfluß ist auch der Umstand, ob der Steinbedarf eines Baues aus einem einzigen ergiebigen Bruche gedeckt werden kann, oder ob, wie es bei einer größeren Bauanlage meist der Fall ist, eine Reihe von Steinbrüchen erschlossen werden muß.

Bei elfstündiger Arbeit und 30 Pf. Stundenlohn würde also die Gewinnung von 1 cbm Stein kosten $11 \cdot 0,3 \cdot 0,9 = 2,97 \sim 3,0$ Mk. Dazu treten die Kosten der Förderung. In Solingen waren hierfür zwei Lokomotiven mit entsprechendem Fuhrpark in Betrieb und das Heranschaffen rund auf $\frac{3}{4}$ km kostete für Transport und Abladen etwa 0,5 Mk./cbm.

Die Gewinnung der Bausteine für die Stauweiher in den Vogesen geschah meist mittels Minenbetriebes im großen. Beim Alfeldweiher wurde mit Pulver gesprengt. Dynamit wurde ausgeschlossen, weil man die Entstehung von Haarrissen in den Steinen fürchtete. Die Steinbrüche lagen weit von der Mauer ab z. T. am Alfeldweiher 400 m, beim Laucherseeweiher 400—450 m. Die gewonnenen Steine mußten mindestens $\frac{1}{50}$ cbm groß sein. Als Durchschnitt galt 0,15—0,2, als Höchstmaß 0,5 cbm. Das Vortreiben der Stollen kostete z. B. am Altenweiher 28 Mk. für 1 lfd. m; außerdem wurde für jede Pulverkammer ein Zuschlag von 20 Mk. gezahlt. Weiteres s. Zeitschr. für Bauwesen 1889, 1893 u. 1902.

Als allgemeines Ergebnis sei erwähnt, daß bei den Brüchen für die Hasper Talsperre der Abraum etwa $\frac{2}{3}$, das brauchbare Gestein $\frac{1}{3}$ des gefördert Materials betrug. An der Urftalsperre wurde der Abraum der Brüche ebenfalls zu $\frac{2}{3}$, das brauchbare Material zu $\frac{1}{3}$ geschätzt. Das brauchbare Gestein in den Brüchen der Ennepetalsperre betrug dagegen $\frac{2}{3}$, der Abraum etwa $\frac{1}{3}$.

Berechnung der Sprengladungen. Bei der Sprengung im kleinen erübrigt sich eine Berechnung der Ladung. Geschickte Mineure — bei deutschen Talsperrenausführungen meistens Italiener — haben ein praktisches Augenmaß für die Menge des Sprengstoffes. Die Wirkung zeigt bald, ob zu viel oder zu wenig Ladung genommen wurde. Jedenfalls sind Zertrümmerungen des Gesteins schädlich. Bei Verwendung von Pulver ist eine Verdämmung gut und unter Umständen geradezu als unerlässlich anzusehen. Die Verdämmung von einfachen Bohrlöchern erfolgt mittels Lehm- oder Graspfropfen; Minengänge werden durch Vermauerung abgeschlossen. Formeln zur Berechnung von Sprengladungen s. Zeitschr. des österr. Ing. u. Arch. Vereins 1893, Heft 11. Einige Ableitungen daraus seien nachstehend mitgeteilt.

Formeln zur Berechnung von Sprengladungen (s. Abb. 290a).

Allgemein ist für Fels:

$$I. L = k \cdot (w + r)^3.$$

L = Ladung in kg.

w = kürzeste Widerstandslinie.

r = beabsichtigter Minentrichterhalbmesser.

k = Festigkeitsbeiwert.

$$II. L = 3(w^3 + 5h) \cdot k.$$

h = Höhe der Felswand.

$$III. L = \frac{\pi (w + \frac{c}{3})^2}{2} h \cdot k.$$

c = Erhöhung der Minenkammer über dem Gelände.

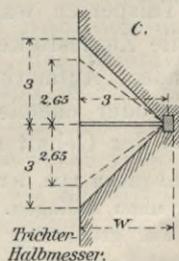
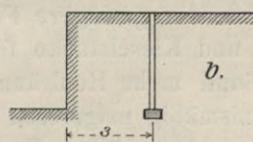
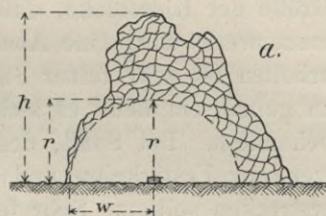


Abb. 290.

Es wird am meisten die Formel I empfohlen, da mit ihr die besten Ergebnisse erzielt wurden. Es war hier beabsichtigt, durch Sprengung des Felsens Bausteine zu gewinnen. II und III liefern größere Werte als I, und es wurde bei ihrer Anwendung der gesprengte Fels zu unbrauchbarem Schutt zertrümmert. Um k zu finden legt man eine Probemine an. Man macht z. B. $w = r = 3$ m (Abb. 290b u. c) und nimmt 10 kg Dynamit. Der bei der Sprengung erhaltene Trichter habe z. B. nur einen Halbmesser von 2,65 m.

Aus $L = k (w + r)^3$ erhält man

$$10 = k (3 + 2,65)^3$$

$$k = 0,055$$

und unter Anwendung dieses gefundenen Wertes

$$L = 0,055 (3 + 3)^3$$

$$L = 11,88 = \text{rund } 12 \text{ kg.}$$

Die Lage der Mine muß so sein, daß $h > w$.

Ist $h > 4w$, so ist die Kammer auf $\frac{h}{4}$ über Bruchsohle zu legen oder die Ladung um etwa 10 v. H. zu vergrößern.

§ 55. Der Bausand. Am besten geeignet erscheint ein reiner scharfer Flußsand. Für die Bruchsteinmauerung kann derselbe kiesig sein, jedoch nur bis zu einer solchen Größe der Kiesstücke, daß die Mörtelmaschinen nicht beschädigt werden. Für Ziegelmauerwerk wird eine Absiebung bis zu gewisser Feinheit notwendig sein. Für Putzarbeiten ist sehr feiner Sand erforderlich. Grubensand ist meist gut, doch um sicher zu gehen, empfiehlt es sich, den Sand zu waschen. Die Sandfrage ist mit Vorsicht zu behandeln. Bei Sand, dessen Eigenschaften nicht genau bekannt, sind vor der Verwendung Festigkeits- und Dichtigkeitsproben geboten, die sich auf längere Zeiträume erstrecken sollten. Sehr feiner Sand zeigt im Verputz und der sonstigen Mauerung im allgemeinen nicht die gute Erhärtung, wie gröberer und verschiedenkörniger Sand. Man muß sich die geringere Festigkeit so erklären, daß in solchem Mörtel die größeren Quarz- und Kieselstücke fehlen, die einen innigeren Verband abgeben. Auch hat der feine Sand mehr Hohlräume und ergibt bei gleichen Anteilen an Bindemitteln einen verhältnismäßig mageren Mörtel als grober Sand. Bausand im Mörtel liefert im allgemeinen eine größere Festigkeit als Normalsand. Nach den Untersuchungen beim Bau der Solinger Talsperren war z. B. bei Verwendung eines auf grobem Sieb abgeseihten Rheinsandes die Zugfestigkeit um etwa 33 v. H., die Druckfestigkeit um etwa 10 v. H. größer. Besondere Aufmerksamkeit ist bei Verwendung von Mörtelsand notwendig, der in Bergwerks- oder chemischen Betrieben gewonnen wird. Bei solchem Sand kann möglicherweise der Gehalt an Blei und Schwefel die Abbindung verhindern.

Einige Angaben von der Baustelle mögen hier interessieren.

Talsperrenbau Solingen. Der verwendete Sand war Rheinsand und wurde aus dem Strome gebaggert. Er war grobkörnig und enthielt Stücke bis Hühnereigröße. Der ungesiebte Sand hatte etwa 10 v. H. vom Korn des Normalsandes. Der Sand war infolge seiner Entnahme aus fließendem Gewässer von großer Reinheit und zeigte nur Spuren von abschlämmbaren Teilen. Die Hohlräume des lose eingerüttelten Sandes wurden im Mittel zu 28 v. H. ermittelt. Das Einheitsgewicht betrug im Mittel 2,66. Im Bruchsteinmauerwerk wurde der Sand in ungesiebttem Zustande verwendet, für das Ziegel- und Putzmauerwerk jedoch gesiebt mit je nach Erfordernis größerer oder feinerer Maschenteilung.

Nach den Ermittlungen ergab sich im einzelnen:

	Hohlraum v. H.
1. Sand, grobkörnig, gebaggert Rheinsand, mit Kieselsteinen durchsetzt, lose eingerüttelt	23
2. Sand, feinkörniger, sonst wie vor	31
3. Sand, sehr fein, Putzsand, lose eingerüttelt	42
	} i. M. 28

Wenn der Sand nicht an Ort und Stelle in brauchbarer Beschaffenheit gefunden wird und auch nicht aus der Nähe herbeigeschafft werden kann, so daß bei weiterem Transport ungewöhnlich hohe Förderkosten entstehen, so hat man wiederholt den Sand auf der Baustelle künstlich hergestellt. Es kommt in Betracht 1. Sand, der unrein in Gruben gewonnen wird, zu waschen, 2. die Zer-

kleinerung von Gestein. Für den Bau der Talsperre von Marklissa wurde Sand aus einer Grube am Staatsbahnhof etwa 3 km von der Baustelle ab gewonnen. Es lag hier Kies und Lehm schichtenweise zusammen, so daß es erforderlich war, den Sand zu waschen. Die Sandwäsche geschah derart, daß der lehmige Sand in einer Trommel mit reichlichem Wasserzusatz gut durchgerührt wurde. Der Lehm wurde dabei ausgewaschen und fortgeschlemmt. 1 cbm gewaschener Sand kostete etwa 4 Mark. Für den Alfeldweiher (Vogesen) wurde der Sand im Tale aus einer Ablagerung gegraben. Er enthielt viele tonige Beimengungen und mußte gewaschen werden. Das Waschen des Sandes geschah unter Zuhilfenahme des Baches. Der Wasserlauf wurde durch eine 1 m breite Holzrinne mit starkem Gefälle geführt. In dem strömenden Wasser rührte man den Sand so lange durch, bis das Wasser klar abfloß. Die Gewinnung, das Anfahren und Waschen des Sandes erforderte für 1 cbm Sand etwa ein Arbeitertagewerk. Auch für den Bau des Altenweiher wurde der Sand durch Ablagerung an Ort und Stelle gewonnen. Die Sandwäsche geschah in zwei 1,1 m breiten, 0,35 m tiefen und 15 m langen Bretterkanälen. Die Kosten betragen auf 1 cbm berechnet für Gewinnen und Durchwerfen 1,0 bis 1,2 Mk.; für Waschen 1,0 Mk.; für das Fördern 0,80 Mk.; zusammen rund 3,00 Mk.¹⁾ Für die Talsperre von Mauer wurde der Sand aus dem Flußbett des Bober entnommen.

Beim Bau des Lauchensee-Weiher stellte man den Sand durch Zermahlen von Grauwacke auf der Baustelle her. Der Sand war quarzhaltig und scharfkantig. Die Triebkraft zu den Mühlen lieferte die Wasserkraft des aufgestauten Baches. Der Preis des Sandes stellte sich auf 7,50 Mk./cbm. Näheres Zeitschrift für Bauwesen 1902, S. 222. Das gleiche Verfahren hat man bei Herstellung der Möhne-Talsperre angewandt. Der Abfall bei Gewinnung der Bausteine, eine gesunde, kernige Grauwacke und Schiefer, wurde zu Sand zerkleinert. Das Material wurde zunächst in Steinbrechern zu Schottergröße zerdrückt und dann in Mahlmühlen großartig gequetscht, so daß ein Gemisch aus Steinmehl und Steinchen bis etwa 1½ cm Seitenlänge entstand. Man hat mit dieser sandartigen Masse bei Versuchen sehr gute Festigkeiten erzielt, so daß kein Bedenken vorhanden war, den Sand für die Mauerung der Talsperre zu verwenden. Beim Nordhauser Bau wurde Wesersand genommen.

Bei der Östertalsperre (Ruhrgebiet) ist im letzten Baujahre Siegerländer Schlackensand zur Verwendung gekommen und hat gute Festigkeitsergebnisse bei den Proben geliefert. Beim Bau der Listertalsperre wurden $\frac{2}{3}$ Teile gebrochener Grauwacken- und Basaltsteinsand mit $\frac{1}{3}$ Teil des kieseläurereichen Siegerländer Schlackensandes gemischt.

§ 56. Der zweckmäßigste Mörtel für Talsperren. Bevor in die Erörterung der Eigenschaften und Prüfung der bei Talsperrenbauten üblichen Bindemittel eingetreten wird, seien einige Betrachtungen vorangeschickt, die bei der Wahl des Mörtels für diese Bauten beachtet werden sollten. Verschiedene Jahreszeiten, das Erfordernis schneller oder langsamer Erhärtung, der Festigkeit und Dichtigkeit und manche anderen Rücksichten können bestimmend für die Wahl der verschiedenen Bindemittel und Mischungsverhältnisse sein, die in den einzelnen Teilen eines großen Bauwerks Verwendung finden. Die Erforschung sowohl der zu stellenden Bedingungen wie der Mörtelstoffe, welche sie erfüllen sollen, ist von großem Interesse und von wirtschaftlicher Bedeutung, da der Mörtel im Mauerwerk einen teuren Bestandteil bildet und bei einer Massenausführung den Gesamtpreis stark beeinflusst. Wenn also einerseits die Wahl der dem Zwecke angepaßten richtigen Mörtelmischungen sehr erwünscht ist, so muß doch andererseits die Rücksicht auf die praktische Durchführbarkeit in einem lebhaften Baubetriebe, wo die Absicht, welche mit der peinlichen Auswahl der Mischungsverhältnisse verfolgt wird, leicht durch mancherlei Zufälligkeiten vereitelt werden kann, eine gewisse Mäßigung auferlegen, zumal da wenig voneinander abweichende Mischungsverhältnisse in ihrer Festigkeit, in ihrem sonstigen Verhalten und in ihren Kosten meist nur unbedeutende Unterschiede aufweisen.

Die Abbindung und Erhärtung des Mörtels einer Talsperre ist an die besonderen Bedingungen gebunden, unter denen sich dieser Vorgang in einem so großen Massiv vollzieht, wobei auch die Arbeitsweise der Bauausführung einen wesentlichen Einfluß

¹⁾ Zeitschrift für Bauwesen 1889 u. 1893.

ausübt. Schon in Probemauerklötzen, deren Abmessungen sich in bescheidenen Grenzen halten, geht die Erhärtung unter nicht ganz denselben Umständen vor sich, wie in der Sperrmauer selbst. In weit erhöhtem Maße aber ist dies der Fall bei den kleinen Körpern, wie sie zu Festigkeitsversuchen hergestellt werden. Diese stellen gewissermaßen nur ein Differential dar gegenüber jener gewaltigen Mauermaße der Talsperre. Die Mörtelbereitung, Verarbeitung und Erhärtung geschieht bei den Versuchen in anderer Weise und unter anderen Bedingungen wie im Baubetriebe. Somit fallen oft die Voraussetzungen für die Schlußfolgerungen, welche lediglich aus solchen Laboratoriumsversuchen hergeleitet werden, und die Ergebnisse bleiben angreifbar. Immerhin werden durch sie der Praxis Richtschnur und schätzbare Aufschlüsse gegeben. Aber die endgültige Erkenntnis kann im allgemeinen nur da gewonnen werden, wo sich die Aufbereitung und Verarbeitung des Mörtels in den Formen und unter den Bedingungen der tatsächlichen Ausführung vollzieht. Dieser Ort ist die Baustelle. Hier, im Zusammenwirken von Beobachtungen des Bauvorganges mit Versuchen an Probekörpern über Festigkeit, Dichtigkeit u. a. m. können eindeutige Ergebnisse erzielt werden. Solche Beobachtungen in der Bauausführung sind allerdings mühsam, und nur aus einer Reihe von Einzelercheinungen kann man durch logische Verbindung Gesetzmäßigkeiten feststellen. Dies erheischt den genauesten Verfolg des Mörtel- und Mauerbetriebes und ein eingehendes Studium, wie der Mörtel unter den verschiedensten Einflüssen — Arbeitsweise, Wärme, Kälte, Trockenheit, Nässe, Erschütterungen u. a. m. — abbindet und welche Maßnahmen zu treffen sind, um die beste Erhärtung zu begünstigen. Mauerabbrüche in den verschiedenen Zeiten an Probemauerwerk wie im Mauerwerk der Talsperre selbst und die Wahrnehmung vieler kleiner Anzeichen und Vorgänge führen die ständige Beobachtung schrittweise vorwärts. Bei großen Bauausführungen sollte darum diesem Gegenstande die vollste Aufmerksamkeit zugewendet werden.

Bei den bisherigen Ausführungen von Talsperren in Rheinland und Westfalen sowie beim Bau des Stauweihers Lauchensee in den Vogesen ist als Bindemittel des Mauerwerks Traß-Kalkmörtel verwandt worden, und zwar bei den ersterwähnten Anlagen meist in der durch vielfache Versuche sowie durch die Bewährung in der Praxis als zweckmäßig erwiesenen Zusammensetzung von 1 Raumteil Kalkbrei, $1\frac{1}{2}$ Raumteile Traßmehl und $1\frac{3}{4}$ Raumteile Sand. Die besonderen Eigenschaften des Traßmörtels: seine langsame Abbindung und seine Elastizität machen ihn bei den eigenartigen Bedingungen, unter denen sich die Bauausführungen von Sperrmauern vollziehen, und gegenüber den Einflüssen, denen späterhin die Mauern im Betriebe ausgesetzt sind, sehr schätzenswert. Als die wesentlichsten Vorteile seien in dieser Hinsicht hervorgehoben, daß bei plötzlichen Uterbrechungen der Arbeit, welche im Gebirge durch Regen oft notwendig werden, keine Geldverluste entstehen, indem der fertige Mörtel mehrere Tage hindurch ohne Schaden verwendungsfähig bleibt und daß dieser Umstand den Mauerbetrieb bei den großen Massen an Mörtel, die gebraucht werden, sehr erleichtert. Die gleiche Eigenschaft und die plastische Nachgiebigkeit nach begonnener Erhärtung hat es unbedenklich erscheinen lassen, das Befördern der Baumaterialien auf frischem, wenige Tage altem Mauerwerk mittels Gleisanlagen zu bewirken. Die Elastizität des erhärteten Mörtels gestattet, ohne daß Rissebildungen im Mauerwerk entstehen, die Bewegungen der Sperrmauern, welche durch wechselnde Wärme und Sonnenschein, sowie durch den Wasserdruck des gefüllten Beckens hervorgerufen werden.

Über diese vorzüglichen Eigenschaften des Traßmörtels bestehen kaum noch Zweifel oder Meinungsverschiedenheiten, nachdem dieselben durch viele Beobachtungen,

Untersuchungen und Messungen an bestehenden Bauwerken und auf der Baustelle sowie durch vergleichende Proben in den Laboratorien erkannt und erwiesen sind.

Grundlegend für die Wahl des Traßmörtels zu Talsperrenbauten waren vornehmlich die Untersuchungen Intzes, die er bei der Vorbereitung des Baues der ersten Remscheider Talsperre im Eschbachtale um das Jahr 1888 anstellte. Das Ziel dieser Untersuchungen war in erster Linie, den zweckmäßigsten Zusatz von Sand zum Traßmörtel und die elastischen Eigenschaften des letzteren sowie seine Dichtigkeit zu ermitteln. Man gelangte dabei sowie aus weiteren Beobachtungen in der Bauausführung zu dem oben angegebenen Mischungsverhältnis als dem vorteilhaftesten, nachdem anfänglich der Sandgehalt nach dem Vorgange der Holländer geringer genommen worden war.

Die Versuche ergaben ferner, daß bei gleichen Belastungen wesentlich größere elastische Bewegungen im Traßmörtel als im Zementmörtel entstehen (s. Die Erweiterung des Wasserwerks der Stadt Remscheid. Zeitsch. d. Ver. dtsh. Ing. Bd. XXXIX).

Intze war nach diesen Untersuchungen, wie der Verfasser aus Äußerungen aus seinem Munde weiß, ein unbedingter Anhänger des Traßmörtels. Wo er, wie z. B. bei den schlesischen Talsperren, davon abging und Traßzementmörtel verwandte, geschah es wegen der Kostenersparnis, da die Förderung des Traßes vom Rhein nach Schlesien den reinen Traßmörtel teurer werden ließ als eine Mischung mit Zementmörtel. Im übrigen verwandte er für Außenteile, Verblendungen, Ausfugungen ebenfalls Zementmörtel, Zementtraß- oder Zementkalkmörtel, da der Traßmörtel gegen mechanische Einwirkungen von außen her weniger Widerstand als diese Mörtel bietet. Erwähnt seien hier noch die Untersuchungen für den Bau der Urfttalsperre¹⁾, ferner die für die Gothaer Talsperre²⁾.

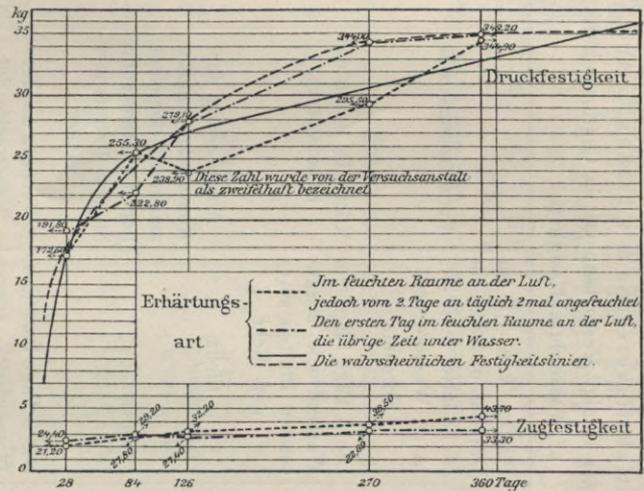


Abb. 291. Festigkeitsversuche mit Traßzementmörtel für die Talsperre im Sengbachtale.

Mörtelmischung: $\frac{1}{4}$ Traßmörtel
 (1 Raumteil Kalkteig + $\frac{1}{2}$ Raumteil Traßmehl + $\frac{1}{4}$ Raumteil Rheinsand) + $\frac{3}{4}$ Zementmörtel
 (1 Raumteil Zement + 3 Raumteil Rheinsand).
 Der Mörtel enthält 7,8% Wasser.

1) Mitteilungen aus den kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1900, viertes Heft.

2) Mitteilungen aus den kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1901, zweites Heft.

3) Zeitschr. f. Bauwesen 1902, S. 222.

Tab. 69. Dichtigkeits- und Festigkeitsversuche mit Traßkalk- und Traßzementmörtel.

I. Versuche in der Königl. Versuchsanstalt in Charlottenburg.

a) Wasserdurchlässigkeit.

Nr.	Mörtelmischung	Alter der Proben Wochen	Art der Erhärtung	Ergebnis	Verwendungsstelle	Bemerkungen
1	1 Rtl. Zement $\frac{1}{2}$ » Traßmehl $\frac{1}{2}$ » Kalkbrei 4 » gesiebt. Rheinsand	4	unter Wasser	Die 3 Tage lang dem Wasserdruck ausgesetzten Platten standen dicht	Mörtel im Beton des Staudammes	Der Rheinsand wurde auf einem Sieb von 4 Maschen auf 1 qcm abgeseibt.
2	$\frac{1}{4}$ Traßmörtel (1 Rtl. Kalkbrei $\frac{1}{2}$ Rtl. Traßmehl $\frac{1}{4}$ Rheinsand) + $\frac{3}{4}$ Zementmörtel (1:3)	4	teils unter Wasser, teils an der Luft bei täglich zweimaliger Anfeuchtung	dicht	Abmauerung der Rohrstellen und Einmauerung der eisernen Entnahmeröhre in der Hauptsperrmauer	Rheinsand gesiebt vor.
3	1 Zementmörtel (1:2) + $\frac{1}{3}$ Traßmörtel (1 Rtl. Kalkbrei, $\frac{1}{2}$ Rtl. Traßmehl, $\frac{1}{2}$ Sand) und 1 Zementmörtel (1:1, feingesiebt. Sand) als Abgleichung	4	in der Luft im Zimmer bei täglich zweimaliger Anfeuchtung	Die 3 Tage lang dem Wasserdruck ausgesetzten Proben der Mörtel aus beiden Sänden standen dicht	Verputz an der Wasserseite der Hauptsperrmauer	Die untere Schicht aus Zementtraßmörtel 20 mm st., die obere Abgleichung aus Zementmörtel (1:1) 5 mm st.; zusammen 25 mm st. Der grobe Sand wie oben gesiebt, der feinere Sand auf 50-Maschensieb. — Es kamen 2 Sandarten zur Probe: gebaggelter Rheinsand und Grubensand, gewonnen in der Rheinebene in der Nähe des Stromes. — Abgleichung nach 24 Stunden auf die untere Putzlage aufgebracht. Die Mörtelmischungen wurden zunächst einzeln gemischt und dann miteinander gemengt.

b) Festigkeit.

Nr.	Mörtelmischung	Alter der Proben Wochen	Art der Erhärtung	Zug kg/qcm	Druck kg/qcm	Verhältnis		Verwendungsstelle	Bemerkungen
						Zug	Druck		
				Mittel aus 10 Proben					
4	1 Rtl. Zement $\frac{1}{2}$ » Traßmehl $\frac{1}{2}$ » Kalkbrei 4 » Rheinsand	4	unter Wasser	20,0	124,2	1	$\frac{6,2}{6,2}$	Mörtel im Beton des Staudammes	Rheinsand abgeseibt.
5	1 Rtl. Kalkbrei $\frac{1}{2}$ » Traßmehl $\frac{3}{4}$ » Rheinsand	4	1 Tag an der Luft, 27 Tage unter Wasser	15,0	112,3	1	$\frac{7,5}{7,5}$	Mörtel im Mauerwerk der Hauptsperrmauer	wie vor.
6	Mischung wie vor.	6	2 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	19,6	108,9	1	$\frac{5,6}{5,6}$	wie vor.	
7	Mischung wie vor. 2 verschied. Sandsorten, gebaggelter Rheinsand u. Grubensand aus einer Grube in der Rheinebene nahe dem Strome	4	1 Tag an der Luft, dann unter Wasser	16,5 (Reinsand)	139,5	1	$\frac{8,5}{8,5}$	desgl.	Vergleichender Versuch. Der gebaggerte Rheinsand hatte 0,14 v. H. der Grubensand 0,85 v. H. an abschlämmbaren Teilen.
8	Mischung wie vor. Rheinsand	6	2 Tage an der Luft, dann 12 Tage zweimal täglich angefeuchtet, den Rest unter feuchtem Lappen	19,8 (Grubensand)	143,9	1	$\frac{7,3}{7,3}$	desgl.	Rheinsand abgeseibt.
9	Mischung wie vor	6	wie vor.	11,3	84,8	1	$\frac{7,5}{7,5}$	desgl.	Rheinsand abgeseibt.
				10,6	75,6	1	$\frac{7,1}{7,1}$	desgl.	Rheinsand abgeseibt.

c) Vergleichender Versuch über Erhärtung von Zementtraßmörtel an der Luft und unter Wasser. (Vgl. Abb. 291.)

Nr.	Mörtelmischung	Alter der Proben Wochen	Art der Erhärtung	Zug kg/qcm	Druck »	Alter in Tagen			Bemerkungen
						28	84	360	
10	$\frac{1}{4}$ Traßmörtel (1 Rtl. Kalkbrei $\frac{1}{2}$ Rtl. Traßmehl $\frac{1}{4}$ Rheinsand) + $\frac{3}{4}$ Zementmörtel (1:3)		Im feuchten Raum an der Luft bei täglich zweimaliger Anfeuchtung	21,2	172,6	27,8	32,2	38,5	* Diese Zahl wurde von der Versuchsanstalt als zweifelhaft bezeichnet. Der Mörtel enthielt 7,8 v. H. Wasser.
			1 Tag an der Luft, dann unter Wasser	24,4	191,8	29,2	27,4	32,6	Der Mörtel hat bei der Abmauerung der Rohrstellen und Einmauerung der eisernen Entnahmeröhre an der Hauptsperrmauer Verwendung gefunden.
						255,3	238,9*	344,9	
						222,8	279,1	348,2	

II. Versuche auf dem Banbureau.
Zugfestigkeit.

Nr.	Mörtelmischung	Alter der Proben Wochen	Art der Erhärtung	Zug		Ver- hältnis Zug Druck	Verwendungsstelle	Bemerkungen
				kg/qcm	kg/qcm			
				Mittel aus 10 Proben				
11	1 Rtl. Kalkbrei 1 $\frac{1}{2}$ » Traßmehl 1 $\frac{3}{4}$ » Rheinsand	6	2 bis 3 Tage an der Luft, dann unter Wasser	13,1	—	—	Mörtel im Mauer- werk der Haupt- sperrmauer	Die Zahl gibt das Mittel aus etwa 230 Probe- körpern, die während des zweijährigen Mauer- betriebes zerrissen wurden. Die geringste Zug- festigkeit betrug 9,7, die größte 15,8 kg/qcm. Die Proben wurden mit dem Hammerapparat hergestellt, der Mörtel jedesmal im Betriebe aus den Mörtelbitten entnommen und auf einem 4-Maschinensieb abgesteibt.
12	Mischung wie vor.	6 12 18	3 Tage an der Luft, dann unter Wasser	11,2 17,2 19,6	—	—	wie vor.	Erhärtungszeit: Februar bis Juni.
13	$\frac{1}{4}$ Traßmörtel (1 Kalk, 1 $\frac{1}{2}$ Traß, $\frac{3}{4}$ Rheinsand) + $\frac{3}{4}$ Zementmörtel (1:3)	4	1 Tag an der Luft, dann unter Wasser	16,9	—	—	wie unter 10	Die Zahl gibt das Mittel aus etwa 50 Proben. Erhärtet in der warmen Jahreszeit.
14	1 Zementmörtel (1:2) + 2 Traßmörtel	4	1 Tag an der Luft, dann unter Wasser	11,3	—	—	Mörtel in der Ver- blendmauer an der Wassersseite	Die Zahl gibt das Mittel aus etwa 50 Proben. Erhärtet in der kühleren Jahreszeit (November).
15	1 Zementmörtel (1:3) + 2 Traßmörtel	4 6	1 bis 2 Tage an der Luft, dann unter Wasser	11,4 13,2	—	—	—	Mittel aus 15 bis 20 Proben. Erhärtet in der wärmeren Jahreszeit.
16	1 Zementmörtel (1:2) + $\frac{1}{3}$ Traßmörtel	4	wie vor.	14,8	—	—	wie unter 3	Mischung im Mauerbetriebe von Hand her- gestellt. Mittel aus 15 Proben.

Ausschwitzungen müssen naturgemäß im Mauerinnern Hohlräume schaffen. Dadurch werden etwa vorhandene Undichtigkeiten nur noch größer werden. Auch entsteht die Gefahr, daß sich Auftrieb entwickelt. Daher ist es günstig, nicht mehr Kalk zuzusetzen als der Traß chemisch zu binden vermag.

Obwohl bei den ersten Vogeséntalsperren nur Zementkalkmörtel verwendet wurde, ist man bei der Talsperre am Lauchensee zum Traßmörtel übergegangen. Die gewählte Mischung war 1 Kalk (Weißkalk) + 1 Traß + 2 1/2 Sand.

Die Mörtelmischung für den Alfeldweiher war: 1 Raumteil Zement + 4 Raumteile Wasserkalk + 10 Raumteile gewaschener Flußsand. Die Mischung wurde gewählt auf Grund sehr eingehender Versuche, die sich auf die Ermittlung der Druck- und Zugfestigkeiten und Kosten erstreckten¹⁾.

Über vergleichende Versuche über Zementkalk- und Traßkalkmörtel beim Bau des Lauchenseeweiher (Zugfestigkeit), siehe Zeitschr. für Bauwesen 1902. Die Festigkeit des Zementkalkmörtels (1 Zement + 1 Kalk + 6 Sand) wurde hier nach 4 Wochen zu 10,0 kg/qcm, nach 1 Jahr zu 25,0 kg/qcm festgestellt.

Am Altenweiher wurde in der Gründung der Mauer die Mischung gewählt: 1 Raumteil Zement + 1/2 Raumteil hydraulischer Kalk + 2 1/2 Sand. Der Gehalt an Bindemitteln wurde nach oben hin schwächer und es war das Mischungsverhältnis

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ Z} + 1 \text{ K} + 3\frac{1}{2} \text{ S} \\ 1 \text{ } > + 1\frac{1}{2} \text{ } > + 5 \text{ } > \\ 1 \text{ } > + 2 \text{ } > + 6 \text{ } > \\ 1 \text{ } > + 3 \text{ } > + 7 \text{ } > \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{mit wachsender Mauer unter Geländehöhe.} \\ \\ \\ \text{in der übrigen Mauer über Geländehöhe}^2). \end{array}$$

Über die Festigkeit und Dichtigkeit des Traßkalk- und Traßzementmörtels gibt die Tabelle 69 Aufschluß. Diese Versuche sind bei den Solinger Talsperrenbauten vom Verfasser auf dem Baubureau bzw. auf seine Veranlassung in der Kgl. Versuchsanstalt (früher) in Charlottenburg vorgenommen. Die Ergebnisse von Versuchen über den Einfluß des größeren oder schwächeren Sandzusatzes zum Traßkalkmörtel geben die Tabellen 70 und 71 wieder.

Tab. 70. Zugfestigkeit des Traßkalkmörtels³⁾.

Mischung in Raumteilen			Wasser- gehalt v. H.	Mittlere Zug- festigkeit in kg/qcm nach 2 Monaten	Bemerkungen
Kalkteig	Traß	Normen- sand			
1	1 1/3	1 3/4	11,1	15,7	Erhärtungsart: 2 Tage an der Luft, dann unter Wasser.
1	1 1/3	2	10,7	17,9	
1	1 1/3	2 1/4	10,4	18,8	Litergewicht: Kalkteig . . . 1,272 kg Traß 1,116 > Normensand 1,565 >
1	1 1/3	2 1/2	10,0	19,3	
1	1 1/3	2 3/4	10,8	17,9	
1	1 1/3	3	9,8	16,5	

Ein Zusatz von 2 1/2 Raumteilen hat darnach die größte Festigkeit geliefert.

Derartige Versuche sind in neuerer Zeit vom Materialprüfungsamt in Lichterfelde wiederholt und auch auf die Druckfestigkeit ausgedehnt worden. Das Ergebnis ist in Tabelle 71 wiedergegeben.

1) Zeitschr. f. Bauwesen 1889.

2) Zeitschr. f. Bauwesen 1893.

3) Zentralbl. d. Bauverw. 1909, S. 16.

Tab. 71. Festigkeitsversuche mit Traßkalkmörtel mit wechselndem Sandzusatz¹⁾.
 Bindemittel war 1 Rtl. Traß + 1 Rtl. Kalkteig mit Sandzusatz, wie angegeben.
 Die Zahlen geben das Mittel aus je 5 Einzelversuchen.

Sandart	Normensand				Freienwalder Rohsand			
	Zug		Druck		Zug		Druck	
	28 Tage	90 Tage	28 Tage	90 Tage	28 Tage	90 Tage	28 Tage	90 Tage
	kg/qcm							
0	21,7	28,5	179	268	21,7	28,5	179	268
1/2	20,0	29,6	174	264	21,4	29,7	180	266
1	18,9	29,4	173	269	20,7	29,5	180	270
1 1/2	18,6	29,4	163	244	20,2	29,5	166	246
2	18,7	29,0	155	238	19,5	30,0	167	245
2 1/2	15,8	28,4	144	223	18,5	31,0	146	234
3	15,2	28,1	131	214	17,6	30,5	141	219

Bei beiden Sandarten ist hiernach nach 3 monatiger Erhärtung die Druckfestigkeit am größten gewesen bei der Mischung 1:1:1. Auch die Zugfestigkeit hat sich bei den älteren Proben (und diese kommen für das Bauwerk vornehmlich in Betracht) durch den Sandzusatz erhöht. Im ganzen aber halten sich die Unterschiede in mäßigen Grenzen. Die Festigkeit des Mörtels im Bau dürfte nach den Versuchen des Verfassers allerdings eine geringere sein, als die hier angegebene (s. Zentralbl. d. Bauverw. 1905, S. 65) vergl. auch S. 483.

Die Vorbedingung für die gute Erhärtung des Traßmörtels ist das Vorhandensein genügender Feuchtigkeit, da die chemische Verbindung der Kieselsäure des Traßes mit dem Kalkhydrat nur unter dem Einfluß von Wasser sich vollzieht und aus dem Umstande, daß Traßmörtel, wie durch Festigkeitsproben dargetan und wie es auch jederzeit der Augenschein lehrt, bei ungenügendem Wassergehalt nur unvollkommen abbindet, entstanden um das Jahr 1901 in den beteiligten Kreisen Bedenken gegen seine Verwendungsfähigkeit im Mauerwerk von Talsperren, indem man darauf hinwies, daß diese Bauwerke an der freien Luft ausgeführt werden, wobei eine ausreichende Feuchthaltung des Mörtels nicht gesichert sei.

Die Frage der Brauchbarkeit des Traßmörtels hat bei der zunehmenden Bedeutung des Talsperrenbaues ein großes Gewicht in wirtschaftlicher Hinsicht. Seine ausgezeichneten Eigenschaften treten in gleichem Maße bei anderen Mörteln nicht auf. Sie haben aber große Ersparnisse für den Bau zur Folge. Gerüstbauten, welche dann notwendig werden, wenn bei Verwendung anderer Mörtelmischungen das Befördern der Baumaterialien nicht auf der Maueroberfläche erfolgen darf, nebst den zugehörigen Kranen sind sehr kostspielig. Man kann die Erhöhung der Baukosten, welche dadurch gegenüber der gegenwärtig bei den rheinisch-westfälischen Talsperren üblichen Bauweise verursacht werden würde, zu etwa ein Drittel annehmen, ganz abgesehen davon, daß dann eine erheblich längere Bauzeit nötig sein würde, wenn das Versetzen der Mauersteine von Kranen aus erfolgt. Bei den Stauweiheranlagen im Elsaß sind unter Anwendung des Kranbaues am Alfeldweiher in vier Bausommern 28 300 cbm, am Lauchensee in drei Jahren 28 600 cbm Mauerwerk hergestellt worden, während bei der Talsperre des Solinger Wasser- und Elektrizitätswerkes in zwei Bausommern 65 000 cbm geleistet wurden. Es ist hieraus ersichtlich, ein wie bedeutender Zinsverlust bei so verlangsamtem Baufortgange entstehen muß und wie sehr dadurch die Beteiligten geschädigt werden,

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1912, S. 264.

denen die Inbetriebnahme der Anlage um Jahre verzögert wird. Dazu kommt der billige Preis des Traßmörtelmauerwerks. Während 1 cbm solchen Bruchsteinmauerwerks bei den rheinisch-westfälischen Ausführungen 14—16 Mark kostet, würde ebendort unter sonst gleichen Umständen 1 cbm Bruchsteinmauerwerk in Zementmörtel (1:3) etwa 23 Mark und im Zementtraßmörtel (2 Zementmörtel + 1 Traßmörtel, Mischung wie oben) etwa 21 Mark kosten. Ein Bauwerk von der Größe der Solinger Talsperre würde danach im Mauerwerk ohne Nebenanlagen sich stellen

in Traßmörtel i. M. .	auf	65 000 · 15,0 =	975 000 Mark
» Zementmörtel . . . »		65 000 · 23,0 =	1 495 000 »
» Zementtraßmörtel »		65 000 · 21,0 =	1 365 000 »

Wenn man für die beiden letzteren Mörtelmischungen noch die erwähnten Mehrkosten für etwaigen Gerüst- und Kranbetrieb und Zinsverluste hinzuschlägt, so ergeben sich so gewaltige Preisunterschiede, daß Anlagen, welche bei Verwendung von Traßmörtel ertragreich sein können, bei Herstellung mit einem der anderen Bindemittel unwirtschaftlich oder in ihrer Nutzwirkung sehr herabgedrückt werden müßten.

Diese Preise beziehen sich auf die Verhältnisse am Rhein ums Jahr 1902. Es ist naturgemäß, daß die örtlichen Preise ausschlaggebend sein müssen. Es kostete z. B. in Schlesien beim Talsperrenbau Marklissa 1 cbm fertiger Traßmörtel 23,90 Mark ohne Mischkosten, 1 cbm Zementmörtel (1:3) hingegen nur 17,60, so daß sich hier der letztere Mörtel um 6,30 Mark für 1 cbm billiger stellte¹⁾.

Jeder Beitrag zur Klarstellung in dieser bedeutsamen Frage wird daher wichtig sein. Im nachstehenden soll nun aus den wirklichen Vorgängen der Bauausführung ein Bild der Art der Erhärtung des Traßmörtels im Bau gegeben und geprüft werden, in welchem Maße bei der Ausführung von Sperrmauern und bei ihrem späteren Bestande im Betriebe die Vorbedingungen für seine gute Abbindung und Erhärtung vorhanden sind.

Für den in der Praxis stehenden, seine Wahrnehmungen am werdenden Bauwerk täglich wiederholenden und ergänzenden Ingenieur kann freilich hierüber gar kein Zweifel sein. Aus zufälligen kleinen Maueraufbrüchen, beim Aufhacken von Fugen in den äußeren Mauerflächen, an dem Zustande und an der Farbe des Mörtels in der jeweiligen Maueroberfläche und aus vielen anderen Erscheinungen erlangt er — auch ohne besondere Versuche — die Gewißheit, daß die Erhärtung des Mörtels in der aufgehenden Mauer sich in vollkommener Weise vollzieht. Allein um die Vorgänge genauer zu prüfen und sie dem Fernstehenden verständlich zu machen, ist es nötig, zahlenmäßige Unterlagen zu gewinnen. Darum wurden beim Bau der Solinger Talsperre Probemauerklötze hergestellt und später aufgebrochen, um daran die Art der Abbindung des Mörtels zu studieren, sowie Untersuchungen in und am Mauerwerk der Sperrmauer selbst vorgenommen. Zum Vergleich wurde fernerhin der Erhärtungsvorgang an kleinen Probekörpern, wie solche zu Zugfestigkeitsproben benutzt werden, verfolgt. Es galt bei diesen Versuchen vor allem, den Punkt ins Auge zu fassen, um den sich die ganze Frage dreht: den Wassergehalt des Mörtels in seinem jeweiligen Erhärtungsalter festzustellen.

Wie groß ist der Wasserbedarf des Traßmörtels, um gut abzubinden? Es ist hierfür keinesfalls erforderlich, daß der Mörtel ins Wasser kommt. Das wirkt vielmehr verzögernd, und es findet im Mauerwerk unter Wasser bzw. bei vollkommen wasser-

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 352.

gesättigtem Mörtel ein ungemein langsamer Prozeß statt. Auffallend tritt diese Erscheinung bei naßkalter Witterung im Herbst und Winter zutage; aber auch in der warmen Jahreszeit kann man dies beobachten. Der mit Maschinen hergestellte Traßmörtel kommt mit einem Wassergehalt von 16—17 v. H. auf die Sperrmauer. Sein Zustand ist dann ein solcher, den man mit »steif« bezeichnet und der für die Ausführung erwünscht ist, um Sackungen zu vermeiden.

Aus diesen Ermittlungen, über die genaueres vom Verfasser im Zentralblatt der Bauverwaltung 1903, S. 89 mitgeteilt ist, kann man den Schluß ziehen, daß für die Erhärtung des Traßmörtels ein Wassergehalt von etwa 10 v. H. durchaus genügt. Dieses Maß von Feuchtigkeit wird aber im Mauerwerk der Talsperren an allen Stellen und zu allen Zeiten in frischen wie in alten Mauerteilen überschritten.

Um noch weitere Klarstellung über die Verwendbarkeit des Traßmörtels für Talsperren zu gewinnen, wurden im Jahre 1903 Maueraufbrüche durch Vortreiben von Stollen in alte Talsperren und zwar an der Remscheider, Herbringhausener (Barmer) und Fuelbecker Talsperre vorgenommen. Auch hierbei zeigte sich der aufgebrochene Mörtel feucht, aber sehr fest. Das Mauerwerk hatte eine vorzügliche Beschaffenheit. Der Aufbruch des Mauerwerks vollzog sich in den Stollen unter Schwierigkeiten, wobei ein großer Kraftaufwand nötig war.

Alle diese Ergebnisse tun dar, daß die natürlichen Verbindungen für eine gute Erhärtung des Traßmörtels bei der Bauausführung von Talsperren vorhanden ist und diese Erkenntnis wird unterstützt durch den sichern Bestand der mit diesem Bindemittel hergestellten Sperrmauern.

Wenn somit seine Verwendbarkeit für Talsperren keinem Zweifel mehr begegnen dürfte, so ist damit keineswegs gegen die sonst in Betracht kommenden Mörtelarten eine Absage ausgesprochen. Die Amerikaner und Engländer verwenden mit Vorliebe reinen Zementmörtel und die schlesischen Talsperren enthalten Zementtraßmörtel, wie vorher erwähnt wurde, ohne daß Bedenken entstehen konnten, den Materialtransport unmittelbar auf dem Mauerwerk zu vollziehen¹⁾. Auch beim Solinger Bau wurde in den oberen Schichten Zementtraßmörtel gewählt, um dieser Mauerung, die sich in der kalten Jahreszeit vollzog (Oktober, November) eine schnellere Erhärtung zu sichern²⁾, da reiner Traßmörtel bei starker Feuchtigkeit und in kühler Witterung — unbeschadet späterhin wachsender Festigkeit — langsamer erhärtet als bei einem Zusatz von Zement. Als Nachteile des Zementmörtels bei Talsperrenbauten können hervorgehoben werden, daß der Mörtel am Abend jeden Arbeitstages aufgebraucht werden muß. Dadurch entstehen Verluste, indem der Verbrauch der Mörtelbereitung nicht genügend angepaßt werden kann. Die Herstellung des Mörtels muß morgens früher anfangen und abends früher aufhören als die Mauerarbeiten. Ferner treten Verluste bei Eintritt von Regenwetter auf, indem der in den Bütten stehende Mörtel abbindet und späterhin nicht mehr verwendbar ist.

In Frankreich verwendet man vielfach hydraulischen Kalk für den Mörtel der Talsperren.

Der Zusatz von Traß zum Zementmörtel hat den Zweck, den überschüssigen Kalk, der in den Portlandzementen mehr oder weniger enthalten ist, zu binden. Dieser überschüssige Ätzkalk sickert an den Bauten aus und setzt sich in weißen Kristallen als Kalkhydrat ab. Das Aussehen der Flächen wird dadurch unschön, im besondern aber liegt die Gefahr vor, daß sich die Festigkeit des Bauwerks

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 349. Über Zementtraßmörtel beim Bau der Talsperren in Sachsen s. Zeitschr. f. d. ges. Wasserwirtsch. 20. 8 1912.

²⁾ Zeitschrift für Bauwesen 1904, S. 659.

vermindert. Bei guten Zementen hat diese Schädigung allerdings weniger praktische Bedeutung, da die Kalkausscheidung nur ganz allmählich vor sich geht. Setzt man Traß hinzu, so verbindet sich seine Kieselsäure mit dem Ätzkalk unter der Einwirkung des Wassers zu kieselurem Kalk. Der Kalk wird gebunden und die Festigkeit des Mörtels erhöht, so daß ein doppelter Erfolg erzielt wird. Ein Zusatz von 0,5 bis höchstens 0,7 Rt. Traß auf 1 Rt. Zement genügt, um diesen Zweck zu erreichen.

Eingehende Untersuchungen hierüber sowie über die Verwendbarkeit von Ziegelmehl und Hochofenschlacke als hydraulische Zuschläge wurden für den Bau der Möhnetalsperre angestellt, worüber Link im Zentralblatt d. Bauverw. 1909, S. 16 i. J. ausführlich berichtet. Als das Ergebnis wurde eine Mischung aus Traßkalkmörtel und Zementtraßmörtel gewählt. Der Traßkalkmörtel hatte das Mischungsverhältnis 1 Rt. Kalk + $1\frac{1}{2}$ Rt. Traß + $2\frac{1}{2}$ Rt. Sand. Diese Zusammensetzung hatte sich bei den Versuchen als die festeste bei gleichzeitiger Wasserdichtigkeit gezeigt (vgl. auch Tab. 70). Als Zementtraßmörtel wurde genommen: 1 Rt. Zement + $\frac{1}{2}$ Rt. Traß + $4\frac{1}{2}$ Rt. Sand. In der fertigen Mischung sind vom Kalktraßmörtel 3 Teile, vom Zementtraßmörtel 1 Teil enthalten, so daß das Gesamtergebnis ist $\frac{1}{2}$ Rt. Zement + $1\frac{1}{2}$ Rt. Kalkteig + $2\frac{1}{2}$ Rt. Traßmehl + 6 Rt. Sand. Die Zugfestigkeit dieser Mörtelmischung ergab sich nach 28 Tagen zu rund 13 kg/qcm, nach 3 Monaten zu rund 23,4 kg/qcm. Bei der Bauausführung stellten sich auch hier einige Erschwernisse für den Baubetrieb ein. Der Mörtel mußte morgens früher angemacht werden und durfte über Nacht nicht stehen bleiben, da es nicht für zulässig erachtet wurde, den Mörtel länger als eine Stunde angemacht stehen zu lassen; für die Listertalsperre 1 Rt. Fettkalk + $1\frac{1}{4}$ Rt. Traß + $2\frac{1}{4}$ Rt. Sand. Mit Rücksicht auf den kieseluremreichen Sand ist hier der Traßzusatz etwas eingeschränkt worden.

Das Mischungsverhältnis für die Talsperre in Mauer war: 1 Rt. Zement + $\frac{1}{2}$ Rt. Traß + $\frac{1}{3}$ Rt. Kalk + 5 Rt. Sand. Weiteres über Zementtraßmörtel s. u. a. die Untersuchungen von Hambloch in »Der Traß, seine Entstehung, Gewinnung und Bedeutung im Dienste der Technik u. Zentralblatt der Bauverwaltung 1912, S. 102.

Der Zementmörtel der amerikanischen Sperrmauern hat im allgemeinen die Zusammensetzung 1 Rt. Zement auf 2—3 Rt. Sand. Es wird meist Portlandzement verwandt, der bei einzelnen Anlagen (Sweetwater D.) aus Deutschland bezogen wurde. Als Beispiele sind hier zu nennen die Croten- und Wachusett-Talsperre (1 : 2 in Bruchsteinmauerwerk), die Sodom Sperrmauer (1 : 2 bis 3 in Bruchsteinmauerwerk). Die Assuansperrmauer ist an der Außenfläche ein Mischungsverhältnis 1 : 4 in Bruchsteinen gemauert.

Von französischen Sperrmauern in hydraulischem Kalkmörtel seien die folgenden erwähnt. Die Sperrmauer von Ternay (erbaut um 1860) ist erbaut mit einem Mörtel, zu dessen Bereitung 400 kg hydraulischer Kalk von Teil auf 1 cbm Granitsand gemischt wurde. Die rechnerische Beanspruchung des Mauerwerks wurde bis 14 kg/qcm zugelassen. Bei der Talsperre von Pas du Riot (1873—78) wurden 380 kg hydraulischer Kalk auf 1 cbm Sand, in Chartrain (1888—92) 340 kg hydraulischen Kalk auf 0,90 cbm Granitsand, der durch Zerklleinern des Gesteins gewonnen wurde, gemengt. Die Mauern von Echape (1894—98), Cotatay (1900—04) und Ondonon (1901—04), sämtlich im Loiregebiet gelegen haben einen Mörtel, der aus 380 kg hydraulischen Kalk auf 1 cbm Loiresand gemischt wurde¹⁾.

Es erhellt nach allen diesen Ausführungen, daß bei der Wahl des geeignetsten Mörtels im gegebenen Falle eines Talsperrenbaues vor allem die Kostenfrage von ausschlaggebender Bedeutung ist, ob man sich für Traßmörtel, Zementmörtel, Zementtraßmörtel oder, sofern dies nähere Untersuchungen als zulässig erscheinen lassen, für eine andere Mörtelart entscheidet. Die für die einzelnen Mörtelsorten vorhandenen Vor- und Nachteile wird man in anbetracht, daß mit allen diesen Mörteln ausgeführte Talsperren sich im Betriebe sicher und dauerhaft erweisen, wohl einschätzen aber nicht als durchschlagend dort ansehen können, wo bei den großen Massen des Mauerwerks durch die Verwendung der einen oder anderen Mörtelart bedeutende Kostenunterschiede hervorgerufen werden. Für Westdeutschland wird im allgemeinen der Traßkalkmörtel in betracht kommen, während im Osten der Zementmörtel sich billiger stellt, dem man aber selbst unter Aufwendung einiger Mehrkosten zweckmäßig einen Zusatz von Traß gibt, um von den vorteilhaften Eigenschaften dieses Bindemittels Nutzen zu ziehen.

¹⁾ Bellet, Barrages en Maçonnerie, S. 48, 167 u. f.

§ 57. Die Bindemittel. Für die Beurteilung der Güte des Zementes sei auf die Normen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement hingewiesen¹⁾. Es würde an dieser Stelle zu weit führen, auf die Eigenschaften der hydraulischen Kalke und des Weißkalkes im einzelnen einzugehen. Einiges über die notwendigen Eigenschaften der letzteren enthalten die in § 67 abgedruckten Ausführungsbedingungen (s. auch S. 186). Zum allgemeinen Anhalt sei bemerkt, daß z. B. der bergische, zu Talsperrenbauten vielfach verwandte gebrannte Kalk etwa folgende chemische Zusammensetzung

Calciumoxyd (CaO)	96—98 v. H.
Magnesiumoxyd (MgO)	0,3—1,8
Eisenoxyd (Fe ₂ O ₃)	0,2
Kieselsäure und Tonerde (SiO ₂ , Al ₂ O ₃)	2,0

Dazu treten Spuren unlöslicher Teile. Der hydraulische Kalk von der Lahn enthält etwa

Calciumoxyd	57 v. H.
Magnesiumoxyd	40 »

Der Rest besteht aus Tonerde, Eisenoxyd, Kieselsäure, Alkalien usw.

Solinger Talsperrenbau. Der verwendete Kalk war kohlensaurer Kalk, der in Wagenladungen als gebrannter Kalk auf die Baustelle gebracht und hier in Pfannen abgelöscht wurde (Weißkalk). Nach den chemischen Analysen war im Kalkstein enthalten:

	Probe I	Probe II
Kohlensaurer Kalk	97,62 v. H.	98,16 v. H.
Kohlensaure Magnesia	0,76 »	0,31 »
Unlösliches + Eisenoxyd + Tonerde	1,62 »	1,36 »

Der Kalkstein enthielt im Mittel (Rest kohlige Substanz) 97—98 v. H. an kohlensaurem Kalk. Der gebrannte Kalk enthielt:

	Probe I	Probe II	Probe III
Kalk	92,83 v. H.	97,29 v. H.	97,3 v. H.
Magnesia	0,11 »	0,56 »	0,3 »
Unlösliches, Eisenoxyd, Tonerde pp.	7,36 »	2,15 »	2,4 »

Die Ergiebigkeit des Kalkes war derart, daß aus 5 kg Kalk i. M. 15 l Kalkteig gewonnen wurden. Der Gehalt des zum Mörtel verwandten Kalkteiges an hygroskopischem Wasser betrug etwa 43 v. H., wobei 1 l eingefüllt 1,375 kg wog. Der gelöschte Kalk mußte in den Gruben vier Wochen lang vor seiner Verwendung gelagert haben und eine geschmeidige, nicht körnige oder knotige Beschaffenheit besitzen. Für einen größten täglichen Mörtelverbrauch von 120 cbm war hier nach ein Grubenraum von rund 1300 cbm geschaffen.

Über Kalk und Kalkmörtel vgl. auch Mitteilungen aus den Königl. Technischen Versuchsanstalten zu Berlin 1894. Viertes Heft S. 156.

Der Traß wird aus hydraulischen Tuffsteinen gemahlen, die sich vornehmlich im Nettetale bei Andernach finden. Er hat eine bläulichgraue Farbe. Für vorliegende Zwecke nicht verwendbar ist der sogen. Bergtraß (Wilder Traß, Leucitstoff), der sich besonders im Brohltale findet. Dieser Traß hat das chemisch gebundene Wasser verloren und ist deshalb als Mörtelbildner wertlos. Der unbrauchbare Traß ist in der Farbe etwas gelblicher, aber im ganzen mit dem Auge vom guten Traß wenig zu unterscheiden. Es kamen früher viele Fälschungen vor. Es ist daher gewöhnlich vorgeschrieben, daß der Traß aus dem Nettetale kommen muß. Der Traß ist vermutlich auf vulkanischem Wege entstanden. In den Tuffsteingruben im Nettetale (Abb. 292) findet sich in der Regel unter einer Humusschicht von etwa einem halben Meter Stärke

¹⁾ Neu herausgegeben vom preuß. Min. d. öff. Arbeiten im Jahre 1911.

eine Bimsteinablagerung in etwa 2 m Höhe. Dann folgt Tuffasche in einer Mächtigkeit von 5—20 m. Unter der Grundwasserlinie steht dann der eigentliche Tuffstein stellenweise in Lagen bis 25 m Höhe an. Das Tuffgestein hat in den oberen Schichten meist eine gelblich graue Farbe. Darunter wird der Stein grau und der unterste Stein hat eine bläulichgraue Farbe. In gleichem Maße nimmt die Härte des Steins zu. Vielfach wird vorgeschrieben, daß das Traßmehl zur Hälfte aus gelben und aus je einem Viertel aus grauen und blauen Steinen gemahlen werden müsse.

Die Verwertung von Traß als Mörtelbildner in Verbindung mit Kalk ist alt, und Reste von Bauwerken am Rhein lassen darauf schließen, daß ihn bereits die Römer auf Grund der Erfahrungen mit Puzzolanen in ihrer eigenen Heimat in Deutschland zur Mörtel-



Abb. 292. Tuffsteingrube bei Kruft im Nettetale für die Gewinnung von Traß.

bereitung gebraucht haben. In neuerer Zeit hat der Traßmörtel erhöhte Bedeutung infolge seiner Verwendung bei der Errichtung massiger Ingenieurbauten gewonnen, so bei den Talsperren und großen Hafen-, Dock- und Schleusenanlagen an der See. Eine Reihe von Sperrmauern, welche in den letzten Jahren in Rheinland und Westfalen hergestellt bzw. in der Ausführung begriffen sind, enthalten etwa 1 Mill. cbm mit diesem Mörtel hergestelltes Mauerwerk. Diese ausgedehnte Anwendung gab naturgemäß Veranlassung, den Traß auf seine chemischen und physikalischen Eigenschaften und seine Verwendungsfähigkeit für die Mörtelbereitung erneut wissenschaftlich und praktisch zu prüfen, wenn zwar in letzterer Hinsicht seine Brauchbarkeit an den altüberlieferten Bauwerken unzweifelhaft erkannt war. In den Kreis dieser Untersuchungen wurde auch

die Frage der Verbesserungsfähigkeit des Zementmörtels durch Traßzusatz gezogen und die Bewährung solcher Mörtelmischungen im Süß- und Seewasser unter den verschiedensten Bedingungen für die Erhärtung erprobt. Diese Ermittlungen mit Aufwendung nicht unbedeutender Geldmittel haben wertvolle Aufschlüsse geliefert und zu Vorschlägen für einheitliche Prüfungsnormen geführt nach Art der für die Zementprüfung bestehenden Grundsätze¹⁾.

Die chemische Zusammensetzung des Traßes ist im Mittel die folgende

Kieselsäure (SiO ₂)	58 v. H.
Tonerde (Al ₂ O ₃)	15 »
Eisenoxyd (Fe ₂ O ₃)	3 »
Eisenoxydul (FeO)	1 »
Titansäure (TiO ₂)	0,5 »
Kalk (CaO)	2 »
Magnesia (MgO)	2,17 »
Kali (K ₂ O)	4,5 »
Natron (Na ₂ O)	4,8 »

Dazu treten Spuren von Phosphorsäure (PO₄H₃) und Schwefelsäure (H₂SO₄), mechanisch gebundenes (etwa 3—4 v. H.) und chemisch gebundenes Wasser (7—8 v. H.).

Die Erhärtung des Traßkalkmörtels beruht auf einer Bildung von Hydrosilikaten, indem sich die lösliche Kieselsäure unter der Einwirkung von Wasser mit dem Kalk vereinigt. Der Kalk kann gebrannter Fettkalk oder hydraulischer Kalk sein. Die Erhärtung erfolgt bei Zutritt von Luft anfänglich schneller als unter Wasser, schreitet später aber in beiden Fällen in gleichem Maße fort. Doch muß bei der Lufterhärtung stets eine genügende Wasserzuführung vorhanden sein (s. S. 475). Es hat sich bei Versuchen ergeben, daß die Erhärtung mit hydraulischen Kalken im allgemeinen inniger ist und höhere Festigkeiten liefert. Doch wird im praktischen Baubetriebe meistens Fettkalk verwandt. Der im Mörtel enthaltene Sand wirkt bei dem Erhärtungsvorgange nur physikalisch mit. Weiteres über den Traß und seine Eigenschaften s. die Schriften von Hambloch, der Traß, seine Entstehung, Gewinnung und Bedeutung im Dienste der Technik u. a. m.

Prüfung von Traß. Einen guten Anhalt für den Vorgang der Prüfung und die Bedingungen der Güte geben die Beschlüsse des deutschen Verbandes der Materialprüfungen vom 29. September 1900, die abgedruckt sind im Heft 1 des Jahrganges 1901 der Mitteilungen aus den Königl. Techn. Versuchsanstalten zu Berlin. Diese Beschlüsse sind neuerdings zu Normen erhoben (abgedruckt a. a. O. 1910, Heft 2 und 3).

Die wesentlichsten Bestimmungen sind folgende:

Die Mahlfeinheit des Trasses wird durch eine Siebprobe geprüft (etwa 20 g). Dabei soll der Rückstand auf ein 900-Maschensieb (ein Sieb mit 900 Maschen auf 1 qcm) höchstens 20 v. H. betragen, und mindestens 50 v. H. sollen durch ein 5000-Maschensieb gehen. Größte Feinheit der Mahlung ist Vorbedingung, um im Mörtel eine gute Verteilung und eine innige chemische Verbindung zu sichern. Aus diesem Grunde geschieht das Mahlen des Trasses meist in den Traßgruben, weil hier die dauernden Einrichtungen sorgfältig getroffen werden können, im allgemeinen besser als für die vorübergehenden Zwecke einer Bauausführung. Vereinzelt, wie z. B. bei der Gileppe-Talsperre, hat die Mahlung auf der Baustelle stattgefunden.

Die Untersuchung auf Trocken- und Glühverlust, um den Gehalt an hygroskopischem (mechanisch festgehaltenem) und chemisch gebundenem Wasser zu erkennen,

¹⁾ s. S. 541 (Literaturnachweis).

gibt Aufschluß darüber, ob der Traß aus guten hydraulischen Tuffsteinen oder verwittertem Gestein gewonnen ist. Das aus Bergtraß gewonnene Mehl hat neben einem geringeren Gehalt an Hydratwasser meist nur hygroskopisches Wasser.

Ermittlung des Trocken- und Glühverlustes. Das Traßmehl (20 g) wird bei 98° C in einem Wassertrockenschrank etwa drei Stunden lang erhitzt. Nach dem Erkalten wird die Gewichtsabnahme an etwa 10 g mittels einer chemischen Wage festgestellt; daraus ergibt sich der Gehalt an hygroskopischem Wasser. Dieses Verfahren bildet kein Merkmal für die Güte, sondern liefert nur den trockenen Traß für die Ermittlung des Glühverlustes. Hierzu werden die zweiten 10 g weitere 40 Minuten in einem sogenannten Glühofen (Hempel) bis zur Rotglut erhitzt. Nach dem Erkalten wird wiederum die Gewichtsabnahme festgestellt, bezogen auf den trockenen Traß. Das Ganze ist ein peinlich genaues Verfahren. Immerhin ist es auf dem Bauwesen mit guten Apparaten leicht durchführbar. Guter Traß aus hydraulischem Tuffstein soll mindestens 7 v. H. Glühverlust (Hydratwasser, chemisch gebundenes Wasser) ergeben. Guter Tuffstein enthält meist mehr. Der Gehalt an hygroskopischem Wasser sollte höchstens 4 v. H. betragen.

Den besten Aufschluß über die Güte geben im übrigen auch hier Zug- und Druckfestigkeitsprüfungen nach 14, 28 und 42 Tagen, die während der Bauausführung nie unterbleiben sollten. In den oben erwähnten Vorschriften ist als Normenmischung 1 Rt. Traß, 1 Rt. Normenkalkbrei und 1 Rt. Normalsand bestimmt. Diese Mischung soll nach 28 Tagen Erhärtung (3 Tage an feuchter Luft [15–20° C], 25 Tage im Wasserkasten von gleicher Wärme) mindestens 14 kg/qcm Zugfestigkeit und 70 kg/qcm Druckfestigkeit aufweisen.

Falls die Lieferung des Trasses auf die Baustelle in Stücken erfolgt, so müssen die Steine ein gleichmäßiges Gefüge haben und so fest sein, das sie beim Zerschlagen scharfkantigen Bruch zeigen und beim Aneinanderschlagen wie Porzellan klingen. Steine, die sich in den Fingern zerreiben lassen oder mit denen Striche wie mit Kreide gezogen werden können, sind unbrauchbar. Die Steine müssen ausgetrocknet sein, so daß sie sich gut mahlen lassen und ein Mindestgewicht von 1 kg/l haben. Im allgemeinen ist das Rohmaterial des Trasses gegen Feuchtigkeit unempfindlich und seine Güte leidet nicht durch den Zutritt von Wasser, wie dies z. B. beim Zement der Fall ist. Aber zum Mischen muß das Traßmehl vollkommen trocken sein. Vgl. auch S. 186 unten.

Beschaffenheit des Wassers. Das für die Mörtelbereitung zu verwendende Wasser muß rein und frei von schädlichen Beimischungen sein. Es darf vor allem keine Humussäure enthalten, wie sie sich sehr leicht in moorigem Boden vorfindet; denn diese übt auf Zement und Kalk einen zersetzenden Einfluß aus. Beim Bau des Altenweihers wurde aus diesem Grunde nicht unmittelbar aus dem Bachlauf an der Baustelle das Wasser entnommen, sondern weit hergeleitet; ebenso war bei den Bauten des Solinger Wasser- und Elektrizitätswerkes die Benutzung des Wupperwassers für die Mörtelbereitung nicht gestattet, da dieses Wasser durch die Abgänge aus den Färbereien, der Kanalisation und den Farbfabriken der oberhalb gelegenen Städte Barmen und Elberfeld stark verunreinigt ist.

§ 58. Festigkeitsprüfung der Mörtel. Gemeinhin für den Gebrauch gegebene Festigkeitszahlen mögen für allgemeine Vorermittlungen Wert haben; auch für solche Bauten haben sie Geltung, bei denen die Bedeutung des Mörtels zurücktritt. Bei den massiven Ingenieurbauten von heute nimmt aber die Frage des Mörtels eine besondere Stellung ein. Da ist es nötig, sich über das Gewicht des Mörtels, die Dichtigkeit und Festigkeit und damit im Zusammenhang stehend über die Kosten des Mörtels ein genaues Bild zu verschaffen. Man wird solch einen Mörtel wählen, der dem Zwecke des Baues am besten angepaßt ist; d. h. den billigsten Mörtel, der eben jene Festigkeit und Dichtigkeit besitzt, die der in Rede stehende Bau verlangt. Ein Überschuß hieran

ist unnötig und würde den Bau nur verteuern. Daher muß die große Bedeutung hervorgehoben werden, die solche Untersuchungen vor Beginn des Baues bei umfangreichen Anlagen dieser Art haben. Intze wandte diesem Gegenstande sein besonderes Interesse zu, und seine eingehenden Untersuchungen sind bemerkenswert und bedeutsam für den ganzen deutschen Talsperrenbau geworden¹⁾.

Die späteren Untersuchungen während der Bauausführung sollen vornehmlich das Vorhandensein der Beschaffenheit und Güte nachweisen, die bei der Wahl des Mörtels und der sonstigen Baustoffe vorausgesetzt wurde. Es würde den Rahmen dieser Schrift überschreiten auf die Einzelheiten der Festigkeitsversuche an dieser Stelle näher einzugehen. Der Vorgang dieser Versuche ist durch amtliche Normen meist vorgeschrieben²⁾.

Druckfestigkeitsproben sind auf dem Baubureau im allgemeinen nicht üblich. Die hierzu erforderlichen Würfel ($50/50$ mm Seitenlänge) müssen sehr sorgfältig hergestellt und abgeschliffen werden. Die Druckvorrichtung selbst ist ein umfangreicher Apparat. Alles dieses ist für die Baustelle meist zu umständlich. Wo Druckversuche nötig erscheinen, begnügt man sich meist damit, die Druckkörper (Würfel) anzufertigen und einer Versuchsanstalt zur weiteren Behandlung zuzustellen. Es kommt auch in Betracht, die Mörtelmaterialien roh einzusenden. Auf der Baustelle, begnügt man sich gewöhnlich mit Zugproben. Allgemein und zur ungefähren Übersicht gibt das meist für die einzelnen Mörtelsorten gleichbleibende Verhältnis von Zug- zu Druckfestigkeit einigen Anhalt, um aus der auf der Baustelle ermittelten Zugfestigkeit auf Druckfestigkeit zu schließen. Es ist z. B. dieses Verhalten für Zementmörtel etwa 1:10, für Traßmörtel etwa 1:7—8.

Auch für Dichtigkeitsproben der Mauer- und Putzmörtel u. a. m. sind geeignete Apparate auf der Baustelle meist nicht vorhanden und man tut gut, die Baustoffe an eine Versuchsanstalt einzusenden.

Bei allen Festigkeitsversuchen sollte von dem Gesichtspunkt ausgegangen werden, alle Baustoffe und die Mörtelmischungen möglichst unter Bedingungen zu prüfen, wie sie in den Bauwerken Verwendung finden. Daher tut man gut, bei den Festigkeitsprüfungen, im besonderen des Mörtels an der Talsperre, das Untersuchungsmaterial dem Baubetriebe (der Mörtelbütte) unmittelbar zu entnehmen, wobei nur die größten Kieselsteine durch Absieben entfernt werden. Dies kann geschehen auf einem Siebe, welches vier Maschen auf 1 qcm enthält. Nach dieser Seite sind also die Versuche auf dem Baubureau den wirklichen Vorgängen in der Mauerung so weit als möglich anzupassen, damit ein erstes Erfordernis für die Beurteilung der Güte des Bauwerks erfüllt wird. Teils zum Vergleich mit den auf der Baustelle ausgeführten Proben, teils um besondere Fälle zu untersuchen, wofür geeignete Hilfsmittel in der Regel nicht zur Verfügung stehen, empfiehlt es sich, Versuche bei einer Prüfungsanstalt ausführen zu lassen.

Für die Prüfung von Beton s. 1. Allgemeine Bestimmungen für die Vorbereitung, Ausführung und Prüfung von Bauten in Stampfbeton, 2. Normen für vergleichende Druckversuche mit Stampfbeton. 3. Bestimmungen für Druckversuche bei der Ausführung von Bauten mit Stampfbeton. Aufgestellt vom deutschen Ausschuß für Eisenbeton 1908.

Mörtelfestigkeit in den Bauwerken. Neben der Kenntnis der Eigenschaften von Mörtelmischungen, wie sie durch normenmäßige Laboratoriumversuche gewonnen wird, ist es für die Beurteilung der Standfestigkeit eines Baues notwendig, den Grad der Mörtelerhärtung im Bauwerk selbst zu kennen. Denn der Erhärtungsvorgang ist nicht allein abhängig von der Beschaffenheit der Bindestoffe, der Korngröße des Sandes, der Herstellungsweise des Mörtels von Hand oder in Maschinen, der Menge des Anmachewassers, der Lagerung an der Luft oder unter Wasser und anderen mehr chemi-

¹⁾ s. S. 469.

²⁾ Näheres u. a. »Der Portland-Zement und seine Anwendung«, 1912.

sehen Einflüssen, sondern auch von einer Reihe äußerer Umstände mechanischer Natur, die sich aus der Art ergeben, wie sich die Mauerarbeit auf dem Bauplatze vollzieht. Man muß sich also vergegenwärtigen, daß auch bei sonst gleicher Beschaffenheit der Bindemittel nicht jene Festigkeit, die die unter bestimmten Bedingungen im Hammerapparat nach starker Verdichtung hergestellten Probekörper liefern, die Sicherheit des Bauwerkes kennzeichnet, sondern daß jenes Maß der Erhärtung ausschlaggebend ist, das der Mörtel unter den natürlichen Formen der Bauausführung erreicht, wenn er vom Maurer durch einfachen Handstrich mit der Kelle in die Fugen der Mauersteine eingebracht wird. Zur Geltung kommt hierauf weiterhin die Anbindefähigkeit von frischem Mörtel an altabgebundenes Mauerwerk und die Anhaftung, die er an der Steinfläche erlangt, wodurch der Zusammenhang des Mauerkonglomerats herbeigeführt wird, ferner der Einfluß des Lehmgehaltes im Sand. Folgen für den späteren Zustand und Interesse für den praktisch ausübenden Ingenieur haben außerdem einige Fälle, die sich im Baubetriebe öfters wiederholen. Es ist dies die Frage nach der Verminderung der Abbindefähigkeit des Mörtels, wenn er fertig angemacht längere Zeit steht, und die nach der Einwirkung des Frostes auf den Erhärtungsvorgang.

Über diese Erscheinungen Aufklärung zu gewinnen, war der Zweck von Untersuchungen, die der Verfasser in den Jahren 1901/02 im Baubetriebe bei den Solinger Talsperrenbauten durchführte. Wenn diese Versuche auch nicht umfangreich waren und in dem Rahmen, wie es die einfachen Hilfsmittel der Baustelle zu gestatten pflegen, erfolgten, so mögen sie immerhin für die Beurteilung einigen zahlenmäßigen Anhalt geben und an anderen Orten ausgeführte Untersuchungen, soweit solche vorhanden sind, ergänzen. Vor allem mögen sie es wünschenswert erscheinen lassen, nach dieser Richtung hin durch weitere Forschung bessere Erkenntnis zu suchen.

Die Versuche ergaben die bedeutend größere Zugfestigkeit eines Mörtels, der im Hammerapparat verdichtet wird, gegenüber der von Hand eingestrichenen Mörtels. Dieses Verhältnis war für Zementmörtel (1:3) mit Normalsand 1,7:1, mit Bausand 2,2:1, für Traßmörtel 1,3:1. Hiernach würde z. B. bei fünffacher Sicherheit der normenmäßigen Festigkeit im Bau nur $\frac{1}{2,5}$ bis $\frac{1}{3}$ fache Sicherheit vorhanden sein. Die Anhaftung von neuem an alterhärtetem Mörtel war bei Zementmörtel etwa $\frac{1}{3}$ bei Traßmörtel rund $\frac{1}{2}$ der Festigkeit der Probeträger aus gleichen Bindestoffen. Die Anbindefähigkeit an einer Steinfläche war für Zementmörtel $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$, für Traßmörtel nur etwa $\frac{1}{3}$ der Mörtelfestigkeit. Die Abbindefähigkeit von Zement- und Zementtraßmörtel, welcher nach seiner Zubereitung nicht sogleich vermauert wird, nahm zunächst nur langsam ab. Ein Teil der Erhärtungsfähigkeit war selbst dann noch vorhanden, wenn der Mörtel angemacht mehrere Tage gestanden hatte. Ebenso ergab sich, daß der Frost die Abbindefähigkeit des Mörtels nicht vernichtet, sondern nur wenig verringert hatte. Traßmörtel, der mit gefrorenem und aufgetautem Kalk hergestellt wurde, zeigte nur eine Verminderung, nicht volle Aufhebung der Erhärtungsfähigkeit.

Die Ergebnisse, die für Talsperrenausführungen nicht ohne Interesse sind, sind im einzelnen mitgeteilt in der Zeitschrift für Bauwesen 1904, S. 319 und im Zentralblatt der Bauverwaltung 1905, S. 65. Über die Festigkeits- und Dichtigkeitsversuche an Traß- und Traßzementmörtel s. S. 469.

Es wäre von Bedeutung, wenn diese nur auf die Zugfestigkeit bezugnehmenden Ermittlungen auf die Feststellung der Druckfestigkeit unter gleichen Umständen und auf längere Zeiträume ausgedehnt würden. Denn es scheint nicht angezeigt, aus den unter normalen Verhältnissen vorhandenen Beziehungen zwischen Zug- und Druckfestigkeit im vorliegenden Falle ohne weiteres Rückschlüsse zu ziehen. Auch möchte es sich empfehlen, entsprechende Dichtigkeitsversuche mit Mörtel vorzunehmen, um nach dieser Richtung den Zustand in den Bauwerken zu erproben.

Die vorerwähnten dem tatsächlichen Bauvorgange angenäherten Versuche sind nur an kleinen Probestücken ausgeführt, und man darf nach Beobachtungen im Mauerbetriebe nicht zweifelhaft sein, daß der Erhärtungsvorgang in großen Mauerkörpern sich unter Umständen anders gestaltet¹⁾. Zudem ist hier nur der Mörtel untersucht worden. Für die Beurteilung der Güte des Mauerwerks selbst treten noch eine Reihe weiterer Einflüsse hinzu. Es ist da die Frage, inwieweit etwa ein größerer oder geringerer Mörtelgehalt, die Verwendung großer oder kleiner Steine, die mehr oder minder sachgemäße Arbeit, Beschleunigung der Mauerung, Auszwickung und Verspannung im Bruchsteinmauerwerk, enge und starke Fugen im Ziegelmauerwerk u. a. m. neben der Art und Beschaffenheit des verwandten Steinmaterials Einwirkung auf die Festigkeit und Dichtigkeit eines geschlossenen Mauerkörpers haben. Das Gleiche gilt auch für den Beton, der im Bau bei der dort üblichen Arbeitsweise meist nicht so vorteilhafte Eigenschaften aufweist wie in Versuchen. Schon die Druckversuche mit Betonklötzen bis zu 30 cm Würfelgröße, die mit zunehmender Körpergröße eine Abnahme der Festigkeit ergeben haben²⁾, deuten darauf hin, daß große Mauermassen nicht das gleiche Widerstandvermögen, auf die Einheit bezogen, besitzen wie kleine Körper. Die dabei festgestellte Abnahme der Dichte mit zunehmender Körpergröße dürfte eine Erklärung für diese Erscheinung abgeben. Große Stücke können selbst bei sorgfältigsten Versuchen nicht so verdichtet, geschlossen und frei von Fehlern hergestellt werden wie kleine. Noch mehr aber ist dies der Fall im praktischen Mauerbetriebe.

Endgültige Ergebnisse können hier nur Erprobungen im großen liefern, die der Ausführungsweise der gewöhnlichen Mauerung angepaßt sein müßten. Man darf sich zwar nicht verhehlen, daß solche Versuche, soweit sie überhaupt ausführbar sind, schwierig und kostspielig sind. Aber es muß im weiteren Rahmen mit als eine Aufgabe der Mauertechnik angesehen werden, den tatsächlichen Zustand in den Bauwerken zu erforschen, um trotz mancher Verschiedenheit der Ausführung, wie sie örtlich vorhandene Umstände im Einzelfalle mit sich bringen, allgemein gültige Gesichtspunkte zu finden und für die statische Berechnung ein möglichst klares Bild über die zulässigen Beanspruchungen zu gewinnen.

§ 59. Die Mörtelbereitung. Für die Mörtelmischung mit Maschinen haben an den rheinisch-westfälischen Talsperren bisher zwei Arten von Mischtrommeln Verwendung gefunden: solche mit lotrechter und solche mit wagerechter Achse. Die ersteren haben wagerechte, mit Zinken besetzte Arme, die letzteren kommen hauptsächlich in der Anordnung vor, daß die an zwei wagerechten Achsen befestigten Arme, welche innerhalb einer Trommel sitzen, annähernd zur Hälfte übereinander greifen. Welche von den beiden Arten ist die vorteilhaftere?

Bei den lotrecht gestellten Trommeln wird im allgemeinen Sand und Traß von Hand vorgemischt und sodann dieses Gemenge zugleich mit dem Kalk der Mischtrommel zugeführt. Der fertige Mörtel fließt aus der Trommel ununterbrochen aus, während beim Einlauf, um das vorgeschriebene Mischungsverhältnis zu wahren, jede Mischung in sich abgeschlossen ist. Bei den wagerecht liegenden Trommeln wird entweder Kalk und Traß zunächst vorgemischt und dann der Sand nach und nach zugesetzt, oder es werden alle drei Bestandteile zugleich in den Trichter geschüttet. Jede Mischung findet von

¹⁾ Vergl. Zeitschr. f. Bauwesen 1904, S. 522.

²⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltung 1904, S. 290.

Anfang bis zu Ende für sich statt. Hierin liegt der kennzeichnende Unterschied der beiden Zubereitungsarten. Das Endergebnis, d. h. die Gleichartigkeit des Gemenges, ist in beiden Fällen als dasselbe anzusehen. Beide Maschinenarten liefern einen durchaus guten und innig gemischten Mörtel von gleichmäßiger Farbe, und die mit Mörtel aus diesen Verfahren in einigen Versuchsreihen bei den Solinger Talsperrenbauten angefertigten Probekörper ließen in ihrer Zugfestigkeit einen Unterschied nicht erkennen. Man möchte hiernach annehmen, daß die Reihenfolge, in der die drei Bestandteile Kalk, Traß und Sand zueinander geführt werden, praktisch ohne Einfluß auf die spätere Festigkeit ist, wenn zwar die vorherige Mischung von Kalk und Traß das mehr naturgemäße Verfahren ist.

Die Kosten stellen sich bei dem Mischverfahren in den Maschinen mit wagerechten Achsen wesentlich billiger. Das Vormischen von Sand und Traß bei den senkrechten Trommeln erfordert für jede Maschine bei rund 50 cbm Mörtel als Tagesleistung etwa sechs Mann. Bringt man den Tagelohn mit 3,50 Mk. in Ansatz, so ergibt dies 21 Mk. Kosten. Bei den wagerechten Trommeln fällt das Vormischen von Hand fort. Hier können also die oben angegebenen 21 Mk. täglich erspart werden, ohne daß ein größerer Kraftaufwand der Maschine erforderlich wird. Überdies gestaltet sich der Betrieb bei wagerechten Trommeln sehr einfach und glatt. Der Raum der Trockenmischbühne erübrigt sich, ein Umstand, der bei den an den Berghängen sehr beengten Platzverhältnissen von Wichtigkeit ist, und man vermeidet die bei dem Vormischen von Hand lästige Staubentwicklung. Die wagerechten Trommeln haben daher für die Traßmörtelbereitung mancherlei Vorzüge vor der anderen Maschinenart. Kollergänge sind bei den rheinisch-westfälischen Talsperrenbauten bisher nicht zur Anwendung gekommen. Diese Maschinen dürften auch nur dann geboten sein, wenn der Traß in Stücken zur Baustelle angeliefert wird und seine Mahlung, nachdem die Zerkleinerung zu Schottergröße in Steinbrechern erfolgt ist, mit der Mörtelbereitung in den Kollergängen geschieht.

Die Mörtelanlage stellt einen bedeutsamen Teil des gesamten Baubetriebes dar, dessen jederzeit sicheres Arbeiten von hohem Wert für einen geordneten Verlauf der Mauerung ist. Die Anlage muß darum auf festem Unterbau, am besten gemauertem Grundwerk errichtet werden. Man muß bedenken, daß die Einrichtung meist mehrere Jahre zu überdauern hat und daß die Belastung der Maschinen bei der steifen Mörtelverarbeitung eine starke ist. Bei nicht genügend sicherer Unterstützung entstehen leicht zitternde Bewegungen der Gerüste, und die Folgen davon sind Brüche in den Zahnrädern oder sonstige Schäden. Das zieht kostspielige und empfindliche Störungen im Mauerbetriebe nach sich, da auf der Mauer ständig eine große Anzahl von Maurern auf die Zufuhr frischen Mörtels harrt. Aus diesem Grunde erscheint es auch geboten, für je zwei bis drei Mörteltrommeln eine Ersatzmaschine aufzustellen.

Der Kalk muß, wie auf S. 478 bemerkt, vier Wochen in der Grube abgelöscht lagern. Über den durch diese Forderung bedingten Bestand hinaus empfiehlt es sich, um Schwankungen in der Materialienzufuhr auszugleichen, einen Vorrat von etwa 25 v. H. an Kalk auf der Baustelle für den Notfall bereit zu halten. Das Ablöschen des Kalkes ist eine wichtige Sache, und es müssen damit durchaus sachverständige, mit der Natur des Kalkes vertraute Leute beauftragt sein. Ersparnisse an Lohn bringen hier mancherlei Schaden mit sich, wenn schlecht oder ungenügend abgelöschter Kalk später nicht verwendet werden kann. Maschinen-, im besonderen elektromotorischer Betrieb, ist in neuerer Zeit mehrfach mit Vorteil zur Anwendung gekommen. Die Mörtelbereitung mit Maschinen ist im allgemeinen selbst auf großen Baustellen nur für den Hauptbedarf des

Mauerwerks üblich. Alle übrigen in geringeren Mengen gebrauchten Mörtel, wie z. B. für den Verputz an der Wasserseite, Verblendung an der Luftseite, Stollenabmauerung u. a. m., werden in der Regel von Hand bereitet. Von Einfluß auf diese Herstellungsweise ist der Umstand, daß für diese Mörtel meist nur ein vorübergehender, in Zeitabschnitten sich wiederholender Bedarf eintritt.

Lauchensee-Weiher. Die Tuffsteine wurden auf der Baustelle durch den Steinbrecher zunächst zu Mahlgruß zerkleinert, der Sand und Steine bis zu etwa Wallnußgröße enthielt. Dieser Mahlgruß kam dann beim Anmachen des Mörtels in den Kollergang. Der Vorgang der Sandgewinnung war folgender: Die Steine kamen zunächst in den Steinbrecher. Das zerquetschte Material wurde mittels Becherwerk in ein Sandtrommelsieb geworfen, alle sandgroßen Teile fielen in einen Kippwagen. Das mittlere Brechgut von 4–40 mm Größe ging durch die Schüttrinne zum Walzwerk. Der zerquetschte Sand wurde mittels desselben Becherwerkes wieder in die Sandsieb-trommel gebracht. Es kamen ständig von der einen Seite die Steinschrotten, von der andern Seite der Sand in die Mulde des Becherwerkes, um gemeinsam gehoben zu werden. Die Sanderzeugung betrug in einer Stunde etwa $1\frac{1}{2}$ cbm. Für die Mörtelbereitung wurde der Kalk und Traß zunächst in den Kollergang gebracht und unter reichlichem Wasserzusatz einige Minuten lang gemischt. Dann wurde allmählich Sand von Hand zugeschaufelt. Jede Mörtelbereitung erforderte 10 Minuten Zeit und maß etwa $\frac{1}{4}$ cbm. Der Mörtel wurde steif verarbeitet. Der Mörtelgehalt des Mauerwerkes betrug 35 v. H. Dieser so gewonnene Traßmörtel stellte sich billiger als der Zementkalkmörtel. Näheres siehe Zeitschrift für Bauwesen 1902, S. 222.

Bemerkt sei, daß beim Bau der Urftalsperre Maschinen mit horizontaler Welle verwendet wurden. Kalk und Traß wurde zunächst gemengt und dann der Sand zugesetzt. Traß und Sand kamen in 3–4 m, Kalk in 6–8 m über Mauerkronenhöhe an, um dann dem Schwergewicht folgend bei der Mörtelbereitung zur Mauer zu gelangen. Die Kalkablösung geschah auf maschinellm Wege in einer elektrisch betriebenen Löschtrommel mit schaufelförmigen Armen, wobei ein beständiger Betrieb stattfand, indem die Kalkmilch dauernd aus der Trommel abfloß.

Beim Bau der Talsperre von Marklissa wurde Sand, Zement und Traß von Hand trocken vorgemischt und dieses Gemenge dann mit Kalkbrei zusammen in einer Schnecke durchgeführt. Die Abfuhrleise lagen über Mauerkronenhöhe. Der Mörtel wurde durch Schüttrinnen in die Baugrube gefördert und dort in Karren verfahren.

§ 60. Die Erd- und Felsarbeiten. Über die Erfordernisse, die an den Baugrund bei der vorläufigen Prüfung zur Errichtung einer Talsperre zu stellen sind, ist früher gesprochen worden (s. S. 157 u. f.). Es sind dort die geologischen Vorarbeiten, Schürfungen und sonstigen Ermittlungen erörtert. Es sollen an dieser Stelle die Arbeiten für die Freilegung der Baugrube und Vorbereitung der Mauerung erörtert werden.

Aushub der Baugrube (Abb. 293). Die Förderung des Aushubes der Baugrube erfolgt mittels Bremsberge, Aufzüge, Krane, Seilbahnen u. a. m. Neben Sprengstoffen und Hacke sind in neuester Zeit Trockenbagger (Möhnetalsperre) und Dampfschaufeln (Amerika, Möhnetalsperre) angewendet worden. Wo es durchführbar ist, muß es als zweckmäßig erscheinen, die gesamten Abräumungs- und Felsarbeiten in einem Zuge hinauf bis zur zukünftigen Mauerkrone vor Aufnahme der Mauerarbeiten zu vollenden. Bedeutsam ist hierbei der Vorteil, daß man mit den Sprengungen in der Baugrube fertig wird, bevor das erste Mauerwerk angesetzt ist, so daß der spätere Mauerbetrieb hierdurch nicht gestört wird und Verschmutzungen der Maueroberfläche durch herabfallendes Erdreich und Gestein nicht vorkommen können. Überdies erfordern nachträgliche Sprengungen im Bereich der Baustelle, wenn die Mauer bereits ein Stück hochgeführt ist, große Vorsicht, weil die Gefahr vorliegt, daß das noch frische Mauerwerk durch die Erschütterungen des Gebirges Schaden nimmt. Im übrigen bieten diese Arbeiten nichts Besonderes, und die wesentlichsten Gesichtspunkte werden aus Beschreibungen zu entnehmen sein, wie sich dieser Vorgang im Bau bei einigen neueren Ausführungen gestaltet hat.

Solinger Talsperrenbau (Abb. 294). Die Untergrundverhältnisse gestalteten sich im allgemeinen so, wie die Probeschürfungen ergeben hatten, welche an der Talsohle unterhalb der Mauer vor Inangriffnahme des Baues ausgeführt waren (Abb. 58 auf S. 163). Der obere Fels war lose und verwittert und mußte in 2 bis $2\frac{1}{2}$ m Tiefe abgeräumt oder abgesprengt werden. Dann fing das gute Gestein an, aus kernigem Tonschiefer bestehend, stellenweise mit Quarz durchsetzt und meist von kristallinischem Gefüge (Grauwacke). Andererseits fanden sich aber auch Stellen, an denen ein wesentlich tieferer Eingriff als vorangegeben in den Fels notwendig wurde. In einer



Abb. 293. Beginn der Felsarbeiten für die Freilegung der Baugrube der Mescheder Talsperre.

Ecke am rechten Hange sprang der Fels weit zurück und lag unter einer bis 7 m mächtigen Lehm- und Geröllschicht; am Grunde des linken Berghanges fand sich ebenfalls ein loser, weicher und stark verwitterter Fels bis 9 m Mächtigkeit, welcher abgeräumt werden mußte. Diese Mehrarbeit war unumgänglich erforderlich, um für die Talsperre eine feste Gründungssohle zu gewährleisten und um zu erreichen, daß das Mauerwerk überall an gesunden, tragfähigen und dicht geschlossenen Fels Anschluß erhielt. Der gesamte Felsausbruch wurde hiernach wesentlich größer, als vorausberechnet.

Der Bach wurde über die Baugrube, welche eine Tiefe von rund $6\frac{1}{2}$ bis 7,0 m erreichte, in einem Holzgerinne übergeleitet. Das Gerinne, von einer Anzahl Mittelstützen getragen, hatte bei 40 m Länge 1,4 qm Durchflußquerschnitt und trug gleichzeitig die Gleise der Förderbahn, welche über die Baugrube hinweg nach den unter-

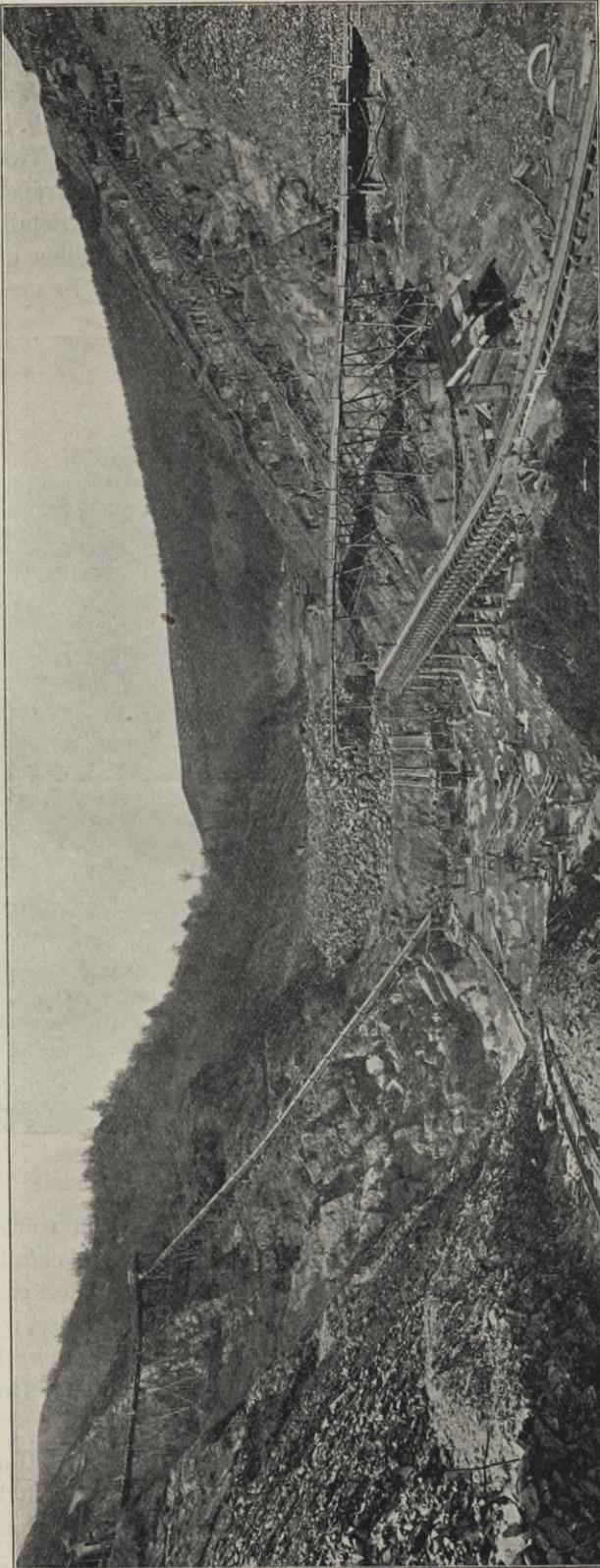


Abb. 294. Baugrube der Solinger Spermauer bei Beginn der Mauerarbeiten.

halb gelegenen Baustellen Fortsetzung fand. Der Wasserzulauf zur Baugrube war im allgemeinen gering, und eine für die Wasserhaltung aufgestellte Lokomobile mit Kreiselpumpe hatte nur wenig Arbeit. Soweit der Fels mit Hacke und Brechstange zu beseitigen war, geschah dies. Wo aber ein an sich noch nicht genügend fester oder eine schlechte Schicht überlagernder Fels der Entfernung durch diese Werkzeuge Schwierigkeiten entgegenstellte, wurde er durch Sprengen gelöst. Das Bohren der Sprenglöcher geschah hierbei von Hand durch je zwei Leute. Als Sprengstoff diente Pulver, das in Kugelform, lose geladen, im Bohrloch abgedämmt und durch Zündschnur zur Explosion gebracht wurde. Die für die Sprengung in der Sohle der eigentlichen Fundamentgrube herzustellenden Bohrlöcher füllten sich nun während ihrer Herstellung meist mit Wasser, so daß das Pulver feucht wurde und schlecht oder gar nicht zündete. Auch haftete die Verdämmung der Bohrlöcher an den feuchten Wandungen nicht, so daß der Schuß wirkungslos aufpuffte, selbst wenn eine Zündung erfolgte. An solchen Stellen wurde Dynamit zum Sprengen verwandt, wobei das gelockerte Gestein, soweit die bei der Sprengung etwa entstandenen Risse sich nach unten hin fortsetzten, durch Stange und Hacke entfernt werden mußte. Das Hinausschaffen der Geröll- und Bodenmassen aus der Baugrube im Tale geschah mittels eines Bremsberges, auf welchem die

beladenen Wagen von einer Dampfwinde hochgezogen wurden. An den Hängen wurde der Abraum staffelweise seitwärts auf wagerechter Bahn in die Ablagerung gefördert.

Unter der Baugrubensohle wurde ein Probeschacht von 2:2 m Grundfläche bis 4 m abgeteuft, um die tieferen Gesteinsverhältnisse festzustellen (Abb. 73 auf S. 203). Diese zur größeren Vorsicht geführte Untersuchung zeigte, daß hier, wie in der übrigen Baugrube, ein fester Fels aus quarzhaltigem Tonschiefer von fester und gesunder Beschaffenheit anstand. Die Richtung und Lage der Felsbänke zeigte innerhalb der Baugrube einen großen Wechsel. Während der linke Hang und die Sohle eine gewisse Regel-



Abb. 295. Verwerfungen am rechten Berghange in der Baugrube der Solinger Talsperre.

mäßigkeit der Schichten hatte, war der Fels des rechten Hanges stark (Abb. 295) verworfen. Die Bänke lagen wie kugelförmige Schalen jäh nach allen Richtungen durcheinander. In den tieferen Teilen der Baugrube konnte man genau verfolgen, wie die auf dem einen Hange vorhandenen Schichten sich auf dem gegenüberliegenden Talhange fortsetzten; die Mitte der Lagen war durch Auswaschung hinweggespült.

Die Baugrubensohle zeigte in der Abflußrichtung des Tales eine kleine Ansteigung von etwa 40 cm. Nach der Luftseite hin traten an den Hängen die guten Felsbänke bis auf etwa 30 m zusammen, während sie nach der Wasserseite auf 62 m auseinander gingen, so daß in der Druckrichtung der Wasserlast die Felswände die regelrechte Gestaltung des Widerlagers einer Bogenbrücke besaßen. Diese günstige Gestaltung setzte

sich bis oben hin fort. Der Fels war überall geschlossen, und Erdklüfte zwischen den einzelnen Schichten und Bänken waren nicht vorhanden. Die Oberfläche hatte, wie für einen guten Eingriff des Mauerwerks allerdings erforderlich, eine natürliche Aufrauung.

Bodenförderung. Aus der Baugrube und von den Hängen bis etwa 15 m über Talsohle wurde der Abraum mittels Bremsberges gefördert, indem der Boden von den Hängen zunächst in die Baugrube geworfen wurde. Die Ablagerung des Bodens geschah entsprechend staffelförmig neben der Baugrube. Diese Abräumung hat fast ein ganzes Jahr gedauert, wie denn überhaupt die Abräumungs- und Reinigungsarbeiten zeitraubend sind.

Für die Wasserhaltung war anfänglich eine Lokomobile mit Zentrifugalpumpe nötig; später genügte eine Handpumpe. Es empfiehlt sich, den Pumpensumpf möglichst tief anzulegen.

Talsperrenbau Nordhausen. Der Eingriff in den festen Fels war im allgemeinen 1 m tief. Der Fels war durchweg geschlossen ohne Lehmlagen. Über die Schichten siehe S. 164. Am rechten Hange fand sich zwischen festen Felsbänken eine Lage von Löß — festabgelagertes Gerölle, dessen Bindemittel toniger Art ist. Nach der Wasserseite verengte sich der Schlitz fast ganz; an der Luftseite war er 60 bis 80 cm stark. Um hier jede Möglichkeit der Durchsickerung auszuschließen, wurde als Abschluß an der Wasserseite ein Mauerpfropfen vorgesetzt. Der Wasserandrang bei Aushebung der Baugrube war gering und mit zwei Handpumpen zu bewältigen.

Croton-Talsperre. Der Felsgrund aus Gneis und Kalkstein war unregelmäßig gelagert und teilweise so ungesund, daß er an vielen Stellen auf erhebliche Tiefe beseitigt werden mußte. Umfangreiche Arbeiten waren notwendig, um die Spalten und Höhlungen mit Beton zu füllen und Quellen abzuleiten. Als man sich entschloß, die als Erdamm mit Kernmauer hergestellte südliche Strecke des Abschlußwerkes durch eine massive Mauer zu ersetzen, fanden sich unter dem Damme starke Ablagerungen verwitterten, nicht tragfähigen Felsbodens bis zu beträchtlicher Tiefe, die mit dem Fundamente durchfahren werden mußten¹⁾. Siehe auch S. 167.

Assuan-Talsperre. Der Fels stand in mäßiger Tiefe an. Dazu kam, daß an der Baustelle eine erhebliche Nilverbreiterung und Spaltung des Stromes in mehrere Arme vorhanden war, wodurch die einzelnen Arbeiten erleichtert wurden. Diese Umstände sowie die Erschließung von Bausteinen in der Nähe führten zur Annahme des Planes von Willcocks, obgleich dadurch die Ruinen von Philae gefährdet wurden. Siehe auch S. 168.

Bei dem Talsperrenbau in Mauer (Schlesien) lag der gewachsene Fels in der Talsohle bis 18 m unter Geländehöhe. Hierdurch und infolge der Wasserdurchlässigkeit des überlagernden Erdreichs gestaltete sich die Aushebung der Baugrube sehr schwierig und nahm 2 Jahre (1902/03) in Anspruch²⁾.

§ 61. Reinigen, Ausgießen und Betonieren der Felssohle. Quellenfassung. (Gründungsarbeiten). Diese Arbeiten erfordern eine besondere Sorgfalt, um einen guten Anschluß des Mauerwerks an die Felssohle zu erzielen und somit die spätere Entwicklung des Unterdrucks bei gefülltem Becken (s. S. 265 u. f.) auszuschalten. Es mögen diese Arbeiten an dem Vorgange beim Bau der Solinger Talsperre erläutert werden.

Vor Beginn der Mauerung wurden Fugen, kleine Spalten und Klüfte, soweit sie loses Material enthielten, mit Hacke oder mit Spatel von Hand ausgekratzt und mit einem Wasserdruck von etwa $4\frac{1}{2}$ Atmosphären gründlich ausgespritzt und ausgewaschen. In der ganzen Ausdehnung der Baugrube wurden dann die natürlichen Risse des Gesteins mit Zementmörtel aus 1 Zement, 2 Sand und $\frac{1}{2}$ Traß ausgegossen. Dies geschah in der Weise, daß der dünnflüssig angemachte Mörtel über die Felsoberfläche gleichmäßig ausgegossen wurde. Unebenheiten und Vertiefungen der Bausohle, welche wegen ihrer Unregelmäßigkeit ein gutes Ansetzen des Mauerwerks nicht erwarten ließen, wurden ausbetoniert und zu Auszackungen dort ergänzt, wo solche Verzahnungen im Fels von Natur nicht vorhanden waren (Abb. 294). Im übrigen wurde die Verwendung von Beton auf das notwendigste eingeschränkt. Der Beton, welcher im Trockenem eingebracht und eingestampft werden konnte, bestand aus 1 Zement, 3 Sand, $\frac{1}{2}$ Traß und 6 Kleinschlag. Um poröse Stellen in der Oberfläche, wie sie bei der Unregel-

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1906, S. 433.

²⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1912, S. 611.

mäßigkeit der Zacken unvermeidlich waren, auszufüllen, wurde der Beton sogleich nach dem Hartwerden mit dem vorerwähnten Zementguß überzogen und dann wiederholt angefeuchtet, bevor die Mauerung begann.

Bei der Reinigung der Baugrube zeigten sich einige Stellen in der Sohle, an denen Wasser aus dem Felsen rieselte. Diese Quellen wurden in dem Teile der Mauer, der nach dem Staubecken liegt, durch Tonrohre abgefangen, die bis zur Höhe der Rohrstollen hochreichten und in diese einmündeten. In dem nach der Luftseite gelegenen Teil der Mauer wurden die anfänglich hochgenommenen Quellen zugemauert oder die Rohre mit dem Zementmörtel ausgegossen und verstopft. Für die Abfangung der Quellen wurde in dem hochgeführten Mauerwerk zunächst mittels Abtreppung eine Aussparung gelassen, deren Wände mit Zementverstrich noch besonders abgedichtet wurden. In diesem Raum innerhalb des Mauerwerks sammelte sich das Quellwasser langsam an. Nach genügender Erhärtung des Mauerwerks wurde das Wasser entfernt, ein glasiertes Tonrohr von 10 cm l. W. senkrecht eingesetzt und nunmehr der



Abb. 296. Gründungsarbeiten beim Bau der Mescheder Talsperre.

Raum um das Rohr mit einem fetten Beton ausgefüllt. Es gelang auf diese Weise, den Fuß des Rohres abzudichten und das Quellwasser stieg innerhalb des Rohres hoch. An den Hängen zeigten sich einzelne feuchte Stellen, die besonders in regenreicher Zeit sichtbar waren. Es war anzunehmen, daß dieses der Auslauf von angeschnittenen Wasseradern im Fels war und daß die Rieselungen bei gefülltem Becken mit dem Wasserstand dortselbst Verbindung erhalten würden. Hier mußte also ein Eintritt des Wassers in das Mauerwerk der Talsperre von der Seite her, wo eine besondere Abdichtung nicht vorhanden war, stattfinden. Um den Zutritt abzuschneiden, wurden solche feuchten Stellen an den Hängen mit einem abdichtenden Verputz, gleich wie das Mauerwerk an der Wasserseite, versehen, der bis über den umgebenden dichten und trockenen Fels hinüberreichte.

Bei den Gründungsarbeiten der Ennepe-Talsperre wurde die Felssohle allgemein mit einer Betonlage von etwa 1,0 m Stärke versehen und diese regelmäßig verzahnt. Die Verzahnung folgte der Krümmung der Mauer. Klüfte und Spalte an den Hängen wurden ausbetoniert. Gleiches geschah in Mauer. Der Wert einer so reichlichen Verwendung von Beton erscheint immerhin zweifelhaft, da

der Beton meist bis zu einem gewissen Grade porös ist. Die Betonschicht in der Gründungssohle kann daher leicht die Entwicklung des Unterdruckes begünstigen. Man kann annehmen, daß eine bessere Abdichtung durch Mauerwerk mit gutem Mörtel zu erzielen ist.

Die Abb. 296 zeigt das Ansetzen des ersten Mauerwerks beim Bau der Mescheder Talsperre.

§ 62. Die rheinisch-westfälische Bauweise, die Bauweise mittels Gerüstkrane oder Seilbahnen. Die Bauausführung der Talsperren, d. h. die eigentlichen Bauarbeiten an der Sperrmauer selbst, können sich in sehr verschiedener Weise vollziehen. Es lassen sich jedoch drei hauptsächliche Bauweisen unterscheiden, die gekennzeichnet sind durch die Art, wie sich die Förderung der Baustoffe auf dem Bauplatz vollzieht:

1. Die rheinisch-westfälische Bauweise.
2. Der Bau mittels Gerüstkrane (Vogesenweiher).
3. Die amerikanische Bauweise mittels Einzelkrane (fahrbahre Auslegerkrane) oder Seilbahnen (Luftkabelbahnen).

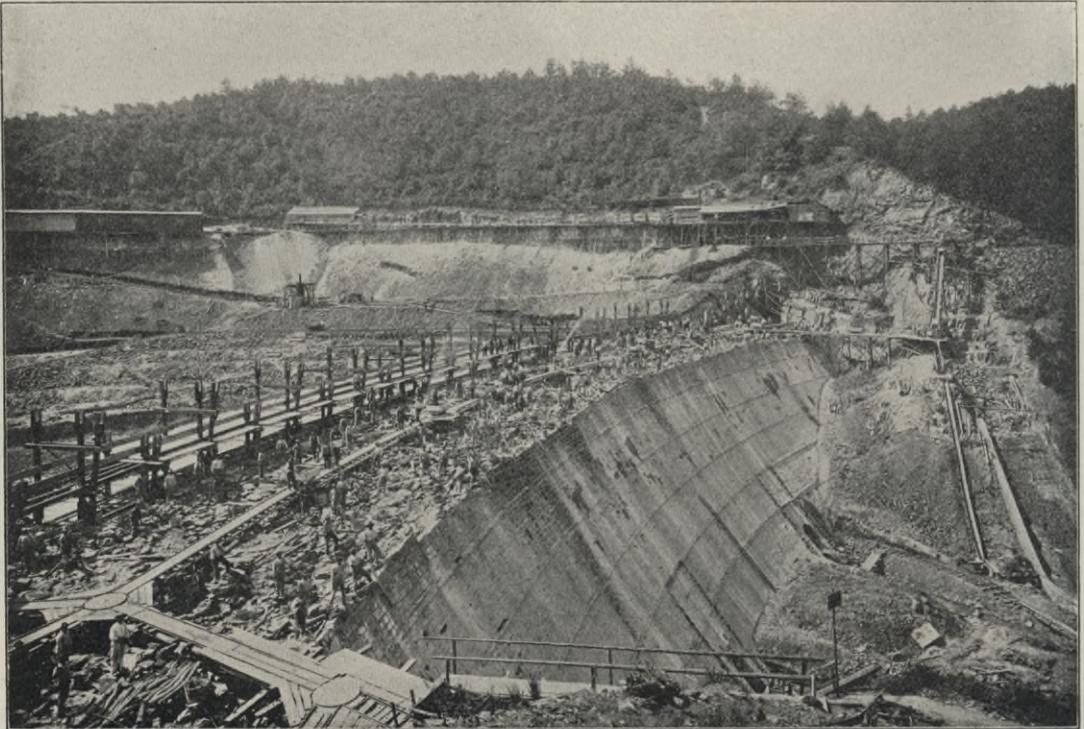


Abb. 297. Rheinisch-westfälische Bauweise. Baustoffförderung auf der Maueroberfläche (Solinger Talsperre).

Für alle diese Bauweisen gilt als gemeinsamer Grundsatz, wie schon oben ausgesprochen, die Bewegung der Baustoffe sich in der Richtung des Schwergewichtes vollziehen zu lassen. Dies trifft sowohl für die Mörtelstoffe, deren Verarbeitung über der Mauerkrone erfolgen sollte, zu, wie für die Bausteine, deren Gewinnung in erster Linie in Steinbrüchen gesucht werden sollte, die ebenfalls über Kronenhöhe liegen. Dabei ist man bestrebt, die Gesamtanlage so einzurichten, daß Steinbrüche und Mörtelanlage auf die beiden Hänge verteilt sind, in welchem Falle sich die Materialienförderung

glatter zu vollziehen pflegt, als wenn die gesamte Zufuhr nur von einer Seite geschieht. Es war das erstere z. B. der Fall an der Ennepetalsperre, in Haspe, Meschede und zum Teil in Solingen. Einseitige Zufuhr hatten u. a. die Bauten von Nordhausen und Marklissa. Es sei bemerkt, daß öfters die hierfür getroffenen Einrichtungen schon für den Bodenaushub dienen.

Die rheinisch-westfälische Bauweise, die übrigens auch bei den schlesischen Talsperren, der Talsperre der Stadt Nordhausen a. Harz und anderwärts zur Anwendung gelangt ist, vollzieht sich in folgender Weise, die an einem Beispiele, der Ausführung

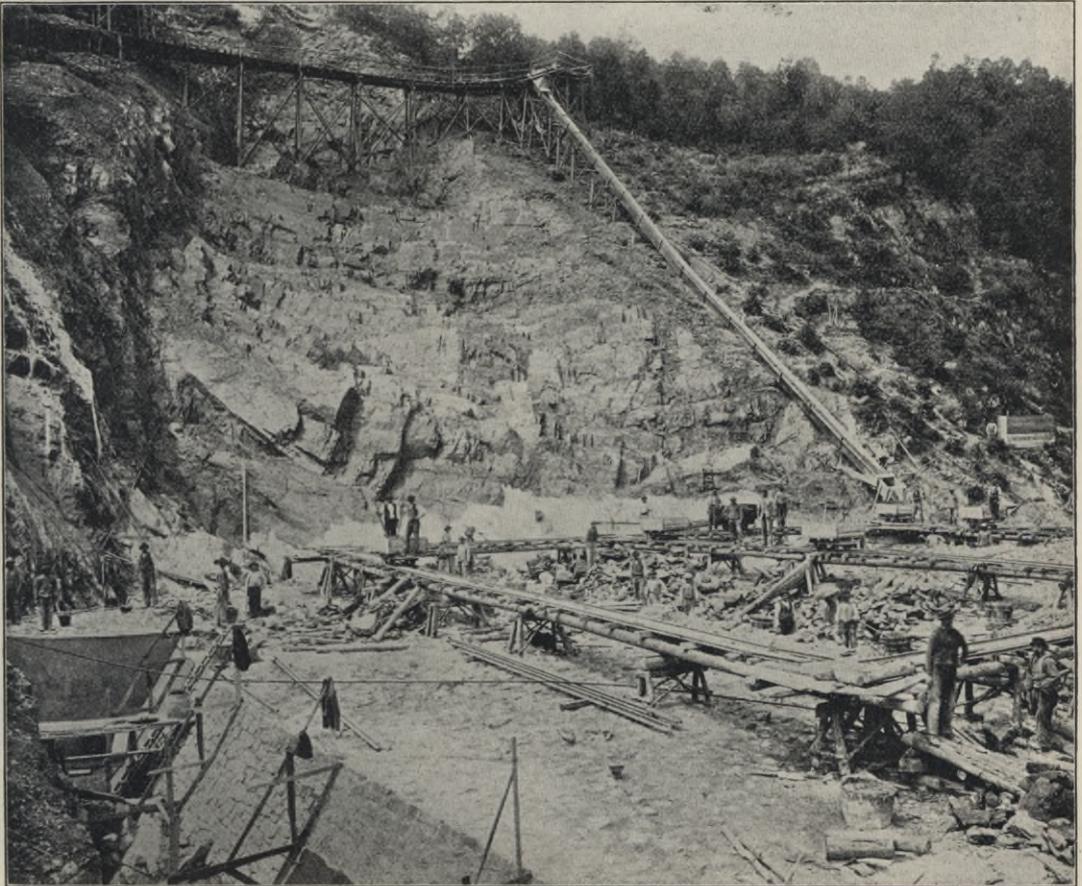


Abb. 298. Förderung der Baustoffe im Kreislauf.

der großen Sperrmauer der Stadt Solingen, erläutert werden mag. Das Kennzeichnende dieser Bauausführung ist, daß die Materialienbewegung mittels Gleisen geschieht, die auf der jeweiligen Maueroberfläche liegen.

Die Gleise lagen bei diesem Bau mittels Querschwellen unmittelbar auf dem Mauerwerk (Abb. 297), wobei zur besseren Druckverteilung Längshölzer untergezogen waren, oder auf hölzernen Böcken in wechselnder Höhe bis 1,5 m über dem Mauerwerk (Abb. 298). Die Gleisentwicklung mußte eine günstige Zufuhr nach allen Stellen der Maueroberfläche ermöglichen; sie wurde daher zu einem Netz in solcher Dichte ausgebildet, daß die

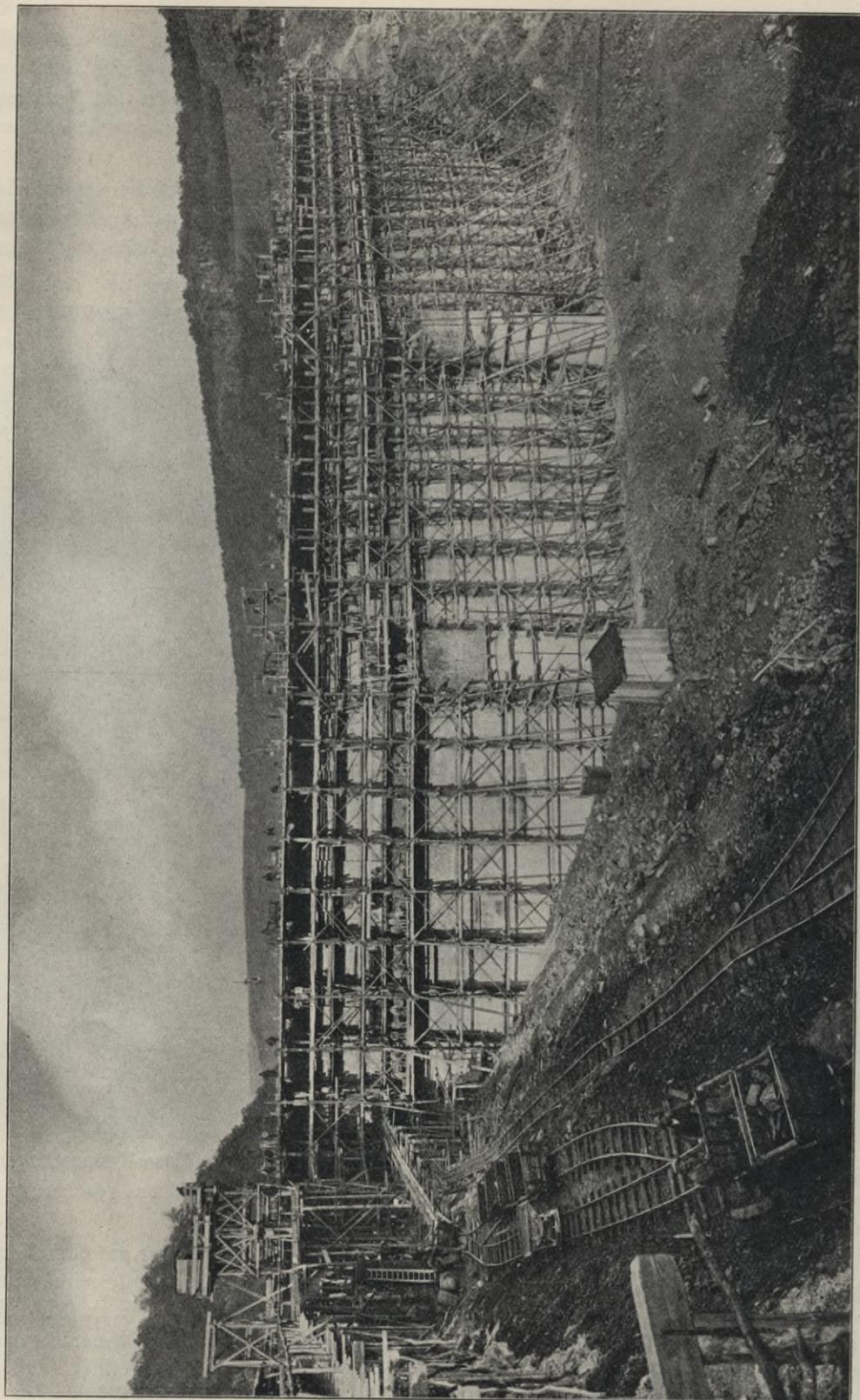


Abb. 299. Fördergerüst beim Bau der Solinger Sperrmauer.

Baustoffe von den Förderwagen nach den einzelnen Mauerstellen nur wenige Meter von Hand bewegt werden durften. Andererseits war es nicht zulässig, den Mauerbetrieb einzuengen. Die Breite der Mauer ist also bedingend für die Anzahl der in der Längsrichtung der Mauer zu verlegenden Hauptgleise. Bei einer anfänglichen Mauerbreite in der Gründungssohle von 36,5 m waren es drei Gleise, die in ihrem gegenseitigen Abstand entsprechend den Anforderungen des Mauerbetriebes ständig wechselten. Diese Hauptlängsgleise waren verbunden durch eine Anzahl von Quergleisen, in der Richtung der Talachse gelegen, die den Zweck hatten, den Umlauf der Wagen zu gestatten. Die Förderwagen erreichten an den beiden Hängen die Mauer und bewegten sich auf dieser im Kreislauf, den die Quergleise nach Möglichkeit abkürzten. In dieser Weise entwickelte sich ein ruhiger Betrieb, obwohl in der Zeit der flottesten Mauerung täglich bis 400 cbm Steine und etwa 120 cbm Mörtel verfahren wurden. Mit abnehmender Mauerbreite wurde die Zahl der Längsgleise auf zwei beschränkt. Als mit wachsender Höhe die Mauerbreite mehr und mehr zusammenschmolz, wurde zunächst — in Höhe + 128 N.N. bei 14,3 m Breite — das eine Gleis und späterhin — in Höhe + 139,5 N.N. bei 6,5 m Breite — auch das zweite Gleis von der Mauer entfernt und auf das Gerüst an der Wasserseite verlegt (Abb. 299 u. 300). Dieses Gerüst ist aus verschiedenen Gründen notwendig. Der Kreislauf der Förderwagen erfordert zwei Längsgleise. Es wird aber, wie bemerkt, mit abnehmender Mauerbreite zur Unmöglichkeit, beide Gleise auf der Mauer selbst beizubehalten, wenn nicht die Güte der Ausführung und die Schnelligkeit des Baufortganges ungünstig beeinflusst werden sollen. Es zeigte sich nach Entfernen der einzelnen Gleise jedesmal eine Zunahme der Maurerleistung im einzelnen, sowie ein besserer Gesamtfortschritt; überdies gewann die Übersichtlichkeit der Arbeit, und die Reinhaltung der Maueroberfläche von den unvermeidlichen Verschmutzungen war leichter zu erreichen. Zwar müssen die Baustoffe, wenn die Gleise auf dem Gerüst liegen, bis zur Luftseite von Hand weiter befördert werden, so daß eine gewisse Mehrarbeit entsteht; aber dieser Umstand wird durch die freiere Beweglichkeit der Maurer wieder ausgeglichen. Man ist geneigt, aus dem Grunde, weil nach oben hin die Mauer ständig länger wird und somit die Außenflächen, welche eine sorgfältigere Bearbeitung erfordern, sich ständig vergrößern, weil die Verzahnung der Verblendmauer hinzukommt und die Herstellung der Bekrönung mehr Zeit in Anspruch nimmt, zu meinen, daß der Baufortschritt in den oberen Teilen sich verlangsamten müßte. Das konnte bei der Solinger Talsperre nicht beobachtet werden. Im Gegenteil, es wurde das Anwachsen der Mauer nach oben hin ein schnelleres. Wenn hierauf einmal der abnehmenden Mauerfläche ein wesentlicher Einfluß zugesprochen werden muß, so hat doch auch zweifellos die rechtzeitige Entfernung der Fördergleise von der Mauer und die Schaffung eines freien, unbehinderten Arbeitsraumes große vorteilhafte Wirkung ausgeübt.

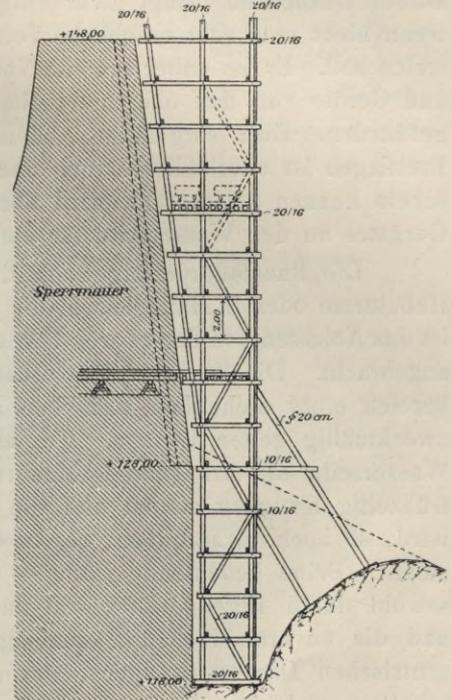


Abb. 300. Querschnitt des Fördergerüsts. 1:350.

Wenn somit das Gerüst für die Zufuhr der Mauermaterialien im oberen Teile der Sperrmauer als unerläßlich gelten muß, so ist es in gleichem Maße unentbehrlich für die Herstellung des Verputzes an der Wasserseite, der Verblendmauer daselbst und der Entnahmeschächte — Arbeiten, die sich in anderer Weise als von solcher Rüstung nicht wohl bewerkstelligen lassen. Dies wird klar, wenn man sich den Vorgang eines regen Baubetriebes in dem oberen Mauerabschnitt vergegenwärtigt. Die Arbeit vollzieht sich dann in vier Staffeln: voran die Mauerung der Sperrmauer selbst; ihr auf 4 bis 6 m nachfolgend die Ausführung des Verputzes an der Wasserseite, hinter diesem Putz in 2 bis 4 m Abstand die Hochführung der Verblendmauer und meist als Schluß die Aufmauerung und der Verputz der Entnahmeschächte. Die Arbeiten erfolgen übereinander. Dieser Baubetrieb bringt zwar einige Gefahren mit sich, ist aber nicht zu umgehen, wenn nicht eine sehr erhebliche Verzögerung in der Fertigstellung der Sperrmauer eintreten soll. Es ist daher erhöhte Vorsicht geboten, um nicht durch herabfallende Steine und Geräte von den oberen Arbeitsplätzen die Maurer und Materialienfahrer unten zu gefährden. Eine sorgfältige Abdeckung der einzelnen Staffeln mit dichtschießenden Brettlagen ist unerläßlich. Wer eine solche Ausführung im vollen Gange durch Augenschein kennen gelernt hat, wird über die Zweckmäßigkeit eines sorgfältig eingerichteten Gerüstes an der Wasserseite für einen flotten Baubetrieb nicht im Zweifel sein.

Die Baustoffförderung nach den einzelnen Staffeln des Gerüstes erfolgt mittels Hebetürme oder in Hanggleisen, die dem Baufortschritte folgend gehoben werden. Auch ist das Ablassen von den oberen Fördergleisen der eigentlichen Mauerung mittels Seilzuges angebracht. Die Staffeln des Gerüstes dürfen nicht zu hoch und müssen dem Arbeitsbereich eines stehenden Menschen angepaßt sein; eine Staffelhöhe von 2 m wird als zweckmäßig gelten können. Um an Gerüsthöhe zu sparen, ist es vorteilhaft, an der Wasserseite die Arbeiten — Mauerung der Schächte und Zulaufstollen — im Grunde frühzeitig fertig zu stellen und die Erdanschüttung, auf welcher das Gerüst errichtet wird, so hoch vorzutreiben, als es die Rücksicht auf die übrige Bauausführung irgend zuläßt. Seine bedeutende Höhe — in Solingen 30 m — und die starken Belastungen sowohl durch Eigengewicht wie durch die Verkehrslast der Stein- und Mörtelwagen und die unvermeidlichen Steinablagerungen für die Mauerung sowie endlich die exzentrischen Druckwirkungen, hervorgerufen durch die Böschung des Talsperrenquerschnittes, welcher sich das Gerüst anschmiegen muß, erfordern, daß es nach statischen Grundsätzen genau konstruiert und aufgebaut ist. Dies wird allerdings dadurch erschwert, daß der Diagonalverband im Querschnitt jeweils in den einzelnen Feldern, welche die Fördergleise aufnehmen, unterbrochen wird, und durch den Umstand, daß das Holzwerk auf frischer Bodenaufschüttung aufgerichtet wird, infolgedessen Sackungen unvermeidlich sind. In der Längsrichtung stören die Schächte einen einheitlichen Zusammenhang. Äußere Verstrebungen müssen in beiden Fällen aushelfen und den inneren Verband ersetzen. Eine genaue Beobachtung des Gerüstes auf Verdrückungen während der Ausführung ist daher notwendig.

Bei dem Talsperrenbau in Mauer (Schlesien, fertiggestellt Herbst 1912) war das feste Gerüst an der Wasserseite im oberen Teile durch ein konsolartig an der Außenfläche angebrachtes Gerüst ersetzt und für die Materialienförderung fand ein doppelter Kreislauf statt: Die Steine wurden auf Gleisen herangeschafft, die auf der Maueroberfläche lagen, während der Mörtel auf Gleisen verfahren wurde, die auf Böcken gelagert waren, so daß das Abwerfen leichter von statten ging.

Der Bau mittels Gerüstkrane. Zum ersten Male gelangte diese Bauweise zur Anwendung beim Bau des Alfeldweihers (1883—87). Man legte über der Mauer

ein Fördergerüst mit fahrbaren Kranen an nach der Art, wie dies durch Abb. 301 veranschaulicht wird. Die Laufkrane waren in der Längsrichtung der Mauer beweglich, während die auf denselben befindlichen Windeböcke die Bewegung rechtwinklig zur Mauerachse ermöglichten. Das Anfuhrgleis für die Steine war, da die Gestalt der Mauer es so am bequemsten machte, auf der Talseite der Mauer angebracht. Er wurde in dem Maße, wie die Mauer anwuchs, gehoben, und dabei wurde der Höhenunterschied mit dem auf Mauerhöhe liegenden Zufahrtsgleis aus dem Steinbruch durch eine geneigte Ebene vermittelt, auf welcher die von der Mauer abfahrenden leeren Wagen durch das Gewicht der beladenen Wagen gehoben wurden. Die Steine wurden von den Wagen auf dem Anfuhrgleis durch die Windeböcke gehoben und vermittelt der Krane unmittelbar in das für sie bestimmte Mörtelbett versetzt. Das Mörtelgleis lief auf der Wasserseite der Mauer und zwar am Fuße derselben. Zur Herstellung der beiden Staumauern waren im ganzen rund 28300 cbm Mauerwerk erforderlich. Diese Mauermaße ist in vier Jahren vollendet worden.

Beim Bau des Altenweihers war durch den Vertrag vorgeschrieben, daß das Aufmauern mittels feststehenden Gerüsts und einer genügenden Anzahl Laufkrane erfolgen sollte und daß jeder Transport von Steinen auf dem fertigen Mauerwerk mittels Rollwagen, Schubkarren und anderen Geräten durchaus zu vermeiden sei (1888). Das Gerüst wurde in zwei verschiedenen Höhen ausgeführt, einesteils, um den oberen Teil der Mauerung mit Kranwegen von geringerer Spannweite zu betreiben, und andernteils, um hier kürzere Hölzer verwenden zu können. Die Anordnung der beiden Gerüste ist aus der Abb. 301 ersichtlich¹⁾.

Die Ausführung des Lauchenseeweiheres geschah im Selbstbetrieb der Verwaltung und nach Art des vorherbeschriebenen Gerüstbaues. Die Mauermaße betrug 28600 cbm und wurde in drei Baujahren fertiggestellt (1892–94).

Bau der Talsperre für das Elektrizitätswerk Kubel (Schweiz). Der Arbeitsbetrieb wurde, soweit irgend möglich, maschinell durchgeführt, wozu dem Unternehmer von der alten

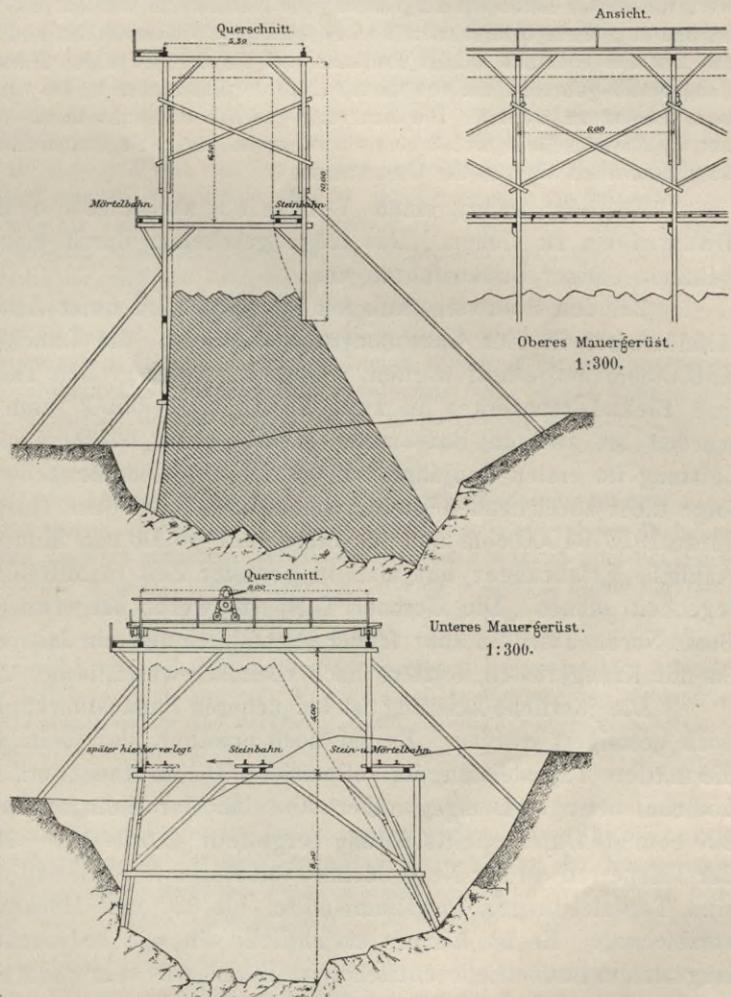


Abb. 301. Der Bau mittels Gerüstkrane (Altenweiher).

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1893.

Papiermühle im Kubel eine elektrische Kraft von 30—35 PS. zur Verfügung stand. Es waren im Betrieb: 1 Bremsberg zur Sandförderung von der Sitter her mit einem Höhenunterschied von 80 m, 1 Steinbrechmaschine, 1 Kugelmühle, 2 Sand- und Kieswaschmaschinen, 1 Mörtelmaschine, ferner 12 Laufkatzen auf dem Mauergerüst. Alle diese Arbeitsmaschinen wurden durch einen Elektromotor von 25 Kilowatt bei 550 Volt Spannung angetrieben. Nachdem das Fundament bis auf die feste Molasse ausgehoben und mittels eines Wasserstrahles unter starkem Druck bis in alle Ecken aufs peinlichste gereinigt worden war, wurden die Unebenheiten, Spalten und kleinen Felsklüfte des Fundamentes vorerst gründlich mit Beton 1:2 ausgefüllt, dann der Fundamentbeton in einer Mischung von 1 Teil Portlandzement auf 2,5 Teile Sand und 3,5 Teile Nagelfluh- oder Flußkies eingebracht und das Mauerwerk auf dieses Betonbett aufgesetzt. Die Mauersteine wurden in Größen von $\frac{1}{4}$ — $\frac{3}{4}$ cbm auf Rollbahnen zugeführt, vorerst mittels eines kräftigen Wasserstrahles und Stahlbürsten gründlich gereinigt und alsdann ebenfalls mittels Rollbahn auf die der jeweiligen Mauerhöhe entsprechende Höhe des Baugeüstes gebracht, um von da mit Hilfe der Laufkatzen in das vorher sorgfältig zubereitete Mörtelbett versetzt zu werden. Die Mauerung geschah durchaus unregelmäßig, nirgends schichtenweise, nur die Ansichtsfläche erhielt eine etwas regelmäßige Fugenanordnung. Der Mörtelverbrauch betrug durchschnittlich 30 v. H. der Gesamtmasse¹⁾.

Es liegt nahe, einen Vergleich zwischen den beiden beschriebenen Bauweisen zu ziehen. Das möge geschehen durch eine Gegenüberstellung der Ergebnisse einiger Bauausführungen.

Bei den Stauweiheranlagen im Elsaß sind unter Anwendung des Kranbaues am Alfeldweiher in vier Bausommern 28300 cbm, am Lauchenseeweiher in drei Jahren 28600 cbm hergestellt worden, während bei der großen Talsperre des Solinger Wasser- und Elektrizitätswerkes in zwei Bausommern 65000 cbm geleistet wurden. Davon wurden im zweiten Bausommer (1902) allein 42000 cbm gemauert. Die geringere Leistung im ersten Baujahre erklärt sich aus dem Mangel an geeigneten Bausteinen infolge nicht zureichenden Steinbruchbetriebes. Bei dem Talsperrenbau in Mauer sind im Jahre 1910 94000 cbm und im Jahre 1911 86000 cbm Mauerwerk fertiggestellt worden. Ähnliche Erfahrungen hat man in neuester Zeit in Mitteldeutschland zu sammeln Gelegenheit gehabt. Die Gothaer Talsperre wurde bei etwa gleicher Größe wie die der Stadt Nordhausen ein Jahr früher angefangen und ein Jahr später fertiggestellt. Erstere ist mit Krangerüsten, letztere nach rheinisch-westfälischer Art gebaut (1904/05).

Die jährliche Leistung ist bei neueren Bauausführungen mit größerer Arbeitsfläche noch gesteigert worden. Es sei noch erwähnt, daß beim Bau des Lauchenseeweiher die mittlere Tagesleistung im Vollbetriebe 90 cbm Mauerwerk und die größte Tagesleistung 150 cbm betrug. Demgegenüber sind bei der Solinger Talsperre an einem Tage bis 309 cbm als Durchschnittsleistung hergestellt (s. Abb. 311). Bei neueren Bauausführungen der Talsperren an der Neye, Möhne, von Mauer in Schlesien und der Waldecker Talsperre sind Tagesleistungen im Monatsmittel bis 850 und Höchstleistungen bis 1100 cbm zu verzeichnen. Es ist hieraus ersichtlich, ein wie bedeutender Zinsverlust bei so verlangsamt Baubetriebe entstehen muß und wie sehr dadurch die Beteiligten geschädigt werden, denen die Inbetriebnahme der Anlage um Jahre verzögert wird²⁾. Dazu treten die vermehrten Kosten des Kranbetriebes nach deutscher Bauart. Man kann die Erhöhung der Baukosten, welche dadurch gegenüber der gegenwärtig bei den rheinisch-westfälischen Talsperren üblichen Bauweise verursacht werden, zu etwa ein Drittel annehmen.

Ferner kommt hinzu, daß die Talsperren immer größer geplant und gebaut werden, da der Betrieb der größeren Sammelbecken ein vorteilhafterer ist und die Einheitskosten vermindert. Es sei erwähnt, daß z. B. die Möhnetalsperre eine Mauermaße

¹⁾ Schweizerische Bauzeitung Bd. XLIII Nr. 14—24.

²⁾ Zentralbl. der Bauverwaltung 1903, S. 91.

von rund 290 000 cbm, die Talsperre von Mauer in Schlesien 254 000 cbm und die Waldecker Talsperre 300 000 cbm Mauerwerk enthält. Demgegenüber muß es erwünscht erscheinen, eine Sperrmauer möglichst schnell fertigzustellen. Denn jede winterliche Unterbrechung bringt eine weniger gute Stelle in das Mauerwerk hinein. Man muß daher streben — gerade bei den Talsperren — soweit es sonst die Rücksicht auf eine gute Ausführung irgend zuläßt, die Bauzeit auf ein geringstes Maß einzuschränken, um einen einheitlichen Mauerwerkskörper zu erhalten.

Es wird sicherlich von Interesse sein, bei dieser Gelegenheit die Ansicht des Altmeisters des deutschen Talsperrenbaus, Intze, über diese Frage zu hören. Zur Verteidigung der rheinisch-westfälischen Bauweise schrieb er im März 1902: Die Einrichtungen, welche für die Förderung der Steine auf die Baustelle und für deren Versetzen dienen sollen, sowie die etwa anzuwendenden Mörtelmaschinen bereits mit den Plänen für das fertigzustellende Bauwerk durch den Entwerfenden angeben zu lassen, halte ich für grundsätzlich verkehrt, weil, wie die Erfahrung gelehrt hat, gute Lösungen dieser Aufgabe außerordentlich zahlreich sind und von den verschiedenen Unternehmern je nach ihren Einrichtungen verschieden getroffen werden. Es würde also bei der Vergebung des Baues an eine größere Bauunternehmung, wie dies für Talsperrenbauten notwendig ist, kein Unternehmer geneigt sein, sich an die entworfenen Transport- und sonstigen Betriebseinrichtungen des Baues zu binden, umsoweniger als es erfahrungsgemäß notwendig ist, während der Bauausführungen diese Einrichtungen je nach der sich oft ändernden Methode der Beschaffung der Baumaterialien von geeigneten Punkten, die früher nicht vorgesehen waren, zu ändern. Es würden also diese Betriebseinrichtungen, wenn sie durch den Entwurf bereits festgelegt sein sollten, ein unüberwindliches Hindernis für die vorteilhafte und sichere Bauausführung sein. Derjenige, der den Entwurf anzufertigen hat, ist gar nicht in der Lage, die Einrichtungen für den Transport der Baumaterialien derart zu treffen, daß hiergegen ein Bauunternehmer nicht berechnigte Einwendungen nach Maßgabe der von ihm für gewöhnlich angewandten, sehr verschiedenartigen Betriebseinrichtungen machen könnte.

Es muß durchaus als genügend bezeichnet werden, wenn verlangt wird, daß die Einrichtungen für die Bearbeitung, den Transport und die Verbauung der Baumaterialien in einer solchen Weise zu geschehen haben, daß dem fertigen Bauwerk hierdurch weder bezüglich der Festigkeit noch bezüglich der Dichtigkeit ein Nachteil erwächst. Hierüber im einzelnen zu entscheiden, muß Sache der Bauleitung bleiben und kann unmöglich durch feste Vorschriften geregelt werden. Es hat sich hierzu bei allen diesseitigen Bauausführungen auch niemals das Bedürfnis herausgestellt. Es war im Gegenteil durchaus notwendig, den zu einer Preisangabe herangezogenen größeren Bauunternehmern hierin freie Wahl zu lassen. Sollte der bisher in Rheinland und Westfalen bei Ausführung von Talsperren allgemein übliche Transport der Baumaterialien auf sorgfältig durch bereits fertiggestelltes Mauerwerk unterstützten Geleisen nicht mehr stattfinden dürfen, so würde hierdurch eine ganz gewaltige Erschwerung und Verteuerung der Bauausführung eintreten.

Nach von Bauunternehmern eingezogenen Preisen würde für die Herstellung von besondern, außerhalb des Mauerwerks gestützten Transportgerüsten für die Baumaterialien, ferner für die Anlage von Laufkränen und Versetzvorrichtungen für die Baumaterialien eine Erhöhung der Mauerwerkspreise von wenigstens 30—40 v. H. der bisher gezahlten Preise eintreten, wenn der mit solchen Einrichtungen verbundene Zeit- und damit Zinsverlust in Betracht gezogen wird. Wie wohl behauptet werden darf und wie von allen ausländischen Ingenieuren, welche die Talsperrenausführungen in Rheinland und Westfalen gründlich und mit Verständnis besichtigt haben, auch einmütig anerkannt wurde, haben die hiesigen Anlagen, bei denen stets die Transportgleise für Baumaterialien (Steine und Mörtel) auf das bereits fertiggestellte, genügend zusammenhängende Mauerwerk gelegt wurden, sich in ihrer Festigkeit und Dichtigkeit besser bewährt als bei den bisherigen anderweitigen Ausführungen. Bei Anwendung von Traßmörtel hat die Anordnung der Gleise auf dem Mauerwerk nicht nur keine Nachteile ergeben, sondern durch die nicht erhebliche Belastung des langsam erhärtenden Mauerwerks eher dazu beigetragen, dasselbe dichter und fester zu machen. Lockerung einzelner Steine läßt sich hierbei sehr leicht verhindern. Im übrigen wird vor der Aufmauerung neuer Schichten stets jede Oberfläche sorgfältig untersucht, und werden einzelne Steine, deren feste Lagerung Zweifel erregt, dann stets entfernt und durch festeingemauerte Steine ersetzt.

Die Erfahrungen in Chemnitz und Marklissa haben gezeigt, daß auch bei Verwendung von Zementkalkmörtel bzw. Zementtraßmörtel die Förderung der Materialien

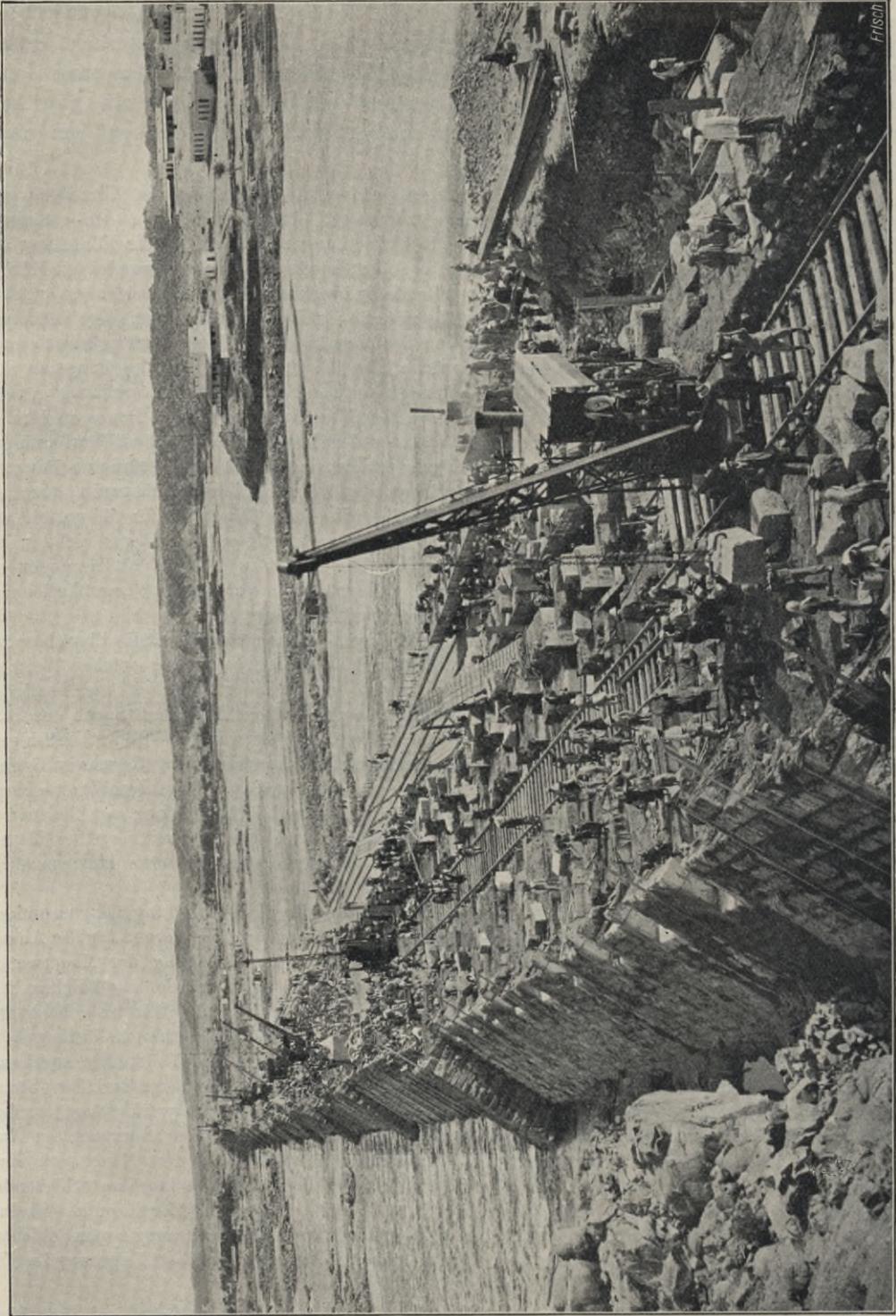


Abb. 302. Die Staumauer bei Assuan im Bau (1898—1902). Versetzen der Steine mittels fahrbarer Krane.

unbedenklich auf der Mauer erfolgen kann. Der Zementmörtel ist nach einigen Tagen, wenn die Gleise angelegt werden, schon so erhärtet, daß er die Erschütterungen aufzunehmen vermag.

Man ersieht überdies aus der Bauausführung der Staumauer von Assuan, daß man im Auslande und im besonderen in Kreisen der englischen Ingenieure weit weniger bedenklich gewesen ist. Die Abb. 302 u. 303 lassen erkennen, daß bei diesem Bau Dampfkrane auf der Maueroberfläche für das Versetzen der Bausteine bewegt wurden und ebenda auch die Mörtelbereitung sich vollzogen hat.

Die seinerzeit vielumstrittene Frage, ob die Förderung der Baustoffe auf dem Mauerwerk der Talsperre selbst stattfinden darf, kann heute als endgültig zu gunsten der rheinisch-westfälischen Bauweise erledigt angesehen werden und auch die preußische

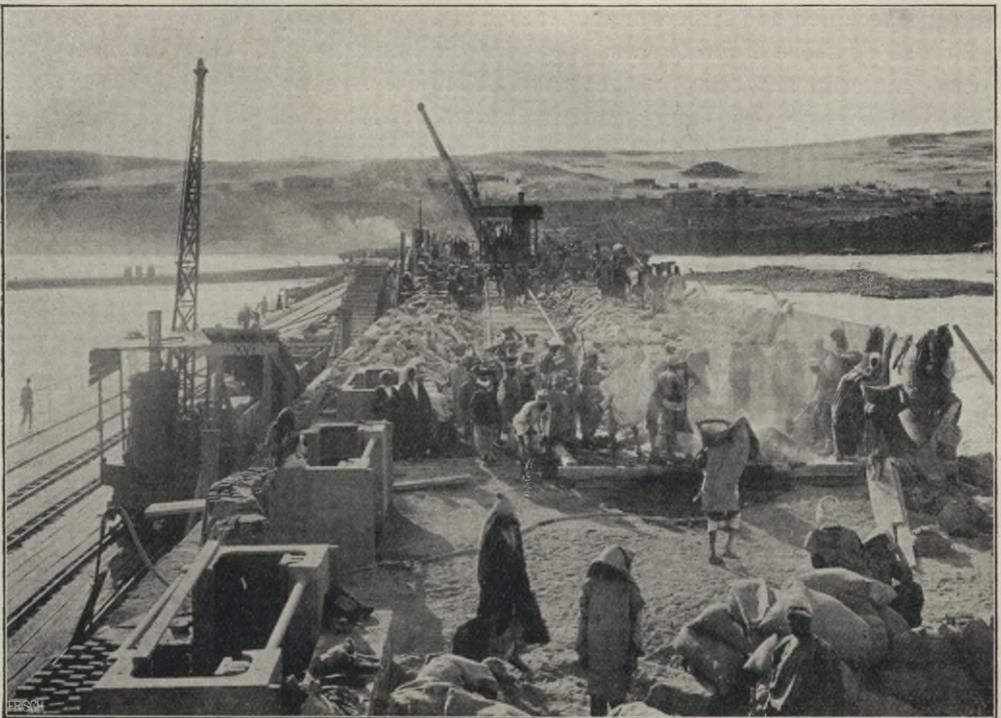


Abb. 303. Kranbetrieb und Mörtelbereitung beim Bau der Staumauer bei Assuan.

»Anleitung für Bau und Betrieb von Sammelbecken« (s. S. 185 u. f. unter C) erkennt die Berechtigung dieser Bauweise vom technischen Standpunkte an. Daneben sind ihre angegebenen finanziellen Vorteile wohl zu beachten.

Die amerikanische Bauweise. Als ein Kennzeichen der amerikanischen Bauausführungen erscheint es, daß dort nicht mit großen, schwerfälligen, mit einem erheblichen Geldaufwande errichteten und langsam arbeitenden Gerüsten und Laufkrane die Förderung der Steine und sonstigen Baustoffe bewirkt wird, sondern daß mit leichten Vorrichtungen, die schnell aufgebaut und ebenso schnell wieder beseitigt sind, vorgegangen wird. Die Baustelle weit überspannende Seilbahnen und roh aus Baumstämmen oder anderen Langhölzern zusammengezimmerte Krane dienen unter andern diesen Zwecken. Jene als Zubringer von den Lagerplätzen und Mörtelanlagen, diese als Verteiler an die

einzelnen Arbeitsplätze. Solche Vorrichtungen passen sich in bester Weise dem jeweiligen Bedürfnis an und sind leicht beweglich, wie es der eilige Charakter einer täglich sich ändernden und neue Anforderungen stellenden Bauausführung erheischt. Meist gleicht das Bild einer solchen amerikanischen Baustelle mit seinen hochragenden Holzkränen dem Anblick eines Mastenwaldes im Hafen. Man gewinnt den Eindruck, daß diese bewegliche Anschmiegung der Bauausführung an die augenblicklichen Verhältnisse mit einfachen billigen aber zweckmäßigen Mitteln der leitende Gesichtspunkt ist. Und zweifellos ist das von grundsätzlicher Bedeutung. Vanderlip in seiner Schrift »The american commercial invasion of Europe« sagt: »Bei uns gibt es keine bessere Empfehlung, als daß eine Maschine oder Methode neu ist.« Der genannte Schriftsteller bemerkt an anderer Stelle: »In Deutschland gewinnt man den Eindruck, als habe man hier schneller als wo anders die Vorteile erkannt, die in der Verwendung verbesserter Maschinen und Arbeitsmethoden liegen«, aber es scheint, daß dieser Ausspruch nur für das deutsche Fabrikwesen, nicht für die Baustelle gilt. Hier hat noch vielfach die von Vanderlip mit bezug auf England geäußerte Ansicht Geltung: »Eine Maschine, die sich im Dienste des Vaters und Großvaters bewährt hat, wird mit einer gewissen Ehrfurcht betrachtet.« Solche ehrfurchtgebietenden Maschinen findet man noch vielfach auf deutschen Bauplätzen und erst die neueste Zeit scheint hierin einen Umschwung anzubahnen.

Nicht als ob die amerikanischen Bauausführungen allgemein mustergültig wären und die Handhabung auf unseren Baustellen eine schlechte. Aber anerkanntermaßen drängen dort die hohen Löhne mehr noch als bei uns zum Ersatz von Menschenkraft durch Maschinen und insofern sind jene Verhältnisse auf der Baustelle beachtenswert; denn der Grundsatz bleibt in allen wirtschaftlichen Verhältnissen wahr, daß man versuchen muß, mit geringstem Aufwand eine möglichst große Leistung zu erzielen. Wir sind in der Umwandlung der Anschauungen auf diesem Gebiet begriffen. In der Ausnutzung der Maschinen für die Bauausführungen Findigkeit und Geschick zu beweisen, darin beruht der Vorteil, den die einzelne Bauausführung der anderen gegenüber erringt. In der richtigen Ausnutzung der Kräfte und durch arbeitsparende Baumethoden muß in erster Linie bei einer Bauausführung der Erfolg gesucht werden.

Als ein Beispiel dieser Bauweise mittels Kranbetrieb sei die Talsperre von Jersey City erwähnt (Abb. 172 u. 173 auf S. 313). Von maschinellem Betrieb ist in hohem Maße Gebrauch gemacht worden. Steine und Beton wurden langseits der Mauer herangefahren und mittels Drehkrane an die Verwendungsstelle gefördert. 35 Krane waren im Steinbruch tätig, ebensoviele, zum Teil fahrbare, an der Sperrmauer. Bei höher werdender Mauer wurden sie auf Holzgerüsten, die ihren Stützpunkt in der Außenfläche der Mauer fanden, aufgebaut. Die Krane waren in einfachster Weise aus Baumstämmen zusammengezimmert und wurden motorisch betrieben.

Der Baufortschritt war ein schneller. Die Gesamtmauermasse beträgt etwa 183000 cbm. Es konnten bis zu 15700 cbm Mauerwerk in einem Monat hergestellt werden, womit man meint, einen wesentlichen Vorsprung vor den Leistungen auf andern Baustellen erreicht zu haben. Wenn man die Zahl für sich hinnimmt, so traf das zwar früher zu gegenüber dem Baufortgang bei uns. Man hat aber neuerdings bei unseren Talsperrenauführungen monatlich ebenso große Massen fertiggestellt, und zwar bei oft beschränkter Mauerlänge. Und man muß immerhin bedenken, daß in Jersey neben der den Massenbetrieb begünstigenden Ausführungsweise vornehmlich die ausgedehnte Arbeitsfläche, welche eine mehr als 900 m lange Mauer bietet, die große Mauerleistung ermöglicht haben dürfte.

Der Betriebsvorgang bei der Ausführung des Staudammes, der einen Teil dieser Talsperre bildet, ist auf S. 314 beschrieben werden. Auch hierbei fanden leichte fahrbare Krane ausgiebigste Verwendung (Abb. 175).

Eine ähnliche Bauweise ist bei den Staudämmen von Assuan angewandt worden (Abb. 302 u. 303). Die Mauer besteht im Innern aus Granitschotterbeton; an der Luftseite ist Granitbruchstein-

mauerwerk in Zementmörtel eingebaut, während die äußern Teile an der Wasserseite mit Granitquadern in Zementmörtel verblendet sind. Der luftseitige Teil des Mauerwerkes ist nach einer Kurve ausgeführt, um den resultierenden Druck besser aufnehmen zu können; auch die roh bearbeiteten Granitquadern haben eine schräge Lage. Das Mauerwerk soll nicht dicht sein. Man berichtet, daß dicke Wasserstrahlen daraus hervorquellen, aber die Arbeiten mußten unter schwierigen Verhältnissen, abseits von europäischer Kultur mit zum größten Teil ungeschulten Kräften ausgeführt werden. Die Ausführungen im Grunde und das Einbringen der Schütze (Abb. 304) war schwierig, da der wechselnde Wasserstand im Nil die Bauausführung nur während eines verhältnismäßig kurzen Zeitraumes im Jahre gestattete. Flotter Baubetrieb war dabei geboten. Der Untergrund des Flusses besteht aus Fels, der jedoch zum Teil sehr mürbe war, so daß bei der Gründung der Mauer die oberen Schichten stellenweise bis auf 9 m unter die ursprüngliche Oberfläche entfernt werden mußten (s. S. 168). Es war notwendig, diesen örtlichen Verhältnissen die Konstruktionen und mechanischen Einrichtungen der



Abb. 304. Bau einer Schützenöffnung an der Staumauer von Assuan.

Bauausführung, die Art der Baustoffe und den Bauvorgang anzupassen. Die Spaltung des Stromes in mehrere kleine Arme gestattete die Ausführung im Trocknen, nachdem durch Fangdämme die erforderlichen Absperrungen bewirkt waren. Das Bauwerk enthält 528000 cbm Mauerwerk.

Der Bau der Croton-Talsperre für die Wasserversorgung von Neuyork wurde ebenfalls mit Kran- und teilweise mit Seilbahnbetrieb durchgeführt. Die Krone der ganzen Sperrmauer liegt etwa 89 m über der tiefsten Fundamentsohle; das Wasserbecken bildet einen Behälter von 29 km Länge und 114 Millionen cbm Inhalt. Der 300 m lange Überlauf liegt gegen 5 m unter der Dammkrone. Die Mauer enthält 625000 cbm Mauerwerk. Den Überlauf überschreitet eine Wegebrücke mit etwa 60 m weiten stählernen Bogen, deren Farbe mit der des Granites der Mauern in Übereinstimmung gebracht ist, wodurch aber ihre geringe Stärke gegen die massigen Pfeilerkörper um so mehr hervortritt. Bei der Ausführung waren zeitweilig bis 1000 Arbeiter beschäftigt, zwei Steinbrüche waren eingerichtet und Hilfsmaschinen von 700 P.S. in Tätigkeit. Der Fluß war durch einen in den Fels gearbeiteten Kanal von 60 m Breite umgeleitet (vergl. S. 377).

Die Amerikaner scheuen sich nicht, Hilfskonstruktionen aus Eisen, versteifende Eisenrunden usw., deren Errichtung für die Bauausführung notwendig ist, mit einzumauern, wenn sie innerhalb der Mauerquerschnitte liegen und während der Ausführung nur schwer entfernt werden können. Man hat z. B. beim Bau der Crotonalsperre zwei große aus Profileisen genietete Untergestelle für Krane mit eingemauert, weil man das Abbrechen und Nachbauen der Krane mit der wachsenden Mauer vermeiden wollte¹⁾. Man ist der Überzeugung, daß solche eingemauerte Eisenkonstruktionen eher das Mauerwerk verstärken, als es schwächen. Und man muß anerkennen, daß keine Bedenken obwalten können, wenn in einer so großen Mauermaße Eisenteile mitenthalten sind. Die Wasserseite der Mauer wurde von Flößen aus gefugt, die auf dem langsam absinkenden Wasserspiegel schwammen. Dabei sah man das unter dem hohen Druck in das Mauerwerk gepreßte Wasser an der mit Granitquadern bekleideten Mauerfläche in feinen Tropfen wieder austreten. Trotz der mit ungewöhnlicher Sorgfalt erfolgten Ausführung zeigte sich zwar keine Durchsickerung, aber doch Feuchtigkeit auf der Außenfläche. Die Bekleidung besteht aus Granitquadern von 50 bis 80 cm Stärke mit bearbeiteten



Abb. 305. Zwei radial fahrbare Seilbahnen für den Bau einer Talsperre.
Tragkraft jeder Seilbahn 3000 kg. Spannweite 265 m.

Kanten und Fugen von höchstens 1 cm Stärke, in Zementmörtel von 1:1 versetzt. Bei dem inneren Mauerwerk wurde mit großer Strenge darauf gehalten, daß jeder Stein im vollen Mörtelblatt lagerte und nirgends hohle Fugen blieben oder die Steine sich berührten. Wenn in den Beton größere Steine versenkt wurden, war es Vorschrift, sie in die frische Betonmasse so zu legen, daß sie mit einer konvexen Fläche nach unten kamen, um Lufträume zu verhüten. Da gleichwohl bei einer Mauerstärke von 36 bis 65 m an der Außenfläche sich Feuchtigkeit zeigt, wird dies als Beweis angesehen, daß selbst vorzügliches Mauerwerk für Wasser unter hohem Druck nicht vollständig dicht hergestellt werden kann.

Über die Vorteile fahrbarer Einzelkranen gegenüber Gerüstkranen — allerdings bei Hochbauten — s. auch Zentralbl. d. Bauverw. 1905, S. 415.

Die Bauweise mittels Seilbahnen (Luftkabelbahnen). Die Seilbahnen sind quer über das Tal gehängt in der Achse des Bauwerks. Ihre Endpunkte werden in der Regel von hölzernen Türmen gebildet die fest verankert oder auf Gleisen quer zur Seilrichtung fahrbar sind (Abb. 305 u. 306²⁾. Meist liegen mehrere Kabel parallel nebeneinander

¹⁾ Näheres s. The Engineer 3. 5. 1907.

²⁾ Nach Konstruktionen von Bleichert.

für die verschiedenen Zwecke der Materialförderung: Mörtel, Steine, Beton usw. Krane unterstützen die Arbeiten der Seilbahnen und besorgen die Verteilung zu den Stellen der Verwendung. Der Betrieb mit Seilbahnen (Cableways) hat sicherlich den Vorzug, daß er den Bau übersichtlich macht, indem er ihn befreit von einem Wald von Rüstungen, Kranen und einem Netz von Gleisen, womit man sonst den Bauplatz förmlich zugedeckt findet. Die Baustoffe werden zu den Kabelbahnen auf Gleisen bis an den Rand der Baugrube herangeschaft. Meist werden hier die Wagen im ganzen gehoben, so daß ein Umladen nicht nötig ist. Die Bedienung der Förderanlage geschieht von der Maschinenbude in einfacher Weise elektrisch durch wenige Hebelumschaltungen. Wesentlich ist, daß der Führer eine gute Übersicht über die ganze Baustelle hat.

Es mögen diese kurzen Andeutungen hinreichen, um die Bedeutung dieses Hilfsmittels für die Förderung der Baustoffe zu kennzeichnen. Auch in Deutschland ist diese Bauweise bereits mehrfach zur Anwendung gelangt.

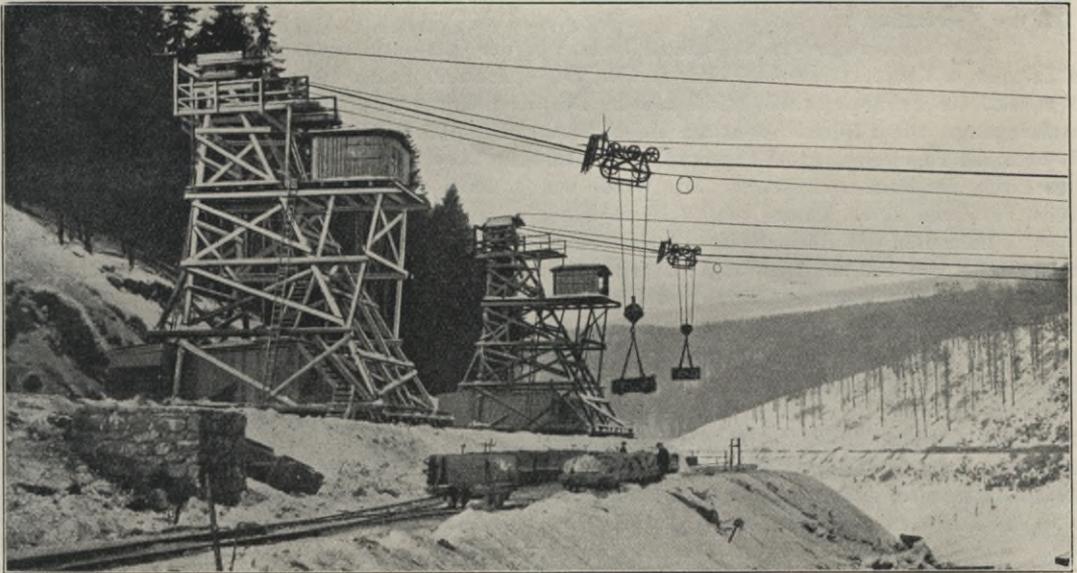


Abb. 306.

Fahrbare Endtürme zweier Seilbahnen mit dem Zufahrtgleis, von dem die Baustoffe durch die Seilbahnen aufgenommen werden.

In Schlesien wurde für den Betrieb eines Steinbruches eine Seilbahnanlage nach amerikanischem Muster ausgeführt, da sich ein elektrisch betriebener Drehkran und Aufzug auf schiefer Ebene nicht als leistungsfähig genug erwiesen hatte. Die Spannweite der Seile betrug 200 m; die Endstützen waren fest; die Seilspannung war zu 24000 kg berechnet, bei einer größten Belastung von 4000 kg in der Mitte des Seiles. Die Stärke des Drahtseiles (Tiegelgußstahl) betrug 42 mm. Der Antrieb erfolgte elektrisch mittels zweier Motore von je 22 PS. Leistung. Die Gesamtkraft, einschließlich des sonstigen Arbeitsaufwandes im Steinbruch, wurde von einer Dampfmaschine von 80 PS. geliefert. Die Gesamtanlagekosten betragen 30000 Mk. Im Steinbruche waren 5–600 Arbeiter tätig. Die Seilbahnanlage konnte täglich 100 cbm zu und vom Bruch schaffen. Die Bedienung geschah durch einen Mann, der die Betriebe der Seilbahn in Bewegung setzte und einen zweiten Mann, der die Wagen an- und abhängte. Genaue Beschreibung siehe »Tiefbau« 1907, S. 93.

Bei der neuen Talsperrenanlage der Stadt Plauen i. V. ist der Grundsatz der Förderung der Massen mittels Seilbahnen, allerdings nur teilweise, zur Durchführung gelangt. Es war eine Seilbahn aufgebaut, während für die Gesamtleistung etwa drei nebeneinander liegende Bahnen dieser Art hätten vorhanden sein müssen. Die Seilbahn hat hier in erster Linie für die Förderung von Beton gedient. Im übrigen wurden die Mauermaterialien auf Gleisen, die auf der Maueroberfläche lagen, bewegt,

in gleicher Weise, wie bei der Bauweise der rheinisch-westfälischen Talsperren. Die Plauener Anlage gibt also kein volles Bild dieser Betriebsweise für den deutschen Talsperrenbau. Immerhin bedeutet sie einen Anfang. Seilzugbetrieb ist neuerdings auch beim Bau der Ulmer Donaubrücke zur Förderung der Baustoffe angewandt worden, s. »Die Weiße Kohle« 1911, S. 102, sowie auch bei der Waldecker Talsperre. Hier waren Seile von nahezu 500 m freier Länge über die Baugrube gespannt, so daß die Baustoffe nach allen Punkten der Baustelle bewegt werden konnten. Als ein weiteres Beispiel ist die Ausführung des Wasserkraftwerkes in Laufenburg a. Rhein (1912) zu erwähnen, wo querbewegliche Endstützen vorhanden waren, sowie der Bau der Glasgower Talsperre. Es scheint, daß diese Bauweise für die Sicherheit der unterhalb der Seile tätigen Arbeiter nicht ganz unbedenklich ist. Eine kräftige Bauweise der Endstützen ist notwendig.

Beim Bau der Katarakt-Sperre (Australien) waren 2 Seilbahnen von 330 m Spannweite über die Baugrube gespannt. Die Endtürme hatten 17 m Höhe. Die Türme einer Seilbahn waren fest, die der anderen beweglich. Die Trageile waren für Lasten bis $4\frac{1}{2}$ t bemessen. Sechs elektrische Krane unterstützten die Leistung der Seilförderung. Die Erfahrung erwies, daß es zweckmäßig gewesen wäre, beide Seilbahnen querbeweglich anzuordnen. Auch hätte es Vorteile gebracht, die Türme der Bahnen in verschiedenen Höhen aufzustellen, so daß beide Fördervorrichtungen zusammen übereinander arbeiten können, ein Umstand, der besonders von Bedeutung ist für den oberen schmalen Teil der Sperrmauer¹⁾.

Über die Anlage von Seilbahnen beim Bau der Ostseeschleusen des Kaiser Wilhelm Kanals s. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1911, S. 232. Die Spannweite betrug 166 m. Die Hubgeschwindigkeit 1 m/sek., die Fahrgeschwindigkeit 3 m/sek. Die Vorrichtung diente für Bodenaushub und Beton-einbringung. Die Förderkübel hatten 2 cbm Inhalt. Die Stundenleistung einer Seilbahn betrug etwa 50 cbm; die Tagesleistung bei Tag- und Nachtbetrieb im Durchschnitt 750 cbm. Die Kranstützen waren aus Eisen, der Betrieb elektrisch. Die Winde wurde durch einen Motor von 80 PS., die Endstützen beim Verfahren durch Motore von 12 PS. Leistung angetrieben.

Beim Bau des Rhein-Herne-Kanals (Schleuse bei Duisburg) hatten die beiden Seilbahnen eine Spannweite von 320 m. Die Tragkraft jeder Bahn betrug etwa 3000 kg, die Leistung (Bodenaushub aus der Schleusenbaugrube, Beton- und Kiesförderung u. a. m) 250 cbm in 10 Stunden.

Weitere Angaben über diese Bauweise s. u. a.:

- Quaiförderer, Hochbahnkrane und Drahtseilverladebahnen. Zentralbl. d. Bauverwaltung 1902, S. 271.
 Neuere Hebe- und Versetzvorrichtungen bei Bauausführungen. Zentralbl. d. Bauverwaltung 1905, S. 415.
 Engin. Record 1905. I. S. 242 u. 259, 1906 S. 276. Scientific american 1. 4. 1905 und 1. 7. 1905.
 Hamburger Kaibauten s. Deutsche Bauzeitung Mitteilungen über Zement-, Beton- und Eisenbetonbauten 1906, S. 14.
 Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 1097. 1905, S. 1190. 1908, S. 1829. 1909, S. 274, S. 1822. 1910, S. 762.
 Drahtseilbahnen bei Ausführung von Ingenieurbauten. Deutsche Bauzeitung, Mitteilungen 1911 Nr. 17 S. 135.
 Über die Berechnung von Seilbahnen. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1910, S. 2214.
 Über den Bau der Ashokan-Sperre und des Kensico-Beckens (Wasserversorgung von New York) unter Verwendung von Seilbahnen und Derrick-Kranen s. Eng. Rec. 19. 10. 1912 und Deutsche Bauzeitung 1912, S. 766, 794 u. f.
 Kabelkrane für Bauzwecke. Zentralbl. d. Bauverwaltung 1912, S. 682.

§ 63. Die Mauerarbeiten. Die Mauerung macht beim Bau einer Talsperre das Wesen des Bauvorganges aus. Es soll hier ein Mauerkörper geschaffen werden, der einerseits die statischen Bedingungen der Konstruktion erfüllt und andererseits große Dichtigkeit und Dauerhaftigkeit gewährleistet²⁾. Welche Bauwerke haben so eigne Anforderungen zu erfüllen, wie die Sperrmauern! Einzeln stehende Mauern, sind sie den Einflüssen und Angriffen der Witterung frei ausgesetzt. Die Schwankungen der Wärme bringen eine ständige Veränderung des Rauminhalts mit sich, die zusammen mit dem wechselnden Wasserdruck aus dem Becken zu Bewegungen des Mauerkörpers Ver-

¹⁾ Siehe die auf S. 446 angegebene Quelle.

²⁾ Vergl. auch die interessanten Ausführungen über die Notwendigkeit, die Talsperrenkörper als einheitliche Monolithen auszuführen in Schuyler, Reservoirs for Irrigation, Water Power and Domestic Water Supply. 2. Aufl. 1908, S. 204.

anlassung gibt, die er ertragen soll, ohne Schaden zu nehmen. Eine Talsperre muß daher hinsichtlich Baustoffe und Arbeit ausgesuchte Eigenschaften besitzen. Nun aber geht der Umfang der Mauerarbeiten ins große. Es findet ein Massenbetrieb statt, und darin liegt eine gewisse Gefahr für die Güte der Ausführung. Denn es greift leicht eine gleichgültige Auffassung Platz, indem man in einem so großen Baukörper dem einzelnen Teile weniger Bedeutung beimißt. Es ist zwar richtig, daß die große innere Masse der Sperrmauer in erster Linie als Gewicht wirkt und ihre Festigkeit weniger in Anspruch genommen wird. Allein die Dauerhaftigkeit und die Sicherheit, welche bei der Anlage von Talsperren im Interesse des Baues und der Allgemeinheit gewahrt werden muß, fordert ein gleiches Maß der Sorgfalt für alle Teile und darf Verfehlungen auch im einzelnen nicht belanglos erscheinen lassen. Eine eigne Mauertechnik hat sich hier herausgebildet, und die nachstehend beschriebene Ausführungsweise dürfte aus dem Grunde allgemeineres Interesse haben, weil sie den Vorgang der Mauerung veranschaulicht, wie solcher sich bei den meisten deutschen Ausführungen vollzogen hat.

Von Bedeutung ist die Frage der Größe der im Mauerwerk einer Talsperre zu verwendenden Steine. Gut ist es, wenn Steine von verschiedener Größe zur Verfügung stehen, um nach allen Seiten ein festes Ineinandergreifen, ein gutes Anpassen der Steine aneinander und eine möglichste Enge der Fugen zu erzielen. Kleine Steine ergeben leicht ein »schwimmendes« Mauerwerk, da die gegenseitige Verspannung weniger gut ist, und für eine möglichst feste Lagerung ist ein sehr steifer Mörtel erforderlich. Die Ausführung erfolgt dann unter Umständen besser in Form der Betonierung als in Mauerung. Bei Verwendung sehr großer und regelmäßig gestalteter Steine kann zwar an Mörtel gespart werden, wodurch der doppelte Vorteil erreicht wird, daß das Mauerwerk billiger und zugleich schwerer wird als bei kleinen Steinen. Dieser Umstand hat bei den bedeutenden Massen einer Talsperre immerhin schon wesentlichen Einfluß auf die Baukosten. Andererseits besteht hierbei die Schwierigkeit des Verlegens. Die großen Steine werden, wenn nicht Kranbetrieb stattfindet, auf dem Mauerwerk gewälzt oder gekantet, oft auf mehrere Meter weit ohne schützende Holzunterlage. Es entstehen dabei leicht Verdrückungen und Risse, und schon vermauerte Steine lösen sich von ihrem Lager ab. Ein weiterer Übelstand großer und unregelmäßiger Steine besteht darin, daß bei ihrer Einmauerung volle Fugen schwieriger zu erzielen sind. Um diese Mißstände, die geeignet sind, die Güte des Mauerwerks zu beeinträchtigen, zu vermeiden, erscheint dort, wo die Steine von Hand, ohne Anwendung von Kranen, vermauert werden, eine solche Größe vorteilhaft, die es ermöglicht, daß die Steine von zwei Leuten bequem bewegt werden können. Das ist zudem für die Handhabung auf der Baustelle ein praktischer Maßstab.

Man fand in den Hasper Steinbrüchen:

1. Rötliche Grauwacke, rot durch Eisengehalt.
2. Graue bzw. blaugraue Grauwacke; sehr gesund.
3. Grünliche Grauwacke.
4. Tonschiefer.
5. Viel rötliches und gelbliches Abraumgestein.

Die gute blaugraue Grauwacke diente dazu, die Verblendung der Mauer abzugeben. Die rötliche Grauwacke mit Eisengehalt bis 15 v. H. war infolge des Eisengehaltes nicht wetterbeständig. Eisen wittert unter der Einwirkung des Wassers als rötliche Flüssigkeit aus. Diese roten Steine wurden im Innern der Mauer bis auf 5 m von den Außenflächen vermauert. Auch an der Urftalsperre hat man den weicheren Stein in der Mitte vermauert, während für die Außenflächen auf etwa 2 m Tiefe Grauwacke verwendet wurde.

Dieser Grundsatz, die Steine zu sortieren und in den Außenlagen das bessere Gestein, im Innern die zweite Güte zu vermauern, ist bei vielen Talsperrenbauten befolgt worden und kann im allgemeinen als zulässig gelten.

In Solingen durften zur Mauerung nur Bruchsteine verwendet werden, die durchaus fest, gesund und unverwittert waren. Für die Außenflächen wurde besondere Auswahl getroffen. Bruchsteine, deren Stärke weniger als 10 cm und deren Länge weniger als 30 cm betrug, wurden im allgemeinen nicht vermauert. Solche Stücke sind zum Auswickeln der Fugen zwischen größeren Steinen benutzt worden. Andererseits durfte die Größe $\frac{1}{2}$ cbm nicht wesentlich überschreiten. So große Steine fanden sich nur wenige vor, da das Gestein der Brüche im allgemeinen in mittlerer, aber wechselnder Größe brach. Steine, welche tief in das Innere verlaufende Spaltflächen und Risse zeigten, wurden in diesem Zustand nicht eingemauert. Wenn der Stein sonst gesund



Abb. 307. Das Reinigen der Bausteine (Steinwäsche).

und fest war, so war es nötig, ihn zu spalten; dann konnten die Stücke einzeln eingebaut werden. Einen guten Anhalt für die Beurteilung des Gesteins erhält man dadurch, daß die Steine im Herbst auf Lager gebracht werden und allen Witterungseinflüssen frei ausgesetzt überwintern. Da scheidet sich unter der wechselnden Einwirkung von Frost, Wärme, Sonnenschein und Nässe bald das kernige und wetterfeste von dem minderwertigen Material. Die Reinigung der Steine geschah in den Brüchen und auf den Lagerplätzen mittels Wasserstrahl von 3—4 Atm. Druck bei gleichzeitiger Anwendung von Stahlbürsten, um eine für das Anhaften des Mörtels erforderliche reine Fläche zu erzielen. (Abb. 307.)

Der Mörtel der Mauerung wird im allgemeinen steif angemacht und enthält dann in der Verarbeitung 16—17 v. H. des Mörtelgewichts an Wasser. Ein Übermaß von Feuchtigkeit wirkt insofern schädlich, als das Wasser aus der Mauer heraustritt und die dadurch entstehenden Poren zu Undichtigkeiten Anlaß geben. Für Traßmörtel sind diese Nachteile weniger zu fürchten, da er im Mauerinnern noch einige Zeit nach der

Vermauerung eine gewisse plastische Beschaffenheit behält, so daß sich der Mörtel durch die Last der nächst aufgemauerten Schichten zusammendrückt. Aus letzterem Grunde erscheint ein flotter Bauvorgang geeignet, eine größere Geschlossenheit des Mauerwerks herbeizuführen. Zu trocken darf der Mörtel andererseits auch nicht sein; er muß »kellgerecht« sein. Denn die Durcharbeitung zu trockenem Mörtel zu einem gleichmäßigen Gemenge ist selbst in guten Maschinen kaum zu erreichen. Überdies entsteht die Gefahr, daß die Masse pulvrig wird und ihre Geschmeidigkeit aufhört. Dies führt aber zu schlechter Mauerung. Es ist demnach der Wassergehalt des Mörtels durch die Grenzbestimmungen festgelegt: er muß eine geschmeidige Beschaffenheit besitzen, andererseits aber nicht so feucht sein, daß bedenkliche Verdrückungen entstehen könnten und die Erhärtung des Mörtels zu sehr in die Länge gezogen wird. Der Traßmörtel besitzt im allgemeinen diese Eigenschaften, wenn er mit dem erwähnten Wassergehalt angemacht wird.

Der fertige Traßmörtel kann in den Büten über Nacht stehen bleiben, soweit seine Aufarbeitung am Herstellungstage nicht erfolgt. Nur am Schlusse der Arbeitswoche muß der Vorrat aufgebraucht werden. Es hat kein Bedenken, wie Festigkeitsversuche zeigten (vgl. S. 469 u. 483), den Traßmörtel bis zum nächsten Tage stehen zu lassen, da er dadurch an seiner Abbindefähigkeit nichts einbüßt. Dies ist eine ungemeine Erleichterung für den Baubetrieb, die bei Verwendung von schnell erhärtendem Mörtel (Zementmörtel) fortfällt. Derselbe günstige Umstand bringt es mit sich, daß Arbeitsunterbrechungen wegen plötzlich eintretender Regenfälle nicht mit Geldverlusten verknüpft sind.

Die Mauerung muß mit vollen Fugen geschehen, um ein festes, schweres und dichtes Mauerwerk zu erzielen. Die Fugen müssen enge sein; doch darf naturgemäß nicht Stein an Stein liegen, wodurch eine Wasserader entstehen würde. Zudem gibt eine große Anhäufung von Mörtel leicht zur Rissebildung Veranlassung. Größere klaffende Fugen zwischen den unebenen und unregelmäßigen Bruchsteinen werden, nachdem der Raum mit Mörtel angefüllt ist, durch Hineindrücken kleinerer Steine, sog. »Zwicker«, ausgefüllt. Die Oberflächen der Schichten bleiben am besten uneben, wie sich dies bei einem zwanglosen Arbeitsvorgange mit unregelmäßig geformten Steinen von selbst ergibt. Hierdurch wird für die nächste Schicht ein festes Eingreifen und ein guter Verband mit dem alten Mauerwerk herbeigeführt.

Das Mauerwerk wird in Lagen von 1—1,5 m Höhe ausgeführt. (Abb. 308 bis 310.) Dabei sollten im Verbaude abgesetzte, nicht zu steile Abtreppungen (etwa 1:1) für den Anschluß des Nachbarmauerwerks stehen bleiben. Die Ausführung der Schichten nimmt zweckmäßig von der Wasserseite ihren Anfang. Die Lagen werden auf etwa $\frac{1}{3}$ der Mauerdicke zunächst wagerecht, um dann in dem übrigen $\frac{2}{3}$ nach der Luftseite hin anzusteigen. Näheres über den Zweck dieses Verfahrens s. S. 259.

Vorbedingung für die gute Erhärtung des Traßmörtels ist, daß er die hierfür erforderliche Feuchtigkeit besitzt. Diese ist im Mörtel, der mit 16—17 v. H. Wassergehalt angemacht wird, in mehr als notwendigem Maße vorhanden¹⁾. Das Wasser gelangt beim Vermauern in das Innere des Mauerwerks und bleibt dem Mörtel erhalten, da die Verdunstung in dem großen Mauerkörper nur ungewöhnlich schwach ist und das Wasser überdies durch künstliche Anfeuchtung oder Regen ständig ergänzt wird. Um den Mörtel der Oberfläche vor dem Austrocknen zu schützen, wird die Mauer während

¹⁾ Vgl. Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 92.

der Ausführung täglich mehrmals von oben her und in den Außenflächen durch Überbrausen reichlich genäßt. Die Häufigkeit und Stärke, mit der dies zu erfolgen hat, hängt von der Witterung ab.

Der Fortschritt der Mauerung ist außer von der jeweiligen Größe der Mauer-oberfläche auch von der zu beschäftigenden Maurerzahl abhängig. Jeder Maurer verlangt ein gewisses Arbeitsfeld und Beweglichkeit, und es gibt eine Grenze, über die hinaus nicht Leute auf der Maureroberfläche tätig sein dürfen, wenn nicht Verwirrung in den Baubetrieb kommen soll. Es hat sich gezeigt, daß auf den Kopf 10—12 qm Arbeitsfläche

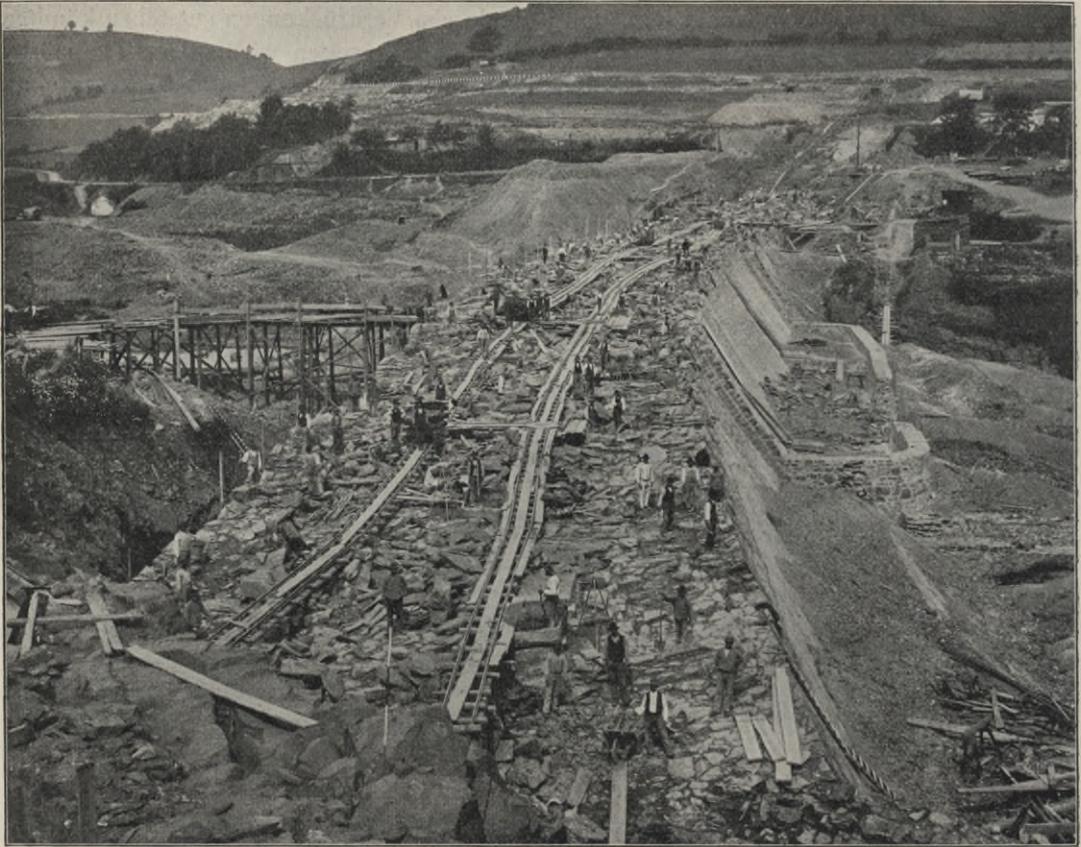
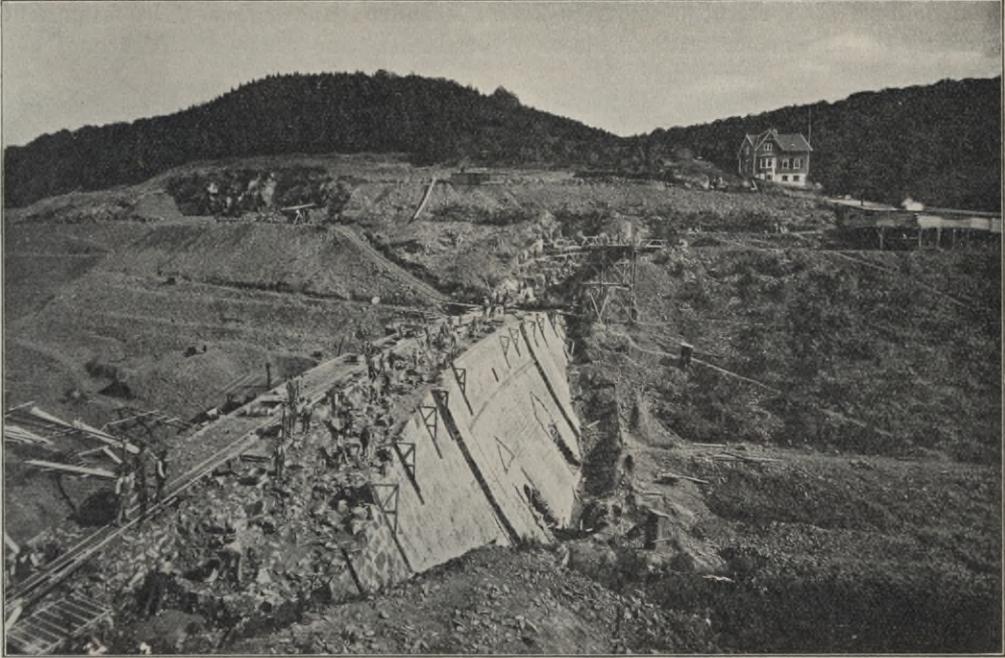


Abb. 308. Mauerarbeiten an der Mescheder Talsperre (1902/03). (Bruchsteinmauerwerk in Traßmörtel.)

als Mindestmaß entfallen müssen. In dieser Einheitszahl ist der Anteil für die Fördergleise, Steinpritschen und Mörtelbütten mit eingerechnet. Die Mauer erscheint dann stark besetzt. Dieses Maß für die Arbeitsfläche läßt sich, wie bereits an anderer Stelle (s. S. 495) erörtert, noch etwas herabmindern, also die Maurerzahl vergrößern, durch Beseitigung der Fördergleise und Verlegung derselben auf ein Gerüst außerhalb der Mauer.

Um ein etwaiges Setzen des Mauerwerks festzustellen, kann man an den Außenflächen in 3—4 m Höhenabstand verteilt eiserne Marken, bestehend z. B. aus Flacheisen von 20 cm Länge und 5 cm Breite mit kegelförmiger Spitze einmauern. Ihre Beobachtung kann durch Nivellieren sowie durch unmittelbares Messen an einigen lotrecht übereinander angebrachten Marken geschehen. Bewegungen dieser Marken konnten jedoch



Wärter-
gebäude

Mörtel-
bereitung

Abb. 309. Die Talsperre der Stadt Nordhausen a./H. im Bau(1904 —1906).

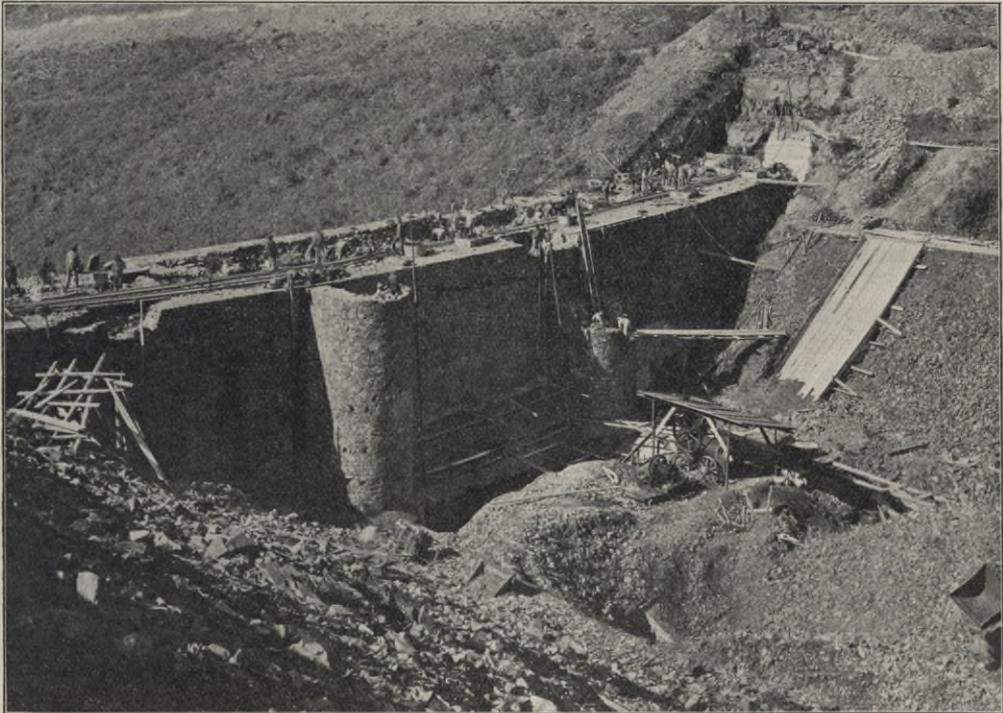


Abb. 310. Bau der Mauerschächte für die Wasserentnahme (Nordhauser Talsperre).

beim Solinger Talsperrenbau selbst zu Zeiten lebhaften Baubetriebes nicht festgestellt werden. Im allgemeinen tritt an diesen Außenflächen eine schnellere Erhärtung des Traßmörtels als im Mauerinnern ein.

Das statistische Ergebnis der Mauerarbeiten an der Sengbachtalsperre, die nach vorstehenden Grundsätzen erbaut wurde, läßt sich in folgenden Angaben zusammenfassen.

Die Gesamtmauermasse im eigentlichen Mauerkörper der Sperrmauer beträgt 62550 cbm, im ganzen einschließlich der Nebenarbeiten für die Kaskade, Entnahmeschächte und Schieberhäuser 65930 cbm. Außerdem wurden für die Gründungsarbeiten 1130 cbm Beton verwandt. Zur Herstellung der ersten Mauermasse sind in zwei Sommern 319 Arbeitstage gebraucht worden (Abb. 311).

Baufortgang an der Talsperre im Sengbachthale.

bezogen auf den eigentlichen Mauerkörper ohne Nebenanlagen.

Massenprofil.

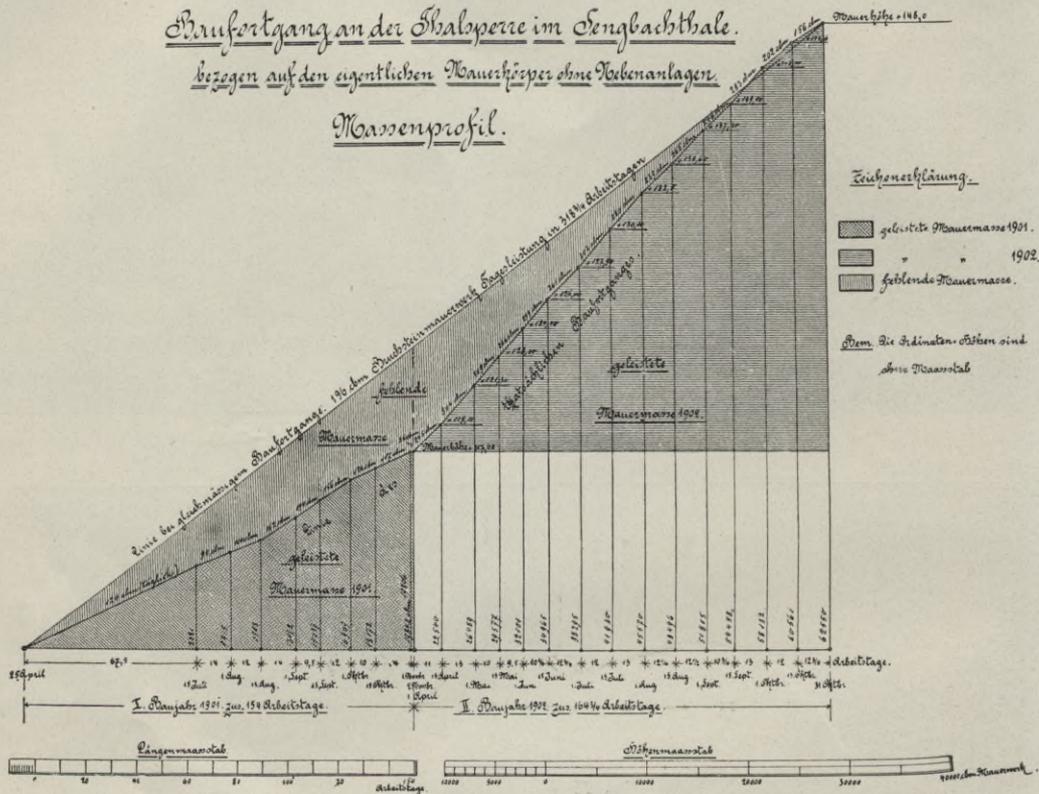


Abb. 311. Statistische Ergebnisse der Mauerarbeiten.

Die Mauerleistung erreichte ihren Höhepunkt in dem stark beschleunigten Betriebe des zweiten Bausommers (1902) mit 46100 cbm; die monatliche Höchstleistung waren rund 8000 cbm. Für die ganze Bauzeit ergibt sich eine durchschnittliche Tagesleistung von rund 206 cbm, während diese in einzelnen Abschnitten des zweiten Bausommers bis zu 309 cbm gesteigert werden konnte. Das Anwachsen der Mauer betrug in der mittleren Höhe bei geräumiger Arbeitsfläche 0,75—0,85 m in der Woche. Gegen die Mauerkrone hin wurde ein wöchentlicher Baufortschritt von 1,25—1,30 m der Höhe nach erreicht. Im Mittel wurde mit annähernd 100 Mauern gearbeitet, während ihre Zahl zeitweise bis 140 an der Sperrmauer selbst und bis etwa 160 einschließlich aller Nebenarbeiten betrug. Als durchschnittlich tägliche Leistung eines Maurers ergibt sich aus der zweijährigen Bauzeit 2,1 cbm Mauerwerk. Unter günstigen Umständen ist sie bis zu 2,6 cbm gestiegen. Außerdem entfielen auf die Fertigstellung von 1 cbm Mauerwerk noch der Aufwand von 0,22 Handlangertagewerk für den Stein- und Mörteltransport auf der Mauer und sonstige Nebenarbeiten und 0,9 Steinbrucharbeitertagewerk. In letzterer Arbeit ist das Steinebrechen, Reinigen und die Förderung zur Mauer einbegriffen. Die Gesamtzahl der Arbeiter während der dreijährigen Bauzeit schwankte zwischen 600 und 700 Mann. Der Mörtelverbrauch im ganzen stellte sich auf 40,8 v. H. In dem lebhaften Betrieb des zweiten Bau-

sommers (1902) mußten täglich im Durchschnitt etwa 114 cbm, an einzelnen Tagen jedoch bis zu 150 cbm Mörtel hergestellt werden. Die durchschnittliche Zahl der Arbeitstage im Monat betrug 24.

Bei Aushebung der Baugrube der Sperrmauer wurden 11700 cbm Erd- und Geröllmassen und 22000 cbm Fels bewegt. Beim Bau der Mühnetalsperre wurde eine mittlere Tagesleistung des Maurers von 2,74 cbm erreicht.

Zur Statistik der Maurerarbeiten sei noch bemerkt: Die Mauermaße des Altenweiher (Vogesens) beträgt im ganzen 10300 cbm und es erforderte 1 cbm Mauerwerk bei Kranbetrieb:

- 0,57 Maurertagsschichten,
- 0,72 Handlangertagsschichten,
- 1,66 Steinbrechertagsschichten,
- 0,03 Maschinsttagsschichten,
- 0,49 Arbeiterschicht für Erdarbeiter, sonstige Nebenarbeiter. (Verlegen der Gleise, Wasserpumpen, Schutthalden usw.)

Der Bau währte zwei Bausommer.

Das Ergebnis beim Bau des Lauchenseeweiher (Kranbetrieb s. S. 496) stellt sich wie folgt: Auf 1 cbm Mauerwerk entfielen an Tagewerksschichten:

- 0,45 Maurerschichten,
- 0,12 Handlangerschichten,
- 0,27 Tagelöhnerschichten,
- 1,0 bis 1,2 Steinbrucharbeiterschichten.

Über die Herstellung des Mauerwerks der Sperrmauer im Alfeld ist zu bemerken, daß abgegliche Schichtung vermieden wurde. Das Mauerwerk wurde als Zyklopenmauerwerk in Lagen von 1 m Dicke ausgeführt, wobei eine allseitige Verspannung angestrebt wurde. Die Fugen an der Wasserseite sind auf 7 cm Tiefe ausgehakt und mit Mörtel im Mischungsverhältnis: 1 Teil Zement: 2 Teile feiner Sand ausgestrichen worden¹⁾.

Über die Abdichtung des Mauerfußes und den Verputz an der Wasserseite ist auf S. 200 das Erforderliche mitgeteilt worden. Ergänzend zu jenen Ausführungen sei bemerkt, daß man neuerdings bei einigen Talsperren das Wunnersche Bitumen dem Putzmörtel unmittelbar beigemischt hat, wodurch der Zementmörtel eine etwas dunkle Färbung erhält. Dieses Verfahren ist u. a. beim Bau der Öster- und Neyetalsperre zur Anwendung gelangt. Der Zusatz beträgt zu den gewöhnlichen Mischungsverhältnissen 1:2 bis 1:3 etwa 0,05 bis 0,1 Raumteile Bitumen. Es scheint, daß die Festigkeit durch den Zusatz etwas vermindert wird, jedoch zeigte in der Ausführung der Putz der Neyetalsperre eine gute feste Form.

Die Winterabdeckung der Mauer. Nachtfröste im Gebirge und besonders in den Tiefen der Täler treten im Herbst frühzeitig und oft plötzlich und unerwartet auf. Es ist die Frage, in welchem Zeitpunkt unter solchen Umständen die Maurerarbeiten bei Talsperrenauführungen eingestellt werden sollen. Es ist zwar erwiesen, daß der Traßmörtel bis zu einem gewissen Grade gegen die Einwirkungen des Frostes unempfindlich ist. Versuche mit gefrorenem Traßmörtel, der auftaute und wiederholt fro, zeigten eine merkbare Abnahme der Abbindefähigkeit wie der Festigkeit nicht (s. S. 483). Doch kann man im Mauerbetriebe wahrnehmen, daß Teile in der oberen Kruste des Mörtels nach dem Auftauen eine staubförmige Beschaffenheit besitzen und ihre Bindefähigkeit verloren haben. Die Frostbeständigkeit des als Masse gefrorenen Mörtels ist also noch kein Beweis, daß nicht die äußeren Teile, die dem Frost und beim Auftauen gleichzeitig der Verdunstung unterliegen und ihren Wassergehalt verlieren, Schaden nehmen. Im allgemeinen aber wird man bei geringen Nachtfrösten, die durch eine höhere Temperatur am Tage ausgeglichen werden, so daß ein Auftauen des Mörtels stattfindet, mit dem Mauern nicht gleich aufhören dürfen. Man wird so lange arbeiten können, als sich die mittlere Wärme noch einige Grad über Null hält. Auch ließen die

Vorgänge im Sengbachtal erkennen, daß eine Abdeckung des frischen Mauerwerks mit Säcken nachhaltigen Schutz selbst bei stärkeren Nachtfrösten während einiger Zeit zu

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1889.

geben vermag. Leider ist es bei der großen Fläche der Mauer nicht möglich, sie insgesamt abzudecken, dies kann im allgemeinen nur bei den am letzten Tage hergestellten Teilen geschehen; die anderen zwei bis drei Tage alten Stellen bleiben dem Frost ausgesetzt. Im übrigen aber wird man sich vergegenwärtigen müssen, daß es wenig von Belang sein kann, ob die Mauerarbeiten im Spätherbst, wo bei der Kürze der Tage und bei der oft schlechten Witterung ohnehin wenig geleistet wird, noch um einige Tage länger fortgesetzt werden. Was machen die wenigen hundert Kubikmeter Mauerwerk, die unter solchen Umständen noch geleistet werden, gegenüber der Gesamtmasse der Talsperre aus? Dazu kommt, daß unter solchen Umständen eine wesentliche Verteuerung gegenüber dem gewöhnlichen Betriebe in guter Jahreszeit entsteht. Diese Erwägungen sollten für unser Klima in Deutschland dahin führen, daß die Mauerung

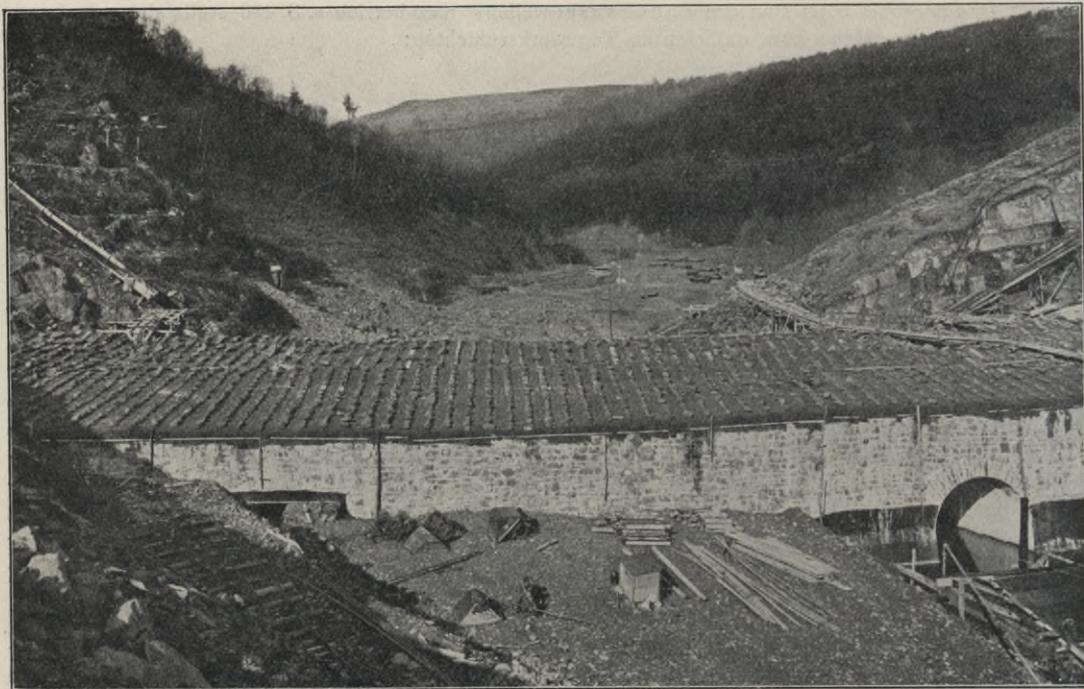


Abb. 312. Winterabdeckung der Sperrmauer während des Baues (Solinger Talsperre).

von Talsperren etwa am 1. November — ohne Rücksicht auf die waltende Witterung — eingestellt wird, wenn es sich nicht vielleicht nur um die letzten oberen Mauerteile handelt, von deren Ausführung die Fertigstellung der Gesamtanlage und Inbetriebnahme abhängt. Zu diesem Zeitpunkte sollte mit der Abdeckung, deren Herstellung immerhin 10 bis 14 Tage dauert, begonnen werden.

Die Winterabdeckung der Solinger Sperrmauer in der durchschnittlichen Höhe von $+117,60$ N.N. geschah mit Sand etwa 20 cm hoch, Brettern und einer Papplage, nachdem die Oberfläche vorher gereinigt und mit Stahlbürsten abgekehrt war. (Abb. 312 u. 313.) Eine Abgleichung des Mauerwerks war nicht angestrebt worden, sondern es wurde in voller Unregelmäßigkeit mit den Abtreppungen, wie sie der Stand der Arbeiten mit sich gebracht hatte, abgedeckt. In dieser Unregelmäßigkeit wurde gegenüber der Ausgleichung insofern ein Vorteil vermutet, als ein besserer Verband zwischen dem alten und späteren neuen Mauerwerk erhofft wurde. Die Reinigung der abgedeckten Mauer im Frühjahr 1902 erfolgte in der Weise, daß die Oberfläche mit Stahlbürsten und kräftigem Wasserstrahl gleichzeitig bearbeitet wurde, wodurch der Sand aus allen Fugen herausgekratzt und die Mauer wund geritzt wurde. Wo

der Mörtel durch Frost gelitten hatte, wurde er mit eisernen Klammern und kleinen Spitzhämmern aus den Fugen gehackt, bis überall eine vollkommen reine und feste Mauerfläche erreicht war. Eine derartige winterliche Unterbrechung gibt immerhin eine schwache Stelle ab; denn es findet zwischen altem und neuaufgebrachtem Mauerwerk nicht eine so innige Verbindung statt wie bei gleichmäßig aufgeführtem Mauerwerk.

Die Winterabdeckung der Nordhauser Talsperre. Die winterliche Unterbrechung der Mauerarbeiten erfolgte 5,0 m unter Kronenhöhe. Die Maueroberfläche wurde in 50 cm Stärke mit Tannenbusch abgedeckt. Darüber lag Dachpappe, die mit Brettern und Steinen beschwert war.

An der Urfttalsperre geschah die erste Überwinterung in der Weise, daß das noch unter Talsohle befindliche Mauerwerk unter Wasser gesetzt wurde. An der Ennepe- und Mönhetalsperre ging man in gleicher Weise vor. Es ist dies ein vorteilhaftes und billiges Verfahren des Winter-

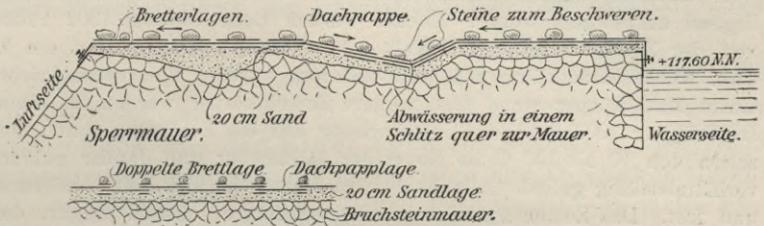


Abb. 313. Querschnitt und Längsschnitt durch die Winterabdeckung.

schutzes. Beim Bau des Lauchenseeweiher (1892/93) tat man dies zu dem weiteren Zwecke, um den Mörtel (Traßmörtel) für die bessere Erhärtung unter Wasser zu bringen. Jedoch erwies sich die Erhärtung besser an Probemauerklötzen, die nicht dem Wasser ausgesetzt waren¹⁾. Im zweiten Winter (1910/11) war die Mauer der Mönhetalsperre nach der Art des Solinger Baues abgedeckt.

Die meisten Mauern zeigen in und unter derjenigen Höhe, in der sie eine winterliche Unterbrechung erfahren haben, meist Feuchtigkeit an der Außenseite. Diese ist zur Winterzeit, wo die Verdunstung des ausschwitzenden Wassers gering ist, besonders stark erkennbar, so z. B. an der Remscheider, der Lingese, Bevertalsperre in Ronsdorf usw. Die Undichtigkeit in Höhe der Winterabdeckung wird man sich daraus erklären müssen, daß an diesen Sperren spät im Herbst, teilweise bei Frost bzw. Nachtfrost gemauert worden ist; oder es hat das Mauerwerk im Frühjahr Frost erhalten, wodurch es poröser wird. Diese Erscheinung an bestehenden Mauern weist darauf hin, daß es erwünscht ist, das Mauerwerk einer Talsperre so schnell als möglich hoch zu führen, aber noch weiterhin lehrt die Fuge, die sich in Höhe der winterlichen Unterbrechung zu zeigen pflegt, daß man gut tut, eine vollständig wagerechte Abgleichung über Winter zu vermeiden. Am besten ist es, das Mauerwerk mit Abtreppungen stehen zu lassen.

Anfertigung von Probemauerkörpern. Wenn unter gewöhnlichen Verhältnissen über die Festigkeit des im Bau verwendeten Mörtels Aufschluß durch fortlaufende Untersuchungen gewonnen werden kann, so können diese Ergebnisse nicht mehr maßgebend sein, wenn sich die Ausführung und erste Erhärtung des Mauerwerks unter ungünstigen Umständen in rauher Jahreszeit vollzieht. Es ist eine bekannte Erscheinung, daß Mauerteile, welche in naßkalter Zeit hergestellt werden oder im Wasser lagern, verhältnismäßig langsam abbinden. Darum ist es für die Entscheidung der vorliegenden Frage bei einer im Spätherbst fertig gewordenen Talsperre gut, das Verhalten des Mörtels in dem dieser Jahreszeit angepaßten Zustande der Erhärtung zu erforschen. Ermittlungen dieser Art wurden für die Solinger Talsperre angestellt, deren Anstauung zum frühesten Zeitpunkt, den die Sicherheitsrücksichten zuließen, in Aussicht genommen war.

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1902.

Ende September 1902, als sich die Mauerarbeiten ihrem Schluß zuneigten, wurden in der Wiese unterhalb der großen Sperrmauer drei Probemauerklotze in Traßmörtel, in gleicher Mischung wie im Bau selbst, hergestellt. Zwei der Probekörper standen unter Geländehöhe, zum Teil im Grundwasser, und wurden einige Tage nach dem Aufmauern um 20 bzw. 80 cm mit Erde überschüttet. Der dritte Mauerklotz, deren jeder einen Würfel von 80 cm Seitenlänge bildete, stand frei in Geländehöhe. Aus dem gleichen Mörtel wurden Probekörper für ZerreiBversuche in der üblichen Weise geformt. Diese ZerreiBkörper wurden zum Teil in kleinen hölzernen, in den Wänden durchlöchernten Kästen neben den Mauerklotzen in 0,60 bzw. 1,20 m Tiefe mit in der Erde vergraben, während eine weitere Versuchsreihe von ZerreiBkörpern auf dem Baubureau nach einigen Tagen Lufterhärtung unter Wasser liegend aufbewahrt wurde. Ebenso wurden Ende Oktober 1902 Probestücke aus Zementtraßmörtel von der Zusammensetzung (1 Kalk + 1½ Traß + ¾ Sand) und ein Zementmörtel (1:3) hergestellt. Zwei solche Mauerklotze mit ZerreiBkörpern wurden, wie vorbeschrieben, in der Erde gelagert. Der dritte Mauerkörper stand frei, weitere ZerreiBkörper wurden im Zimmer unter Wasser aufbewahrt. Im Frühjahr 1903 fand die Untersuchung auf die Erhärtung statt. Der Winter hatte mehrere Frostzeiten von 10 bis 15° C im November, Dezember und Januar gebracht. Februar und März waren verhältnismäßig gelind. Alle Mauerkörper erwiesen sich beim Aufbruch als durchaus gut abgebunden und fest. Das Zementtraßmörtelmauerwerk zeigte, obwohl jünger, der äußeren Wahrnehmung nach eine größere Festigkeit als das reine Traßmörtelmauerwerk. Der Frost hatte auf die freistehenden Klotze nur wenig Einfluß ausgeübt. Die ZerreiBversuche der geformten Proben hatten folgendes Ergebnis:

Zugfestigkeit im Mittel aus 10 Versuchen in kg/qcm.

Mischungsverhältnis	Aufbewahrung		
	in der Erde im Grund- wasser	in feuchter Erde	unter Wasser über Winter im ungeheizten Zimmer
Traßmörtel (1 Kalk + 1½ Traß + ¾ Sand) 25 Wochen alt	12,5	11,9	15,3
Zementtraßmörtel (2 Traßmörtel + 1 Zementmörtel) 21 Wochen alt	19,0	17,7	20,0

Diese Versuche tun erneut dar, daß reiner Traßmörtel bei starker Feuchtigkeit und in kühler Witterung — unbeschadet späterhin wachsender Festigkeit — langsamer erhärtet als bei einem Zusatz von Zement. Wo es also unter solchen Umständen auf schnellere Erhärtung ankommt, wird es sich empfehlen, dem Traßmörtel etwas Zement beizumischen. Dies geschah darum auch beim Mauerwerk der Talsperre im Sengbachtale in den oberen 6½ m, und der dort verwandte Zementtraßmörtel hatte das oben angegebene Mischungsverhältnis. Aber auch ohne einen solchen Zusatz war die Festigkeit des in der Erde über Winter erhärteten Traßmörtels mit i. M. $\frac{12,5 + 11,9}{2} = 12,2$ kg/qcm eine solche, daß die Vollstauung des Talbeckens im Zeitpunkt der Untersuchung der Mauerkörper, also nach 5½ Monaten Erhärtung, selbst wenn reiner Traßmörtel im oberen Teile der Sperrmauer verwendet worden wäre, unbedenklich hätte gesehen können. Denn die Druckfestigkeit kann man hiernach zu etwa $12,2 \cdot 7 = 85$ kg/qcm annehmen, während die überhaupt größte Beanspruchung in der Mauer 8 bzw. 10 kg/qcm beträgt und nach oben hin wesentlich geringer ist. Der Beginn der Stauung hätte bald nach Beendigung der Mauerarbeiten erfolgen können, da bei der ersten Anstauung zunächst die älteren unteren Mauerteile in Anspruch genommen werden und die Füllung sich über mehrere Monate hinzuziehen pflegt. Tatsächlich begann die Anstauung Ende März 1903.

§ 64. Die Ausführung der Staumauern in Beton. Die Ausführung des Betons, die Wahl des dem Zwecke angepaßten Mischungsverhältnisses und andere Fragen dieser neuzeitlichen Bauweise soll hier nicht näher erörtert werden. Es sei in

dieser Beziehung auf die einschlägige Literatur hingewiesen¹⁾. Einige Bemerkungen für und wider die Verwendung von Beton in Talsperren s. S. 197. Die Erörterungen über dieses für die Technik der Talsperren sowie anderer Bauausführungen bedeutsame Baumaterial sind noch nicht abgeschlossen und diese Frage wird lebhaft umstritten, zumal die Verbindung des Betons mit dem Eisen zu Eisenbeton. Es sollen hier nur an der Hand von Wahrnehmungen auf der Baustelle bei Betonierungen einige Erscheinungen besprochen werden, wobei für die Ausführungen selbst auf die Anleitung für Bau und Betrieb von Sammelbecken (s. S. 181 u. f.) verwiesen werden möge. Es ist dort das Notwendigste über die Materialbeschaffenheit, die Zubereitung und den Arbeitsvorgang gesagt worden.

Als Bedingung für die theoretische Dichtigkeit des Betons wird im allgemeinen die Forderung gestellt, daß die Bindestoffe etwa 15 v. H. Überschuß über den Hohlraum des Sandes und der Steine haben müssen. Bei dem Einbringen des Betons in eine Holz- oder Eisenschalung treten leicht Mißstände auf, die seiner Güte und Dichtigkeit Gefahr bringen. Die Ausführung vollzieht sich in einem großen Baubetriebe mit vielen verschiedenartigen und oft ungeübten Arbeitern oder Gehilfen und unter mancherlei Zufälligkeiten und Widrigkeiten, die eben einem rauhen Arbeitsbetriebe, besonders an abseits gelegener Baustelle anhaften. Unterbrechungen durch Regen, Arbeitseinstellungen oder vorübergehenden Baustoffmangel, Wechsel der Arbeiter, sowie das Herabstürzen des Betons von hochgelegener Förderbahn zur Verwendungsstelle, Nacharbeit bei mangelhafter Beleuchtung und andere Umstände führen dazu, daß auch bei guter und ständiger Aufsicht nicht immer tadellose Arbeit entsteht. Der Stampfbeton läßt sich hier nicht in so hoher Vollkommenheit herstellen, wie in dem engumgrenzten Rahmen eines Versuches mit geschulten Kräften und bei peinlichster Sorgfalt der Handhabung. Eine leicht eintretende Folge ist die Porigkeit des Betons, besonders an den Wandungen sowie zwischen den wagerecht eingestampften Lagen. Durch welche vorbeugenden Maßnahmen kann solchen schädlichen Einflüssen begegnet werden? Wenn man diesen Gegenstand prüft, so treten zwei weitere Fragen auf und zwar, ob die Verwendung des Betons in erdfeuchtem oder in nassem (plastischem) Zustande empfehlenswerter ist und wie groß sein Mörtelgehalt zu wählen ist. Es soll hier nicht auf die Erörterung eingegangen werden, ob der erdfeuchte oder plastische Beton größere Festigkeit erlangt. Ein geringes Mehr der einen oder anderen Art hat für die Praxis nicht gerade große Bedeutung, da die in den Bauwerken als zulässig erachteten Beanspruchungen im allgemeinen nur einen geringen Bruchteil der ganzen Widerstandsfähigkeit des Baustoffes bilden. Wesentlicher erscheint die Geschlossenheit des Betons. Ist die letztere vorhanden, so wird damit an sich schon eine höhere Festigkeit erzielt als bei einer durchlöcherten Masse. Größere Gewähr für einen geschlossenen Beton bietet nun gegenüber allen vorhin erwähnten Zufälligkeiten die feuchte, jedoch noch stampffähige Anmischung, da das Sacken und Insiehverdichten eines solchen Gemisches nach dem Schwergewicht etwaige unzureichende Stampfarbeit bei erdfeuchtem Beton ausgleicht. Bei letzterem kann an warmen Sommertagen unter der Einwirkung der Sonne überdies unmittelbare Gefahr dadurch entstehen, daß die Masse nicht die zum Abbinden erforderliche Feuchtigkeit behält. Aus diesen Gründen empfiehlt sich für den praktischen Baubetrieb der

¹⁾ s. u. a. Der Portlandzement und seine Verwendung in Bauwesen. Verfaßt im Auftrage des Vereins Deutscher Portlandzementfabriken 1912; ferner das Handbuch für Eisenbetonbauten, die auf S. 482 erwähnten Bestimmungen für die Ausführung von Bauten aus Stampfbeton usw.

plastische Beton mehr als der erdfeuchte. Er trägt den Umständen des wirklichen Bauvorganges besser Rechnung. Noch in anderer Weise, und zwar durch reichlichen Gehalt an Mörtel, kann man der Porigkeit des Betons steuern. Diese Mörtelmenge muß dann allerdings, besonders bei Steinschlagbeton, wesentlich über das Maß hinausgehen, das die üblichen Formeln verlangen. Die in Solingen verwandten Betonmischungen waren »theoretisch« durchaus dicht und bei der Herstellung von Probekörpern für Bruchversuche, die sehr sorgfältig gestampft wurden, zeigten die Bruchflächen auch fast vollkommene Geschlossenheit. Nicht so der Beton der wirklichen Ausführung. Mit geringeren Kosten als mit einem Überfluß an Mörtel wird man im allgemeinen ein dichtes

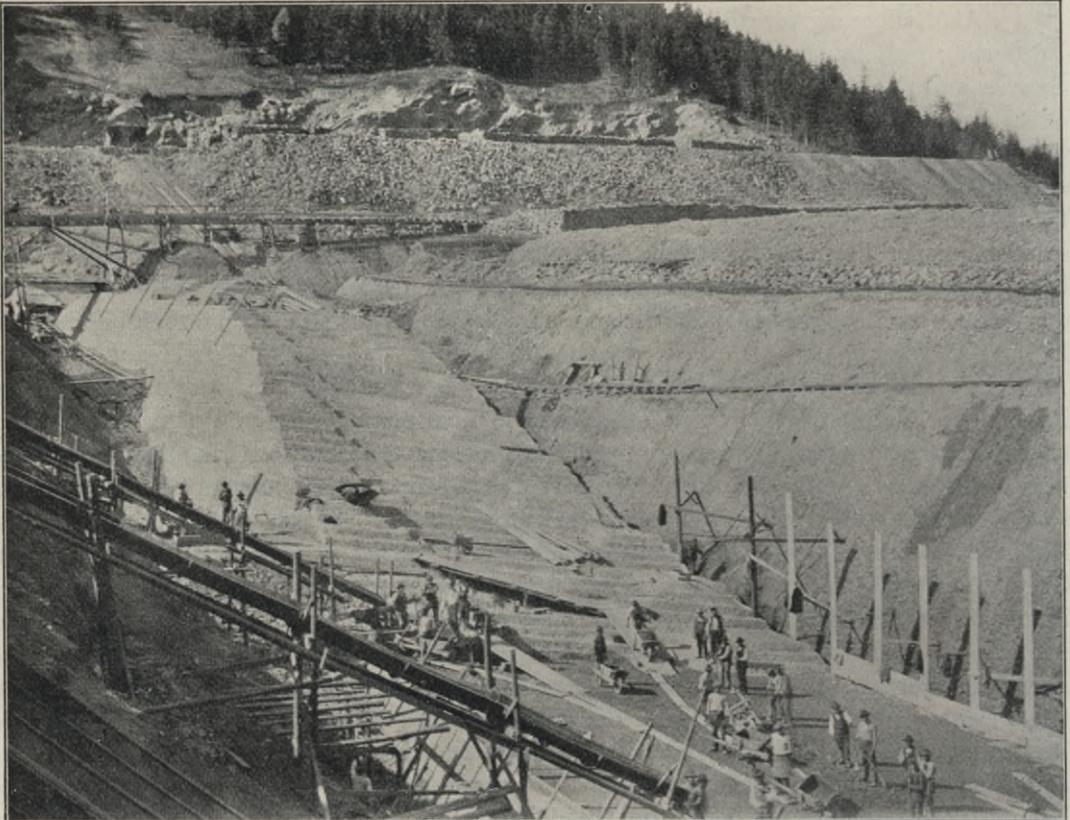


Abb. 314. Die Beton-Talsperre von Buchwald (Schlesien) im Bau.

Betonmauerwerk durch einen guten Putzüberzug erreichen, ja es dürfte die von Männern der Praxis vielfach vertretene Ansicht nicht ohne Berechtigung sein, daß es ohne Verputz überhaupt nicht möglich ist, Beton in der üblichen Bauweise wasserdicht herzustellen. Über die Beschaffenheit der Betonsteine s. S. 186.

Es gibt Ingenieure, welche es nicht für erforderlich halten, die Betonsteine von dem Staub, der sich den Steinen beim Zermahlen in den Steinbrechern beimengt, zu befreien, und dieser Steinstaub soll die Dichtigkeit nicht stören, sondern im Gegenteil die Undurchlässigkeit des Betons erhöhen¹⁾. Auch der Verfasser fand, daß der Zusatz

¹⁾ Concrete and Puddle for Reservoirs Embankments. Eng. Rec. v. 9. 7. 1904.

von Lehm zum reinen Sand die Bindefähigkeit und Festigkeit des Mörtels nicht beeinträchtigt, wenn der Lehmgehalt ein gewisses Maß nicht überschreitet (s. Zeitschr. f. Bauwesen 1904, S. 319); aber immerhin wird hierbei eine gewisse Vorsicht nicht zu entbehren sein, und es wird in Betracht kommen, falls das Erzeugnis des Steinbrechers nicht das nötige Feinmaterial enthält, geeigneten Sand hinzuzusetzen. Als ein Beispiel für die Ausführung einer deutschen Talsperre in Beton ist die Buchwalder Talsperre (1895) zu erwähnen (Abb. 314), von der eine kurze Beschreibung auf S. 199 gegeben wurde. Über das Mischungsverhältnis des Betons im Betonkern des Solinger Staudammes s. S. 314. Die Sperrmauer von San Mateo (Californien) ist in einem Beton hergestellt, der aus 1 Raumteil Zement + 2 Raumteilen Sand + $6\frac{1}{2}$ Raumteilen Schottersteinen gemengt war. Die genaue Beschreibung der Bauausführung, die mit Betonblöcken erfolgte bringt Schuyler a. a. O. S. 267.

Es mögen hier einige Mitteilungen folgen über eine Ausführungsweise, die in Amerika und auch sonst im Auslande viel bei Talsperrenbauten Verwendung findet, und die darin besteht, daß größere Steine in den Beton verlegt werden, so daß der letztere gleichsam den sonst üblichen Mörtel ersetzt. Es wird dadurch eine sparsamere Ausführung und ein schwereres Mauerwerk erzielt. Als ein Beispiel dieser Ausführungsweise sei die Talsperre für das neue Wasserwerk von Jersey City (Nordamerika) erwähnt.

Das Becken wird abgesperrt durch eine Mauer von 940 m Länge und 33 m größter Höhe am östlichen Ende (Abb. 172 auf S. 313) und einen Erddamm mit Betonkern von 1100 m Länge und 9 m Höhe als südlichen Abschluß¹⁾. Dieser letztere Damm war nötig, um das Übertreten des Wassers in ein anderes Niederschlagsgebiet zu verhindern. Die Hauptspermauer enthält etwa 183000 cbm Mauerwerk und ist auf festen Fels (Sandstein der Triasformation) gegründet. Der Baustein ist eine Art Granit. Unter der Mauer, nahe der Wasserseite ist ein Mauereingriff in den Fels von 3 bis 6 m Tiefe und etwa 3 m Breite vorhanden. Die größte Beanspruchung des Felsens beträgt 9 kg/qcm an der Luftseite bei gefülltem Becken und 10 kg/qcm an der Wasserseite bei leerem Becken. An den beiden Enden geht die Mauer in Erdschüttungen mit Betonkern über.

Die Ausführung des Mauerwerks ist insofern beachtenswert, als in ausgiebigstem Maße Beton Verwendung gefunden hat. In den Beton, der in Maschinen gemischt wurde, sind Steine in allen Größen bis etwa $2\frac{1}{2}$ cbm Inhalt verlegt worden, nachdem sie vollkommen rein gewaschen waren (Abb. 173 auf S. 313). Die Steine sind nicht von Maurern versetzt, sondern von Arbeitern mit Hilfe von Kranen. Der Beton wurde sehr naß angemacht, so daß die schweren Steine mit einem Gewicht bis zu 7 t um 0,60 bis 1 m einsanken. Dabei konnte aus dem Umstande, daß der weiche Beton an den Kanten des Steins hervordrang, geschlossen werden, daß die Lagerfugen voll waren. Die großen Steine wurden mit einigem Abstände versetzt und die Zwischenräume mit Beton, ohne daß der letztere gestampft wurde, ausgefüllt. In den Beton trieb man dann so viele große und kleine Steinstücke, als zweckmäßig erschien. Die Außenkanten des Mauerquerschnittes wurden im voraus etwas hochgeführt, um das Austreten des flüssigen Mörtels zu verhindern. Keine Mauerkelle ist gebraucht worden mit Ausnahme für die Quaderverblendung an der Luftseite und die Verfugungsarbeiten. Man glaubt auf diese Weise ein einheitliches und dicht geschlossenes Mauerwerk erzielt zu haben. Als Bindemittel ist durchweg Portlandzement verwandt²⁾.

Weitere Beispiele dieser Bauweise sind u. a. die Cross River Sperrmauer (Neu York), deren Beton gemischt ist aus 1 Raumteil Zement + 3,2 Raumteile Sand + 5,8 Raumteile Schottersteinen. Das entsprechende Mischungsverhältnis der Swansea-Sperre (England) ist 1:2:5. Die auf Bogenmischung gebaute Talsperre der Ithaka-Wasserwerke hat im Innern einen Beton aus 1 Raumteil Portland-Zement + 2 Raumteile Bachsand + 2 Raumteile Bachkies + 2 Raumteile Schotter von 2,5 bis 10 cm Seitenlänge³⁾. Die Staumauer von Jersey-Stadt hat einen Beton aus 1 Zement + 2,75 Sand + 6,25 Schottersteinen. Die eingebetteten größeren Steine füllen etwa 50–55 v. H. der Gesamtmasse aus. Der Beton der Roosevelt-Staumauer (1:2,5:4) enthält Steine bis 10 t Gewicht. Die Ashokan-

1) Über die sonstigen Verhältnisse des Staubeckens s. S. 434.

2) Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 542.

3) Eng. Record 1903, S. 77.

Sperre (Wasserversorgung von Neu York) hat im Hauptkörper eine Zusammensetzung 1:3:6 und enthält Felsblöcke bis rd. 8 t Gewicht. Der Beton der Herdmauer ist in 1:2:4 gemischt¹⁾. Auch in die Katarakt-Sperre in Australien (s. S. 358) sind große Steine von 2 bis $4\frac{1}{2}$ t Gewicht in den Beton (1:2 $\frac{3}{4}$:4 $\frac{1}{2}$) gebettet, derart, daß das Verhältnis von Beton zu Steinmasse etwa 35 zu 65 betrug. Es wurde hierbei eine Beanspruchung von 9,5 kg/qcm zugelassen. Über das Mischungsverhältnis der neueren bogenförmigen Talsperren in Australien siehe S. 276. Eine eingehende Beschreibung der Bauausführung dieser Talsperren mit mancherlei bemerkenswerten Einzelheiten über die Gründungsarbeiten, die Bereitung und Güte des Betons u. a. m. findet sich in dem Aufsatz: Concrete and Masonry Dam Construction in New South Wales in den Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers Vol. 178 Sess. 1908/9, Teil IV. Über Talsperren in Beton s. ferner Eng. Rec. vom 10. 6. 11. u. 8. 2. 13. Zeitschr. f. d. ges. Wasserwirtsch. 20. 6. 11.

§ 65. Die Absteckung der Talsperren. Die Absteckung hoher, bogenförmig gebauter Sperrmauern in engen Gebirgstälern ist eine eigenartige Aufgabe der Feldmeßkunst. Die Talsperren sind Umdrehungskörper, entstanden durch die Drehung ihres Querschnitts um die lotrechte Achse im Mittelpunkt der konzentrischen Kreise, die die wagerechten Schnitte der Mauer bilden. Die Dreiecksform des Querschnitts hat eine ständige Änderung der Mauerstärken zur Folge. Jede Unebenheit der luftseitigen, gewölbten Ansichtfläche macht sich am fertigen Bauwerk leicht bemerkbar, und zwar umsomehr, mit je glatteren Bausteinen gearbeitet wird. Abänderungen sind hinterher nicht gut ausführbar. Wenn auch das menschliche Auge gerade bei Kurven einen sehr empfindlichen Messer bildet und unschöne Ungenauigkeiten im Verlauf der Linien sofort wahrnimmt, so ist dies doch naturgemäß erst möglich, nachdem die Mauerung erfolgt und ein Stück über die fehlerhafte Stelle fortgeschritten ist. Immerhin gibt die Prüfung der Linien mit dem Auge während der Bauausführung eine gute Hilfe. Dazu kommt, daß die Befestigung der Lehren, die die Innehaltung der Bauformen sichern sollen, an dem aufsteigenden Mauerwerk schwierig ist, und es geschieht leicht, daß sie von den arbeitenden Leuten aus Unachtsamkeit verdrückt und verschoben werden. Das Messen auf der unebenen Maueroberfläche ist während der Arbeitszeit, wo ein reger Verkehr von Mörtel- und Steinwagen und hin- und hergehender Arbeiter stattfindet, umständlich, und Mauer- und Meßarbeit stören sich dann leicht gegenseitig. Die genaue Einhaltung der Maße des Mauerkörpers ist aber unbedingt erforderlich, nicht nur aus statischen Gründen und Schönheitsrücksichten. Schon kleine Abweichungen ergeben bei den bedeutenden Flächen ein merkbares Mehr oder Minder an Mauerwerk. Es spricht also auch die Kostenfrage wesentlich mit.

Alle diese Umstände bedingen eine ständige Aufmerksamkeit und erfordern ein fortgesetztes Messen und Nachprüfen, besonders bei schnellem Fortgang der Bauausführung. Für die Achsenabsteckungen sind Theodolit und anderes genaues Meßwerkzeug unentbehrlich, da es sich um lange Linien handelt. Die Winkelmessung leistet gute Dienste, und wo irgend möglich, sollte man — von einer genau eingemessenen Grundlinie ausgehend — das Verfahren der Winkelmessung mit anschließender Berechnung der Längen benutzen. Man erhält damit im gebirgigen Gelände mit teilweise steilen Abstürzen der Felswände genauere Ergebnisse, als die Aufmessung mittels Maßstäben liefert. Die Höhen, zu denen die jeweiligen Mauerstärken in Beziehung stehen, werden zweckmäßig von Höhenfestpunkten aus übertragen, die man an den Berglehnen neben der Baustelle in etwa 10 m Abstand versteint und an die Landesvermessung oder sonstige allgemein gültige Höhenmarken anschließt. Bei der Festlegung bogenförmiger Talsperren wird zweckmäßig folgendes Verfahren eingeschlagen:

¹⁾ Näheres über die Bauausführung s. Eng. Rec. vom 18. 10. 12. und Deutsche Bauzeitung 1912, S. 762.

Für die Absteckung bilden die ursprünglichen Pläne des Entwurfes, die nach genauen örtlichen Aufnahmen kartiert sind, den Ausgangspunkt. Diese Aufmessungen werden im allgemeinen an einen durch das Tal gelegten Standlinienzug, der im Gelände verpfählt oder versteint ist, Anschluß haben. Durch Querschnitte oder tachymetrische Messungen sind die Lage- und Höhenverhältnisse ermittelt. In diese Pläne ist der Entwurf eingetragen. Mit Hilfe des somit im Plane und im Felde vorhandenen Standlinienzuges wird bei der Bauausführung zunächst der Mittelpunkt M (Abb. 315) festgelegt. Als Grundlage für die weitere Absteckung wird ein rechtwinkliges Achsenkreuz gewählt. Für die eine Achse wird eine durch den Mittelpunkt gehende Richtungslinie genommen, etwa derart, daß sie die Grundfläche der Sperrmauer in annähernd zwei gleiche Teile zerlegt (Linie MO). Für die zweite Achse ist maßgebend, daß sie in möglichst großer Ausdehnung innerhalb der Mauer liegt. Es empfiehlt sich, hierfür die Tangente im Scheitelpunkt des Kreisbogens, der der luftseitigen Begrenzung der Mauer in der Kronenhöhe entspricht (Abb. 317), zu benutzen. Dieser Kreisbogen schwankt bei den üblichen Krümmungsverhältnissen der Talsperren etwa zwischen 100 und 400 m. Die örtliche Festlegung dieser Achsen geschieht zur Erzielung guter Genauigkeit zweckmäßig mittels Theodolits. Die beiden beliebig gewählten Endpunkte A und B der Tangente werden an den Hängen etwas über Mauerkronenhöhe versteint (Abb. 315 u. 316). Meist dient es zur Vereinfachung, zwei nähergelegene Punkte $A_1 B_1$ in mittlerer Hanghöhe für die vorübergehende Benutzung festzulegen. Auf der Linie $A_1 B_1$ werden dann vom Schnittpunkt O der beiden Achsen nach beiden Seiten ausgehend Abschnitte von je 5 m in den Punkten 5, 10, 15, 20 usw. abgeteilt. Nunmehr erfolgt die Absteckung der Begrenzungslinien der Mauer auf den Halbmessern, welche durch die Punkte 5, 10, 15 usw. eingerichtet werden. Dabei kommt es wohl vor, daß von diesen Punkten, solange man sich in der tiefergelegenen Baugrube befindet, der Mittelpunkt M nicht sichtbar ist. Seine Sichtbarkeit kann dann durch Aufrichten einer Stange erreicht werden, andernfalls ist man genötigt, diese Punkte in 5', 10' 15' usw. am oberen Rande der Baugrube (Linie DE) aushilfsweise auszustecken. Durch Einfuchten über 0, 5, 10, 15 oder 0, 5', 10' 15' usw. kann man für jede Messung schnell die Halbmesserrichtungen finden und darauf die Strecken $0-F_0$, $5-F_1$, $10-F_2$, $15-F_3$ usw. bis zur oberen Grenze des Mauerquerschnitts und die Strecken $0-G_0$, $5-G_1$, $10-G_2$, $15-G_3$ usw. bis zur unteren Grenze abtragen. Die Genauigkeit der Messung ist hierbei hinreichend gewährleistet, wenn das Einfuchten mit dem bloßen Auge geschieht. Die bezeichneten Längen sind für jede Ordinatenhöhe der Mauer wie folgt zu ermitteln. Die Maße des Querschnitts der Sperrmauern pflegt man auf die Lotrechte im Scheitelpunkt des oben erwähnten Kreisbogens an der Luftseite zu beziehen. Indem man also zu diesem Halbmesser — in Abb. 317 gleich 150 m — z. B. die Stücke a , b oder c hinzunimmt oder b_1 und c_1 abzieht, erhält man den Halbmesser der oberen und unteren Mauerbegrenzungslinie in jeder beliebigen Höhe. Mit Hilfe einfacher Dreiecksberechnung kann man die Längen $M-5$, $M-10$, $M-15$ usw. finden, und es ergeben sich dann die Strecken $5-F_1$, $10-F_2$, $15-F_3$ usw. und $5-G_1$, $10-G_2$, $15-G_3$ usw. als Unterschiede bekannter Größen. Der Schnittpunkt O des Achsenkreuzes $MO | A_1 B_1$ läßt sich beim Anwachsen der Mauer in jeder Höhe durch Einfuchten mit dem Auge schnell bestimmen. Es genügt, die Mauermaße in vollen Meterordinaten anzugeben.

Die Absteckung der Mauer macht, nachdem die Tangente $A_1 B_1$ aus der Mauerfläche herausgetreten ist, die Benutzung weiterer Hilfstangenten notwendig oder wenigstens erwünscht, um mit den Messungen möglichst auf der jeweiligen Arbeits-

fläche der aufgehenden Mauer zu bleiben. Zu diesem Zwecke können neue Tangenten (Abb. 318) parallel jener ersten Tangente AB gelegt und das vorherbeschriebene Ab-

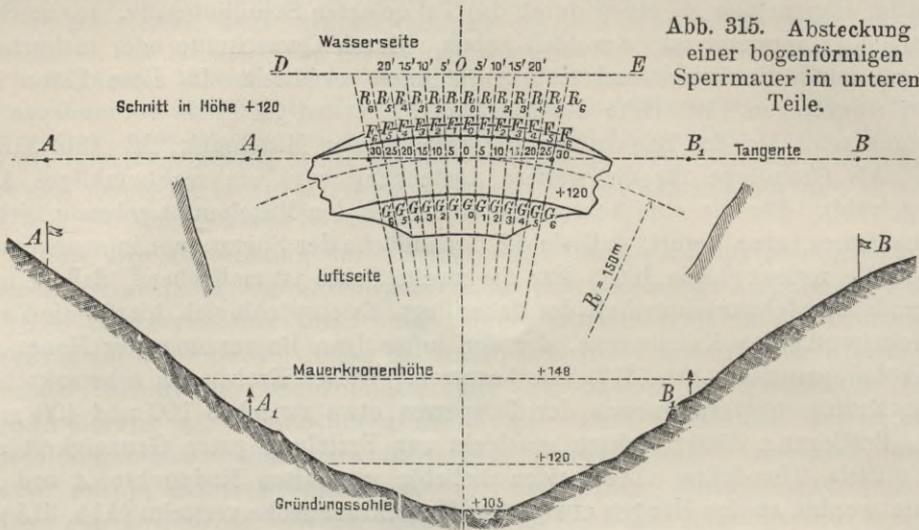


Abb. 315. Absteckung einer bogenförmigen Sperrmauer im unteren Teile.

Abb. 316. Querschnitt durch das Tal.

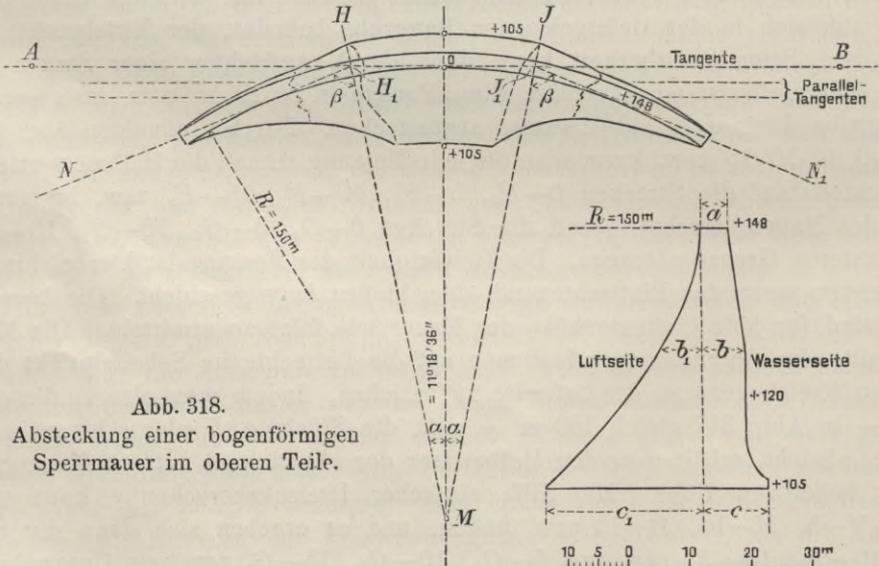
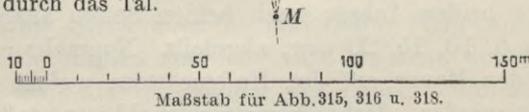


Abb. 318. Absteckung einer bogenförmigen Sperrmauer im oberen Teile.

Abb. 317. Querschnitt der Sperrmauer.

steckungsverfahren stückweise — soweit diese jeweiligen Hilfslinien innerhalb der Querschnittsgrenzen verlaufen — fortgesetzt werden. Ein anderes Verfahren wandte der Verfasser beim Bau der Solinger Talsperre¹⁾ an. Dies besteht darin, das mittlere

¹⁾ Zeitschr. f. Bauwesen 1904, S. 295 u. f.

Linienbündel im Punkt 30 (Abb. 315) — etwas bevor die Tangente A_1B_1 die Mauerfläche verläßt — nach den beiden Hängen umzuklappen, so daß man eine dreimalige und, wenn erforderlich, auch öftere Wiederholung des mittleren Absteckungsnetzes vor sich hat. Die Länge jeder Tangente zwischen den Winkelpunkten ist hiernach 60 m, so daß eine Weite von $60 \cdot 3 = 180$ m umspannt wird, die der Länge der Mauerkrone der in Abb. 318 dargestellten Sperrmauer entspricht.

Im Felde gestaltet sich der Vorgang wie folgt: Für die Absteckung der seitlichen Tangenten wird zunächst der Winkel α (Abb. 318) aus der Bedingung $\operatorname{tg} \alpha = \frac{30}{150}$ berechnet. Dann werden mit einem Theodoliten vom Punkt M aus die Richtungen MH und MJ festgelegt und durch Einfuchten mit der ursprünglichen Tangente AB die Schnittpunkte H_1 und J_1 gefunden. Zur weiteren Prüfung der Richtigkeit der Lage dieser Punkte empfiehlt es sich, $0H_1 = 0J_1 = 30$ m auszumessen. Dann stellt man den Theodoliten nacheinander in den Punkten H_1 und J_1 auf und erhält durch Abtragen der Winkel MH_1N und $MJ_1N_1 = 90 - \alpha$ die Richtungen N und N_1 , die an den Hängen durch Einzementieren von Eisenmarken in den Fels oder auf andere Weise sicher bezeichnet werden. Die Punkte H_1 und J_1 können von eisernen Marken, die in den Richtungslinien MH und MJ an der wasserseitigen Begrenzungsfläche der aufgehenden Mauer eingemauert werden, in jeder Höhe und in jedem Augenblick unschwer von neuem bestimmt werden, indem man von diesen Marken die gleichbleibende Entfernung bis H_1 und J_1 auf den Richtungslinien zurückmißt. Nachdem dies geschehen, kann man von H_1 in der Richtung N und von J_1 nach N_1 die Abstände 5, 10, 15 usw. einmessen und das oben erläuterte Verfahren wiederholen.

Diese Absteckungsart gestaltet sich im Gelände günstig. Abb. 318 läßt erkennen, daß die Absteckung bis zur Kronenhöhe innerhalb des Mauerquerschnitts liegt, worin ein besonderer Vorteil zu erblicken ist. Von den erwähnten parallelen Tangenten hingegen müssen bei stark gekrümmten Mauern mehrere gelegt werden und eine Anzahl Umrechnungen sind nötig. Dadurch wird dieses Verfahren verwickelt und kann leicht zu Irrtümern in der Rechnung und im Felde Anlaß geben, während man bei der zweiten Art die einmal für die Querschnitte 0 bis 30 berechneten Zahlen für die ganze Mauerlänge und Mauerhöhe benutzen kann.

Die Absteckung der im Grundriß geraden Talsperren ist als ein einfacherer Fall anzusehen. Das vorbeschriebene Meßverfahren wird dafür sinnentsprechenden Anhalt bieten.

Über die Absteckung von Sperrmauern s. auch Zentralbl. d. Bauverw. 1906 S. 541 und 1909 S. 233.

§ 66. Der Tunnelbau bei Talsperrenausführungen. Es ist schon an anderer Stelle (S. 358 u. f.) dargelegt worden, daß die Herstellung der großen Sammelbecken die Anlage oft bedeutender Tunnel und Stollenanlagen bedingt, sei es, daß diese Durchbrechungen der seitlichen Berghänge zur Ableitung des Hochwassers während der Bauzeit oder dauernd dem gleichen Zwecke oder der Entnahme des Betriebswassers dienen. Auch für die Speisung der Sammelbecken aus dem Niederschlagsgebiet benachbarter Täler oder für die Ableitung des Nutzwassers zu entfernt gelegenen Kraftwerken behufs Gewinnung von Kraftgefallen oder für Bewässerungszwecke, Trinkwasserzuführungen u. a. m. zur Abkürzung der Wege sind solche Tunnel auf lange Strecken nötig geworden. Es sei hier nur erinnert an die 160 m lange Stollenanlage der Talsperre

der Stadt Solingen (S. 38), den Kraftstollen der Urfttalsperre (3 km) S. 27 u. 360, die Hochwasserumleitungen der Becken von Gileppe (Belgien) Marklissa und Mauer in Schlesien (S. 359 u. 404), und den Trinkwasserzuführungstollen der Neye-Talsperre (zusammen rd. 6 km lang, S. 14). Ausgedehnte Tunnelanlagen finden sich auch im Zusammenhange mit amerikanischen Talsperren.

Es soll an dieser Stelle auf die Absteckung und Bauausführung der Tunnel nicht näher eingegangen werden. Es sei vielmehr auf die einschlägigen Kapitel im Abschnitt Tunnelbau Band V Teil I dieses Handbuches hingewiesen. Über die Querschnittsgebung nach den Erfordernissen der Wasserabführung ist auf S. 414 u. f. das notwendige mitgeteilt. Es sei nur bemerkt, daß diese Stollen mitunter einen sehr ansehnlichen Teil der Gesamtkosten der Talsperre beansprucht haben, vornehmlich dann, wenn ihre Durchführung durch das Gebirge auf große technische Schwierigkeiten gestoßen ist. Solche traten auf z. B. beim Durchbruch des Kraftstollens der Urfttalsperre, wobei der Stollen auf seine halbe Länge ausgezimmert werden mußte, und beim Stollen der Neyetalsperre, wo ebenfalls der Einbau starker Auszimmerungen nötig war. Im rheinisch-westfälischen Schiefergebirge sind die Stollen vielfach ohne Auszimmerung hergestellt worden und auch in Marklissa und Mauer (Gneisformation) erwies sich das Gestein als fest und standfähig. Die Beschaffenheit des Gebirges wird auch dafür bestimmend sein, ob eine dauernde Ausmauerung oder Werksteinverkleidung erforderlich wird. Der Stollen wird — sonstige Festigkeit vorausgesetzt — in seinem rohen Ausbruch stehen bleiben können, wenn die Ableitung des Wassers in Rohrleitungen geschieht. Wo jedoch das Wasser im vollen Querschnitt geführt wird, ist die Ausmauerung erwünscht, sowohl zur Verminderung der Reibung des fließenden Wassers, wie auch um die Tunnelwände widerstandsfähiger zu machen. Bei dem Hochwasserschutzbecken von Marklissa ist man noch weiter gegangen und hat die Abfallschächte mit Eisenplatten auf Betonunterlage ausgepanzert, weil man den Fels bei dem hohen Abfall des Wassers nicht für fest genug hielt. Doch hat sich dies Verfahren nicht bewährt (s. S. 407). Stollen, die unter Druck stehen (Druckleitungen für Kraftwasser) werden meist glatt ausgemauert oder betoniert und verputzt, um Wasserverluste zu vermeiden¹⁾ (Urft, Meran-Bozen).

Der Stollenbau der Solinger Talsperrenanlage. Der Stollen wurde gebaut, um den Weg für die Rohrleitungen von den Talsperren nach dem Wasserkraftwerk abzukürzen (Abb. 13 auf S. 38). Ein weit vorspringender Bergrücken wurde durchbrochen und dadurch die Umführung der Rohrleitungen, die einen Weg von 800 m bedingt hätte, auf die Stollenlänge von 160 m verringert. Die entsprechenden Kosten verminderten sich auf die Hälfte. Der Stollen durchschneidet den Berg zwischen dem Sengbach- und Wuppertal in gerader Linie (Abb. 319). Er beginnt am unteren Ende der Rieselwiesen etwa 4,50 unter Geländehöhe und nimmt 3 Rohrleitungen auf (Abb. 320). 1. Die vom Vorbecken kommende 350 mm weite Trinkwasserleitung. 2. Die 400 mm Trinkwasserleitung von den Rieselwiesen unterhalb der großen Sperre und 3. die 700 mm weite Druckwasserleitung aus dem Hauptsammelbecken. Zwischen den beiderseitig angebrachten Rohren ist ein mittlerer Gang vorhanden. Dieses Raumbedürfnis bedingte die Abmessungen des Ausbruchquerschnittes, das mit 2,0 m Breite und 2,20 m Höhe und rd. 5 cbm Felsausbruch auf das knappste Maß eingeschränkt ist.

Das Lenneschiefergebirge ist im allgemeinen standfest. Die Ausmauerung des Stollens wurde daher nur an einigen weniger guten Stellen erforderlich. Wo dies geschah erfolgte die Mauerung im ganzen Querschnitt. Einfache Auswölbung im Scheitel war nicht durchführbar, weil die unregelmäßige Beschaffenheit des Felsausbruches nicht ein ausreichendes Widerlager bot. Die Mauerung ist in Ziegeln mit Zementtraßmörtel (1 Raumteil Zement, $\frac{1}{2}$ Traß, 4 Sand) hergestellt. Die Hohlräume zwischen den hinteren Flächen der Ausmauerung und dem Gebirge sind mit Steinen fest ausgepackt worden, so daß eine unmittelbare Übertragung des Gebirgsdruckes stattfindet. Eine besondere Iso-

¹⁾ S. des Verfassers Schrift »Die Ausnutzung der Wasserkräfte, 2. Aufl. Leipzig 1908 S. 158 u. f.; s. auch Zentralbl. der Bauverw. 1909 S. 189.

lierung und Abdichtung ist nicht ausgeführt. Für Abwässerung ist durch Rohre von 50 mm Durchmesser gesorgt, die in den Wandungen dicht über der Sohle eingelegt sind. Die Stollensohle ist mit Stampfbeton (1 Zement, 3 Sand, 8 Kleinschlag) abgeglichen. Es ist Quergefälle nach einem mittleren Abzugsschlitz vorhanden, welcher durch eine Bohlenbahn auf eisernen Stützen langaus abgedeckt ist.

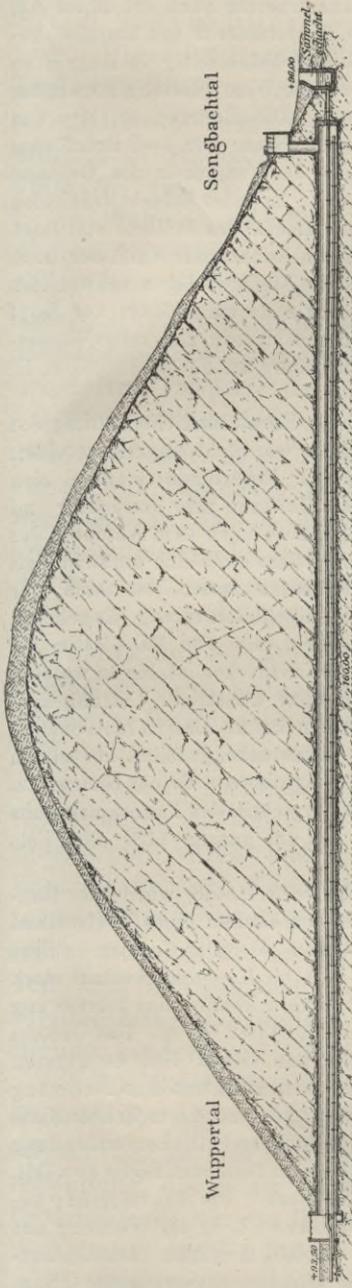
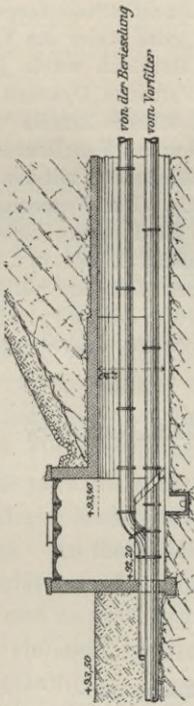
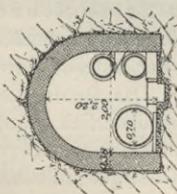


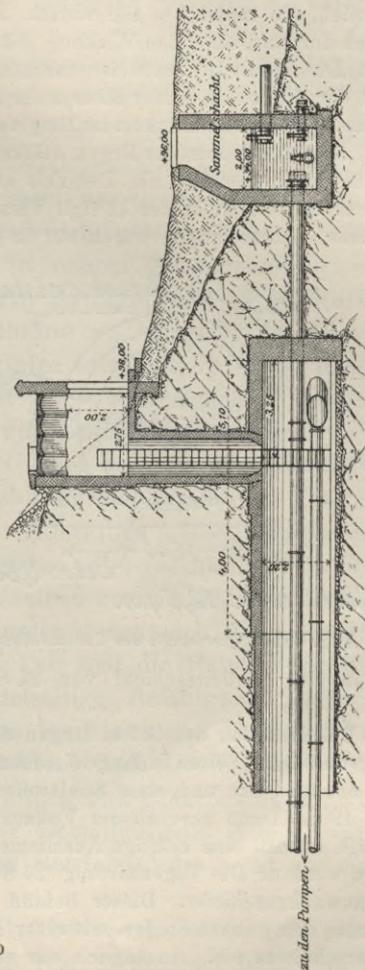
Abb. 319. Längsschnitt durch den Zuleitungsstollen für die Rohrleitungen von der Talsperre zum Kraftwerk der Stadt Solingen.



Stollenmundloch im Wuppertal



Schnitt durch den ausgemauerten Stollen.



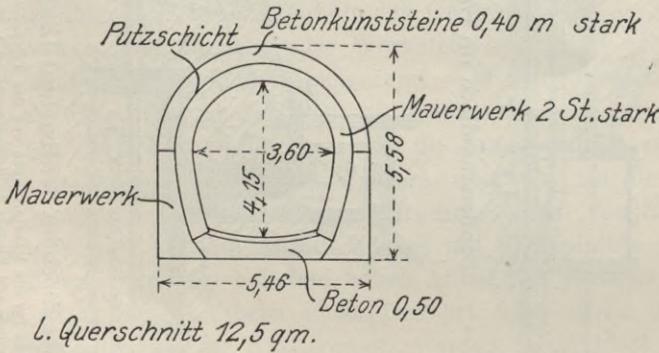
Stollenmundloch im Sengbachtal Längsschnitt.

Abb. 320. Einzelheiten des Zuleitungsstollens für die Rohrleitungen von der Talsperre zum Kraftwerk der Stadt Solingen. Teilweise Ausmauerung der Seitenwänden mit Ziegeln in Zementtrabmortel. Sohlenbefestigung durch Beton.

Die beiden unteren Rohre sind auf Betonklötzen von etwa 20 cm Höhe und 2,0 m Entfernung, das obere 400 mm weite Rohr auf eisernen, zum Teil eingemauerten, zum Teil in den Fels einzementierten Konsolen verlegt worden. Die Rohre haben Muffendichtung. Die Abdichtung ist in gewöhnlicher Weise durch Vergießen mit Blei ausgeführt. Ausdehnungsvorrichtungen sind nicht vorhanden.

Die Stollenmundlöcher sind abgeschlossen durch 2 Vorbauten in einfacher Ausstattung aus Ziegelmauerwerk, deren Dachdeckung aus Holzzement auf Schwimmsteinkappen zwischen eisernen Trägern besteht.

Der Durchbruch des Stollens wurde vom Wuppertal aus begonnen, da nach hierhin das Gefälle ging. Da erwartet werden konnte, daß der Fortgang der Tunnelarbeiten auch bei dieser Art des Vorbaues ein genügender sein würde und im Einklang mit dem Baufortschritt der übrigen Anlagen bleiben würde, wurde davon Abstand genommen, die Durchbohrung beiderseitig in Angriff zu nehmen, zumal die tiefe Lage des Stollens im Sengbachtale eine bedeutende Wasserhaltung notwendig gemacht haben würde. Es wurde Tag- und Nachtbetrieb eingerichtet. Die Bohrung erfolgte von Hand; die Zündung mittels Zündschnur. Auf jedes Meter des Vorbaues waren etwa 7—8 Bohrlöcher erforderlich, die meist 1 m tief waren. Jedes Bohrloch wurde je nach der Festigkeit des Gesteins und nach der zu erzielenden Wirkung mit 4—5 Patronen Dynamit geladen. In jeder Schicht arbeiteten 4 Mann. Die Arbeit litt zeitweise darunter, daß starkes Rieseln von der Decke des Stollens stattfand. Obwohl der Stollen in seiner Mitte mehr als 40 m mit Fels überdeckt war, konnte der Verfasser doch bemerken, wie die Feuchtigkeit im Berginnern gleichmäßig mit den äußeren Niederschlägen schwankte und bei länger anhaltendem Regen stärker wurde. Der Wasserzutritt war stets am größten vor Kopf und nahm dann merklich ab. Der Fels an sich ist durchaus dicht und geschlossen und seine Wasseraufnahmefähigkeit ist in der königl. Versuchsanstalt früher in Charlottenburg zu höchstens 0,5 v. H. festgestellt. Absteigungen waren nur in geringem Umfange nötig.



l. Querschnitt 12,5 qm.

Abb. 321. Querschnitt des Umlaufstollens der Möhnetalsperre.

betrug in einer Arbeitsschicht von 24 Stunden rund 1 m. Es wurden im ganzen 1120 cbm Fels gelöst.

Bei dem Bau des 365 m langen Stollens für die Möhne-Talsperre (s. S. 448) wurde der Baubetrieb von beiden Seiten in Angriff genommen und dabei zunächst mit dem Vorbau eines Firststollens an der oberen Seite und eines Sohlstollens an der unteren Seite begonnen. Der Durchschlag erfolgte im Juli 1908. Dann geschah der Vollausschlag. Das Gebirge erwies sich im Ein- und Auslauf stark druckhaft, so daß eine kräftige Auszimmerung erforderlich wurde. Im Innern konnte eine Zimmerung entbehrt werden. Die Tagesleistung (24 Stunden) betrug anfänglich 3 bis 4, später 6,5 m. Das Gestein war Grauwackenschiefer. Dieser Befund des Gebirges mit seinem starken Druck ließ es geraten erscheinen, den ganzen Stollen mit einer kräftigen Ausmauerung zu versehen, auch trat eine Änderung des Querschnittes ein. Anfänglich war ein Querschnitt von 5 m lichter Breite und 4,5 m lichter Höhe mit rd. 20 qm Durchflußweite vorgesehen, der 40 cm starke Betonverkleidung und Klinkerverblendung erhalten sollte. Dafür wurde ein Tunnelquerschnitt nach Abb. 321 mit 12,5 qm Durchflußfläche gewählt. Die Leistungsfähigkeit beträgt bei dem höchsten zulässigen Stand 68 cbm/sek. Die Ausmauerung besteht in einem Mauerring von 0,40 m Stärke, der im unteren Teile aus Mauerwerk, in der Wölbung aus Betonkunststeinen besteht. Davor befindet sich ein zweiter Mauerring von 0,51 m Stärke. Die Gesamtstärke im First beträgt demnach 0,91 m. Die Sohle hat eine gegen die Wandungen gespannte 0,50 m starke Betonlage erhalten. Zwischen den beiden Mauerlagen befindet sich eine Putzschicht, um den Druckstollen wasserdicht zu machen. Dieser Umleitungsstollen, eins der schwierigsten Stücke der gesamten Bauanlage, wurde im August 1909 fertiggestellt¹⁾.

Eine künstliche Lüftung des Stollens war nicht eingerichtet. Mit tieferem Eindringen machte sich dieser Umstand sehr bemerkbar und man mußte nach dem Abfeuern der Bohrschüsse stets eine geraume Zeit verstreichen lassen, bis sich der Dunst allmählich verzog. Es scheint, daß die Länge von 150—160 m als Grenze anzusehen ist, bis zu welcher man ohne künstliche Lüftung auskommen kann. Das Heraus schaffen des Ausbruchs geschah auf einem Arbeitsgleis von 60 cm Spurweite. Der Fortschritt des Tunnelausbruchs

¹⁾ s. u. a. Die Talsperre 1911, Nr. 10.

§ 67. Staatliche Bauaufsicht bei Talsperrenbauten. Vertragsbedingungen.

Über die Art der Bauleitung bei Talsperrenbauten in Preußen, die Aufsicht des Staates, die Handhabung der staatlichen Bauaufsicht u. a. m. siehe die »Anleitung für Bau und Betrieb von Sammelbecken« S. 181 u. f. Vgl. auch Zentralbl. der Bauverwaltung 1907, S. 526, 1910 S. 531.

Über die Bauausführung der Talsperren in Amerika s. Proceedings des amerikanischen Zivilingenieur Vereins März, Mai, August und September 1904, vergl. auch »Transactions« Dezember 1904, ferner Wegmann und Schuyler a. a. O.; in Australien, Minutes of Proceedings of The Institution of Civil Engineers Vol. CLXXVIII. Sess. 1908/09. Teil IV.

Während für die »Allgemeinen Vertragsbedingungen« bei Bauausführungen genügend Unterlagen in allen Verwaltungen vorhanden sein dürften, so daß von einer Mitteilung hier Abstand genommen werden kann, seien zum Anhalt für die Ausarbeitung entsprechender Vorschriften für den Einzelfall nachstehend die »Besonderen Bedingungen« abgedruckt, die der Ausführung der unter der Oberleitung des Verfassers errichteten Talsperre der Stadt Nordhausen a. H. zugrunde gelegen haben.

Eigenbetrieb oder Unternehmerbau. In nahem Zusammenhange hiermit steht die Frage, ob es zweckmäßig ist, die Talsperren im Eigenbetriebe der Verwaltung oder durch Vergebung in Unternehmung zur Ausführung zu bringen. Im allgemeinen liegt es nahe, daß der Eigenbetrieb die Gewähr für eine sorgfältigere Arbeit bietet. Die erste Bedingung ist dann, daß die Verwaltung mit allen technischen Hilfsmitteln für den Bau gut ausgerüstet ist. Es muß ein technisch gut vorgebildetes Personal vorhanden sein, und es müssen die notwendigen Maschinen und Geräte, deren Zahl meist nicht unbedeutend ist, zur Verfügung stehen. An technisch geschulten und erfahrenen Kräften wird in einer größeren Verwaltung meist kein Mangel sein. Allerdings müssen diese auch kaufmännische Befähigung besitzen, und es muß den Leitenden volle geschäftliche Bewegungsfreiheit gewährleistet sein, wie sie ein Unternehmer seinen bevollmächtigten Ingenieuren gibt. Vielfach schränken die staatlichen Formen, unter denen sich die geschäftlichen Erledigungen zu vollziehen haben, diese Selbständigkeit und die Handlungen des Einzelnen ein. Alles das setzt im übrigen eine vielseitige Befähigung voraus. Die Eigenschaften und Kenntnisse des Konstrukteurs, des Bauleiters und Kaufmanns müssen in einer Person vereinigt sein. Die natürliche Entwicklung nach dem Gesetz der Arbeitsteilung hat eine Trennung geschaffen zwischen Verwaltung und Unternehmung und jedem Teil sein Arbeitsgebiet zugewiesen. Innerhalb der Beamtenschaft eine Gruppierung vorzunehmen, widerspricht der Natur des staatlichen Betriebes, die nicht auf Spezialisierung, sondern auf Allgemeinbildung hinzielt.

Die Beschaffung eines großen Maschinen- und Geräteparks verursacht erhebliche Kosten. Es muß die Möglichkeit gegeben sein, nach Beendigung des Baues diese Ausrüstung an anderer Stelle wiederum verwerten zu können. Das wird in der Staatsverwaltung, die immer Bauausführungen im Gange hat, ebenso tunlich sein wie bei den Unternehmern, die von Baustelle zu Baustelle ziehen. Ungünstiger liegen allerdings diese Verhältnisse für die Städte, Gemeinden oder Genossenschaften.

Man ersieht hieraus, daß es nicht immer ganz leicht sein wird, die Vorbedingungen für eine glatte und wirtschaftlich gerechtfertigte Durchführung des Eigenbetriebes zu sichern.

Zwei Momente können bei Talsperrenbauten bedeutsam für den Eigenbetrieb sprechen: Die Unübersichtlichkeit bei den Gründungsarbeiten und das Wagnis bei Anlage der Steinbrüche. Beide Betriebe nehmen trotz aller Aufmerksamkeit bei Vor-

untersuchungen oft einen ganz unerwarteten Verlauf, wodurch sich die Geschäftslage wesentlich gegen den ersten Anschlag verschieben kann. Der Unternehmer muß seine Deckung für das eingegangene Wagnis in einer entsprechenden Gefahrenprämie suchen. Gewinn oder Verlust können nach der einen oder anderen Seite sehr ausschlagen, unverdient oder unverschuldet. Solche Wagnisse sollten von den starken Schultern der Allgemeinheit getragen werden.

Die Kosten werden sich im allgemeinen bei Eigenbetriebe kaum billiger stellen als bei Unternehmerbau. Eine sorgfältigere Ausführung hat notgedrungen die Aufwendung größerer Geldmittel zur Folge. Man wird die Güte der Arbeit mit den zu erfüllenden Bedingungen in Einklang bringen, aber auch alle weiteren Ausgaben vermeiden müssen, die nicht an der Sache begründet sind. Mancherlei schier unabwendbare, in Zahlen schwer darstellbare Umstände pflegen verteuern auf den Staats- oder allgemein gesprochen, den behördlichen Betrieb zu wirken. Der Eigenbetrieb wird bei sachgemäßer Leitung aber auch nicht kostspieliger auszufallen brauchen als der Unternehmerbau. Noch ein anderer Umstand verdient Beachtung. Vielfach wird es bei Beginn einer Bauausführung erwünscht sein, einen Anhalt über die tatsächlichen Kosten des fertigen Werkes zu erhalten. Dies gelingt durch eine öffentliche Ausschreibung mit ziemlicher Verlässlichkeit, bei Eigenbetrieb ergibt sich diese Übersicht genau erst nach Beendigung des Baues.

Für eine große Verwaltung werden hiernach keine Bedenken entstehen dürfen, den Bau einer Talsperre in Eigenbetrieb zu übernehmen. Ob dies zu geschehen hat, wird der Entscheidung im Einzelfalle unterliegen. Für Städte, Gemeinden, Genossenschaften oder andere kleinere Verbände werden sich die oben erörterten Bedingungen schwerer erfüllen lassen und hier dürfte allgemein die Ausführung durch Unternehmer den Vorzug verdienen.

Es entsteht bei Unternehmerbetrieb die weitere Frage, ob die Vergebung im Ganzen oder eine Trennung in Einzelarbeiten und -lieferungen erfolgen soll. Zur Beantwortung muß man sich die näheren Umstände der Bauausführung vergegenwärtigen. Die Ausführung des Mauerwerks muß nach der Natur dieser Arbeitsleistung sicherlich in einer Hand liegen. Gegenüber dem Kapital der Mauermaße treten die übrigen Teile wesentlich zurück. Der Betrieb der Mauerung hängt mit dem des Steinbruchs enge zusammen; eine Trennung hat meist unliebsame Folgen für den Baufortgang. Die Größe dieses Gegenstandes, dazu die Ausrüstung mit Zufuhrbahnen und Maschinen erfordert eine erhebliche Geldkraft, die auch stoßweise finanzielle Beanspruchungen und Erschütterungen überwinden muß. Die Beschaffung der Baustoffe im großen ermöglicht vorteilhafte Einkäufe und gute Geschäftsverbindungen. Eine größere Bewegungsfreiheit bei der Wahl der Bezugsquellen ist gewährleistet. Alle diese Umstände weisen auf den Großbetrieb hin, aus dem sich auch für den Bauherrn mancherlei Vorteile ergeben. Die Haftung und Verantwortung für die Güte der Arbeiten ist eine klarere. Besonders für eine kleinere Gemeinde wird es immer erwünschter sein, geschäftliche Beziehungen mit einem anerkannten Großunternehmer als mit einer Reihe kleiner Teilhaber zu pflegen.

Bei einer solchen Generalunternehmung gestaltet sich die Geschäftslage sehr einfach und bequem. Die Sorge, daß die Baustoffe alle und immer rechtzeitig zur Stelle sind, fällt für den Bauherrn fort, ebenso viel anderes Beiwerk. Die Güte der Arbeiten und Lieferungen kann bei durchgreifender Aufsicht ausreichend gewahrt werden. Immerhin wird bei einem solchen Verfahren zwischen dem Erzeuger der Waren und

dem Abnehmer ein Zwischenglied eingeschaltet. Das bringt meist vermehrte Kosten und gibt Raum zu verschiedenen Auffassungen über die Forderungen, die an die Güte der Baustoffe zu stellen sind. Daraus entspringen leicht Verdrießlichkeiten auf der Baustelle. Bei unmittelbarem Bezug seitens des Bauherrn sind die Bedingungen einer zweifelsfreien Beschaffenheit der Materialien leichter zu erfüllen. Es ist daher auch in dem Falle, daß die gesamten Arbeiten des Talsperrenbaues an einen Großunternehmer verdungen werden, eine Abtrennung der Lieferung der Baustoffe und der Ausrüstungsgegenstände wie Eisenkonstruktionen, Rohrleitungen, Schieber usw. zweckmäßig. Die Macht des Großkapitals wird überdies etwas gemildert. Die Zerlegung in Einzellohn erweitert den Kreis der Bewerber. Daraus erwächst für den Bauherrn der Vorteil, je nach dem Ergebnis der Ausschreibung die niedrigsten Gesamtkosten zu erzielen, und daneben kommt das soziale Moment zur Geltung, auch mittleren und kleineren Gewerbetreibenden Arbeitsgelegenheit zu verschaffen. Eine Ausnahme sollte die Steinlieferung bilden. Zwar vollzieht sich auch hierbei die Auswahl guter Bausteine glatter, wenn der Bauherr die Steinbrüche anlegt, immerhin überwiegt die Forderung, Mauer- und Steinbruchbetrieb in einer Hand zu belassen. Man könnte erforderlichenfalls die Steingewinnung nach der gebrochenen Masse vergeben, aber die Auswahl dem Bauherrn vorbehalten.

Es ist nach diesen allgemeinen Darlegungen nicht ohne Interesse, sich zu vergegenwärtigen, wie diese Fragen bisher in der Praxis gelöst wurden. Die meisten der älteren deutschen Talsperrenbauten sind in Großunternehmung nach öffentlicher Ausschreibung ausgeführt worden. Die Vergabe umfaßte fast sämtliche Arbeiten und Lieferungen bis zur vollständigen Fertigstellung des Bauwerkes. Selbst die Lieferung der Eisenteile Schieber und Rohrleitungen war meist der Generalunternehmung übertragen, die Verrechnung erfolgte nach Einzelpreisen. Dies geschah z. B. beim Bau der Talsperren an der Bever- und Lingese, Ennepe, Henne, Neye, Solingen, Nordhausen, Marklissa usw. Alle bisherigen Talsperren in Rheinland und Westfalen sind von Gemeinden oder Genossenschaften erbaut worden, so daß dieser Weg unter den obwaltenden Umständen als der gegebene bezeichnet werden muß. Bei den großen schlesischen Sperren waren die Felsarbeiten von den Mauerarbeiten getrennt vergeben worden. Auch die Waldecker Talsperre des preußischen Staates ist im Großbetrieb verdungen. Fast stets war mit der Mauerung die Gewinnung der Steine verbunden. Vereinzelt ist die Baustofflieferung ausgeschieden worden. Es ist hierzu besonders in der neueren Zeit Neigung vorhanden gewesen. In Eigenbetrieb seitens der staatlichen Verwaltung sind zum Teil die Vogesentalsperren erbaut. Fast allgemein war die Sorge für die Unterbringung der Bauarbeiter den Unternehmern überlassen. Eine Ausnahme bildet der Talsperrenbau von Mauer, bei dem die Verwaltung Baracken errichtete.

Neue Wege sind beim Bau der Kataraktsperre in Australien und der Mölmatalperre beschritten worden. In Australien war zunächst die Materiallieferung von den eigentlichen Bauarbeiten getrennt worden. Die vorbereitenden Arbeiten wie Anlage der Zufuhrwege und Gleisbahnen, die Offenlegung der Steinbrüche, Vorbereitung der Gründung, Herrichtung des Bauplatzes, sowie die Abräumung des Talbeckens wurden in Tagelohn von der Verwaltung ausgeführt. Vor allem aber ist bemerkenswert, daß die gesamte Maschinenanlage (s. S. 445) von der Regierung mit einem Kostenaufwande von 660 000 Mk. eingerichtet wurde. Der Zweck war, den Kreis der Wettbewerber zu erweitern, da wenig kapitalkräftige Leute nicht in der Lage sind, eine so umfangreiche Ausrüstung der Baustelle selbst zu beschaffen. Die Betriebseinrichtungen wurden leih-

weise an den Unternehmer hergegeben. Genaue Vorschriften waren für deren Betrieb und die Unterhaltung von der Regierung erlassen. Die Maschinen sollen in vorzüglicher Verfassung zurückgegeben sein. Die Übernahme der Gründungsarbeiten und der erste Ausbau der Steinbrüche sollte den Unternehmer von Gefahren der Hochfluten und sonstigen Wagnissen freihalten. Für die Unterkunft der Arbeiter hatte die Verwaltung Baracken erbaut, ein Gesundheitsdienst war auf der Baustelle eingerichtet, der Verkauf von alkoholischen Getränken verboten¹⁾.

In ähnlicher Weise ging man beim Bau der Möhnetalsperre vor. Die Bruchsteine, Zement, Sand und Traß wurden seitens des Bauherrn beschafft. Die Arbeiten waren in zwei Lose geteilt. Das erste Los umfaßte die Arbeiten zur Umleitung des Wassers (s. S. 448), den Bau des Stollens und die Ausschachtung der Baugrube, das zweite Los die Herstellung der Sperrmauer. Die Einrichtung des Mörtel- und Kalkrührwerks mit den zugehörigen Schuppen, der zum Bau gehörigen Kraftanlage und der Pumpanlage war von der Verwaltung getroffen. Der Antrieb der Maschinen erfolgte elektrisch, aus einem zentralen Kraftwerk, das zum Teil mit Wasserkraft (60 PS), zum Teil mit Dampfkraft (160 PS) versorgt wurde. Diese Einrichtungen wurden dem Unternehmer kostenlos zur Verfügung gestellt. Den Betrieb hatte der Unternehmer. Die gute Unterhaltung der Anlagen wurde durch eine jährliche Untersuchung überwacht. Die Entschädigung des Bauherrn für alle diese Aufwendungen lag in dem niedrigen Mauerwerkspreise des Unternehmers (s. § 83).

Das Vorgehen in beiden Fällen ist ein verwandtes, die Beweggründe waren aber verschieden. In Australien war das sozialpolitische Bestreben treibend, die Kleinunternehmer zu fördern, an der Möhne sollte die Beschaffung der Baubetriebseinrichtungen durch die Verwaltung den Baufortgang beschleunigen.

Besondere Bedingungen für den Bau der Talsperre der Stadt Nordhausen a./Harz.

§ 1.

Gegenstand des Unternehmens ist die Ausführung einer Talsperre im Langen Tale bei Neustadt im Kreise Ilfeld. Die Ausführung soll nach den Plänen Blatt, nach dem Erläuterungsbericht vom Oktober 1903, nach den allgemeinen beigehefteten Bedingungen und nach den Angaben im Angebotsverzeichnis in vorzüglichem Mauerwerk fest und dicht im wesentlichen aus Bruchsteinen und Traßmörtel erfolgen.

§ 2.

Innerhalb 3 Wochen nach Zuschlagserteilung hat der Unternehmer seine Arbeiten mit dem Anshub der Baugruben, mit den Betriebseinrichtungen auf der Baustelle der Sperrmauer und mit der Herstellung der Wege und Transportbahnen für die Anfuhr der Materialien zu beginnen. Rechtzeitig ist der Steinbruch zu erschließen und dafür Sorge zu tragen, daß ein möglichst großer Vorrat an Bruchsteinen, etwa für sechswöchigen Mauerbedarf, gewonnen wird.

Auch sind gleichzeitig, sobald die Witterung dies gestattet, die Kalkgruben anzulegen und alle Betriebseinrichtungen zu treffen, sowie die erforderlichen Materialien herbeizuschaffen, um bei Eintritt günstigen Wetters nach Fertigstellung der Baugrube mit dem Mauern der Talsperre in den ordnungsmäßig ausgesprengten und trocken gelegten tiefsten Teilen der Baugrube beginnen zu können. Alle Arbeiten sind so zu fördern, daß sie spätestens bis zum betriebsfähig zur Ablieferung gelangen, wenn der Zuschlag bis zum erteilt wird.

Während derjenigen Monate, in denen andauernd Frost zu erwarten steht, darf nicht gemauert werden (im allgemeinen von Anfang November bis Ende März). Freiliegender Verputz, der durch Frost leicht beschädigt werden könnte, darf in der Zeit von Ende September bis Ende April nicht hergestellt werden. Alles Mauerwerk, welches überwintern muß, bevor es vollständig fertiggestellt

¹⁾ Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. London Bd. 178 Sess. 1908/09 Teil IV.

ist, muß in besonders sorgfältiger Weise durch Sandschüttung von mindestens 20 cm Stärke oder Stroheckung mit Dielung und dichter Papplage, die durch Steine genügend zu belasten sind, gegen die Witterung geschützt werden. Durch Frost beschädigte Mauerteile müssen, bevor weiter gemauert wird, abgebrochen werden.

Sollte ein ungleiches oder zu starkes Setzen des Mauerwerkes der Bauleitung Veranlassung geben, die Mauerarbeiten an der Talsperre auf kurze Zeit ganz einstellen zu lassen, was der Unternehmer binnen 8 Tage nach erfolgter schriftlicher Anzeige zu bewirken hat, so soll dem Unternehmer, ohne daß er irgendeinen Anspruch auf Schadenersatz für diese Unterbrechung zu beanspruchen hat, der Ablieferungstermin wie folgt, festgesetzt werden: Um soviel Wochen als der Unternehmer wegen der vorher genannten erforderlichen Unterbrechung des Mauerns die Arbeiten hat einstellen müssen soll ihm der Ablieferungstermin verlängert werden.

Acht Tage nach erfolgter Anzeige, daß das Setzen des Mauerwerks kein Bedenken in betreff der Fortsetzung der Arbeiten mehr hervorruft, hat der Unternehmer wieder mit dem Mauern zu beginnen. Hierbei entstandene, kleine Risse sind durch Abbruch der betreffenden Mauerteile und durch Ersatz derselben ordnungsmäßig zu schließen, bevor weiter gemauert wird, worüber in jedem Falle den besonderen Anweisungen der Bauleitung Folge zu geben ist. Es wird hierbei bemerkt, daß eine solche Unterbrechung der Arbeit an den bisherigen Talsperrenauführungen im Rheinland und Westfalen nicht notwendig geworden ist. Für jede Woche, um welche der nach obigen Vorschriften sich ergebende Termin bis zur völligen Ablieferung aller vom Unternehmer zu leistenden Lieferungen und Arbeiten überschritten wird, hat der Unternehmer eine sofort fällige Vertragsstrafe von 500 Mark zu zahlen, die ihm von seinem Guthaben bei der Abrechnung in Abzug zu bringen ist.

§ 3.

Die nach § 26 der allgemeinen Bedingungen von dem Unternehmer zu bestellende Kautions wird auf die Summe von 20000 Mark, in Worten: festgesetzt.

Nach der Abnahme haftet der Unternehmer noch ein Jahr, vom Tage der Abnahme der Arbeiten bzw. Lieferungen an gerechnet, für die Güte der von ihm ausgeführten Arbeiten und der dazu gelieferten Materialien. Alle Mängel und Fehler, welche in dieser Zeit entdeckt werden und in der Arbeit oder dem Materiale ihren Grund haben, hat der Unternehmer sofort unentgeltlich zu beseitigen, auch etwa verlangte Neubeschaffungen zu besorgen. Läßt derselbe die ihm dazu gesetzte Frist verstreichen, ohne dem Verlangen des Verdingers nachgekommen zu sein, so kann letzterer die Abhilfe der Mängel und Fehler sofort durch andere besorgen lassen und die dadurch entstandenen Kosten von dem Unternehmer wieder einziehen bzw. sich an der Sicherheitssumme schadlos halten (vgl. auch § 25 der allgemeinen Bedingen).

§ 4.

Abschlagszahlungen werden nicht unter 15000 Mark gewährt. Bleibt der Unternehmer mit seinen Arbeiten im Hinblick auf den Endtermin im Rückstande, so werden die Abschlagszahlungen nach dem Ermessen der Bauleitung so lange eingestellt, bis der Unternehmer durch das Fortschreiten der Arbeiten die Gewähr bietet, den Endtermin innezuhalten.

§ 5.

Bei Beginn der Arbeiten hat der Unternehmer einen Arbeitsplan vorzulegen, aus welchem die Innehaltung des Termines deutlich hervorgeht. Nach diesem Arbeitsplane wird die Bauleitung den Fortschritt der Arbeiten prüfen. Der Unternehmer hat sich jedes Mal bei der Inangriffnahme neuer Arbeiten mit dem Bauleitenden in Verbindung zu setzen, um etwaige Abweichungen vom Entwurf rechtzeitig berücksichtigen zu können, da die sonst etwa entstehenden Mehrkosten allein dem Unternehmer zur Last fallen. Auch behält sich die Bauleitung das Recht vor, Änderungen des Entwurfs und der Art der Ausführung desselben noch während der Ausführung der Arbeiten vornehmen zu dürfen, ohne daß Unternehmer hieraus Ansprüche auf Schadenersatz machen kann; es gelten hierbei lediglich die vereinbarten, bzw. noch zu vereinbarenden Einheitssätze. Während der Bauausführung hat sich der Unternehmer über alle auf der Baustelle zu treffenden Maßnahmen mit dem zuständigen Bauleitenden vorher zu verständigen und persönlich, so oft als dies von letzterem gewünscht wird, auf der Baustelle anwesend zu sein. Ein etwaiger Vertreter des Unternehmers muß bevollmächtigt sein, bindende Verabredungen zu treffen. Insbesondere darf der Unternehmer einmal vereinbarte Maßnahmen nicht willkürlich unterlassen oder abändern, ist vielmehr gehalten, sich vorher von neuem mit dem zuständigen Bauleitenden in Verbindung zu setzen, falls solche Änderungen erforderlich scheinen.

§ 6.

Über den Fortgang der Arbeiten hat der Unternehmer bis zum 25. jeden Monats einen Bericht einzureichen, welcher für den laufenden Monat die in Tätigkeit gewesenen Arbeitskräfte, nach ihrer Beschäftigung getrennt, nachweist und eine Zusammenstellung der bewirkten Leistungen und Lieferungen enthält. Im übrigen hat der Unternehmer auf Erfordern der Bauleitung jederzeit die gewünschten Angaben über Zahl der Arbeitskräfte und ähnliche Daten zu machen, welche für die Aufstellung der laufenden Tagesberichte notwendig sind.

§ 7.

Die Ausführung der in Rede stehenden Arbeiten und Lieferungen muß sowohl nach den Regeln der Kunst, als auch mit aller Sorgfalt genau nach den dem Unternehmer übergebenen Bauzeichnungen, sowie nach besonderer Anordnung des bauleitenden Beamten erfolgen, wobei der Unternehmer jedoch für die Sicherheit des Arbeitsbetriebes unbedingt verantwortlich bleibt. Von dem Gesichtspunkte aus, ein durchaus dichtes und dauerhaftes Mauerwerk zu erzielen, hat der Unternehmer alle Lieferungen, alle Arbeiten und alle Vorrichtungen zur Ausführung desselben einzurichten. In diesem Sinne wird auch von der Bauleitung die Überwachung der Ausführung beständig und in allen Teilen ausgeübt werden. In demselben Sinne wird auch der mit der staatlichen Beaufsichtigung betraute Baubeamte die Ausführung der Talsperre prüfen und im Auftrage der Staatsbehörde, bzw. über die Anordnung der Bauleitung hinausgehende Anforderungen stellen, wenn die Staatsbehörde für die Sicherheit der Anlage dies als notwendig erachten sollte. Der Unternehmer ist verpflichtet, diesen von der Bauleitung ihm kundgegebenen Anordnungen Folge zu leisten.

§ 8.

Der Aushub des Bodens hat derart zu geschehen, daß auf dem von Letten und Geröll bloßgelegten Felsen ein Streifen von 1,0 m Breite vom Fuße der Mauer bis zum Fuße der unteren, etwa unteren 45° gegen den Horizont geneigten Böschung des Erdreiches freigelassen und am Fuße der Böschung entlang ein Sammelgraben hergestellt wird, welcher das Sickerwasser aus dem Geröll abfängt und dem Pumpbrunnen, der zur Trockenhaltung der Baugrube dienen soll, derart zuführt, daß die freigelegte Fundamentsohle ohne Wasserandrang von den Seiten oder von unten her trocken gehalten werden kann. Der Schutz der hergestellten Böschung gegen etwaiges Einrutschen bleibt Sache des Unternehmers, wobei es ihm anheim gegeben wird, in seinem Interesse in der Baugrube etwas steilere Böschungen anzuwenden, als sie vorstehend angegeben sind; jedoch hat der Unternehmer auf alle Fälle dafür zu sorgen, daß die Sammelröhren für Sickerwasser am Fuße der Böschung der Baugrube stets von allen nachrutschenden Bodenmassen frei gehalten werden. Diese Art des Aushubes wird der endgültigen Abrechnung zugrunde gelegt.

Die gesamte Wasserhaltung, einschließlich sämtlicher Rohrleitungen und Gräben, ist Sache des Unternehmers. Für etwaige Störungen des Baubetriebes oder Schädigung durch Hochwasser des Krebsbaches können Ansprüche nicht erhoben werden. Es ist Sache des Unternehmers, durch entsprechende Maßnahmen sich hiergegen zu schützen.

Wenn es wegen des in die Fundamentsohle etwa zudringenden Wassers erforderlich wird, so soll die im Entwurfe vorgesehene Aussprengung des festen Felsens bis zur Fundamentsohle herab um 0,5 cm breiter ausgeführt und daselbst das Sickerwasser in Röhren gesammelt werden. Diese mit nach oben gerichteten Stützen und, soweit erforderlich, mit offenen Fugen zu versehenen, etwa 10—15 cm weiten glasierten Tonrohre, aus denen während der Ausführung des Mauerwerks das zudringende Wasser fortzupumpen ist, sollen zwischen den Außenflächen der Mauer und der Felswand in Beton fest umstampft werden. Nach genügender Erhärtung dieses Betons sind durch die Stützen hindurch, welche in 3—4 m Entfernung voneinander anzuordnen sind, die Tonrohre in Zement zu vergießen, nachdem alles Mauerwerk vollständig erhärtet ist.

Guter Lehm und Tonboden, welcher aus der Baugrube ausgehoben wird, ist so zu lagern, daß er nach Fertigstellung der Mauer und der Abdichtung derselben an der Wasserseite wieder in dünnen Lagen auf 1½—2 m Dicke an der Wasserseite eingestampft werden kann. Mit Humusschichten darf der Ton nicht in Berührung kommen und nicht vermisch werden, und darf überhaupt der Humus nicht wieder zur Hinterfüllung benutzt werden, sondern ist außerhalb des Sammelbeckens in passender Entfernung vom Mauerwerk nach späterer Angabe in der Geländeoberfläche zur Ablagerung zu bringen. Geröll- und Steinmaterial sind in der Böschungsanschlüttung derart zu verwenden, daß das gröbere Steinmaterial, als rauher Steinsatz zurechtgepackt, die äußere Böschungsfäche bildet. Wenn das Aushuberdreich nicht genügend Material an Lehm und Ton für die unmittelbare Hinterstampfung der Mauer liefern sollte, so ist dasselbe von einer im Staubeckenbereiche angewiesenen Stelle zu entnehmen.

Über die vorteilhafteste Verteilung der aus dem Fundamentaushub stammenden Boden- und Felsmassen erfolgt von der Bauleitung nach Maßgabe des Befundes mit Rücksicht auf möglichst dichte und feste Hinterstämpfung der Talsperre nähere Bestimmung bei der Ausführung. Das Fundament der Sperrmauer ist nach Angabe der Zeichnungen 2—2 $\frac{1}{2}$ m tief in den Fels eingreifend angenommen und soll sich auf feste Felsschichten setzen. Je nach dem Befunde des Felsens wird die Bauleitung daher bei der Ausführung die etwa erforderlichen Abweichungen von dem geplanten Eingriffe angeben.

Die Gründungssohle soll nach Maßgabe der Zeichnung, soweit dies praktisch durchführbar ist, in Absätzen hergestellt werden, welche es gestatten, die Mauerung in solchen Schichten auszuführen, daß dieselben nahezu rechtwinklig zu den resultierenden Kräften im Innern des Mauerwerks gerichtet sind. Nachdem der Fels bis auf entsprechende Tiefe ausgehoben ist, ist die Fundamentgrube in den Klüften durch Ausspritzen unter Druck von wenigstens 15 m Wassersäule zu reinigen und im ganzen sorgfältig abzuwaschen. Die durch Ausspritzen entstandenen Höhlungen der Klüfte sind mit Zementmörtel aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und $\frac{1}{2}$ Teil Traßmehl auszugießen. Die Vergütung hierfür ist in dem Preise des Mauerwerks mit enthalten. Eine Wasserströmung in der Gründungsgrube darf hierbei und beim Mauern nicht stattfinden, was durch die vorherbeschriebene Art des Wasserschöpfens aus genügend tief anzulegenden Sammelbrunnen oder durch sonstige geeignete Hilfsmittel zu bewirken ist. Um mit dem nötigen Druck die Felsoberfläche und die Bruchsteine abspritzen zu können, sind an den Talhängen in entsprechender Höhe genügend große Wasserbehälter anzulegen und mit reinem Wasser gefüllt zu halten.

Sollten an einzelnen Stellen kleinere Quellen sich finden, so sind dieselben in geeigneter Weise durch senkrechte glasierte Tonröhren von etwa 10 cm Lichtweite zu fassen und mit dem um dieselben herum auszuführenden Mauerwerk hochzunehmen. Nach genügender Erhärtung des Mauerwerks sind diese Röhren, sobald der Wasserandrang aufhört, in geeigneter Weise mit Zementmörtel 1:2 auszugießen. Die Bauleitung hält sich das Recht vor, anzuordnen, daß einzelne Quellen durch glasierte Tonröhren besonders gefaßt und weiter hochgeführt oder unschädlich nach einem Betriebsstollen abgeleitet werden.

Der Krebsbach, welcher die Baugrube kreuzt, ist vor Beginn der Gründungsarbeiten durch ein geeignet großes, freitragendes oder nur mit wenigen Mittelstützen versehenes Gerinne über die Baugrube zu leiten. Um dies in unschädlicher Weise tun zu können, muß das Gerinne genügend groß sein, um nachweislich selbst die Hochwassermengen des Krebsbaches fassen zu können, welche bis auf etwa 6 cbm sekundlich bei außergewöhnlich hohem Hochwasser anwachsen können, während das Mittelwasser nur etwa 100—150 Liter in der Sekunde beträgt.

Gleichzeitig mit dem Gerinne ist eine Rohrleitung von 250 mm Durchmesser für die Trinkwasserversorgung der Stadt über die Baugrube hinwegzuführen. Diese Leitung beginnt 400 m talauf, von der Mauer als Tonrohrleitung von 250 mm lichter Weite und mündet 250 m unterhalb derselben in die vorhandene Sickerkanalleitung ein. Über die Baugrube hinweg sollen eiserne Rohre von 250 mm lichte Weite zur Verwendung gelangen, die von der Verwaltung geliefert und verlegt werden. Dieser Strang soll von dem Gerinne mitgetragen werden. Die Anschlüsse an die Tonrohrleitung hat der Unternehmer auszuführen. Im übrigen hat die Verlegung der Tonrohre so zu geschehen, daß nach den angegebenen Höhenmarken ein durchaus geradliniges Gefälle hergestellt wird. Die Muffen sind mit Teerstricken zu dichten und mit einer Asphaltmischung, bestehend aus 1 Teil Goudron und 1 Teil Mastix zu vergießen. Die Tonrohre müssen aus feuerfestem Ton, gut gedreht, scharf gebrannt und auf ihrer ganzen, inneren und äußeren Oberfläche mit einer gleichmäßigen säurefesten Salzglasur überzogen sein. Das Aussehen darf keine Risse, Höhlungen und Blasen zeigen, beim Anschlagen müssen die Rohre hell klingen. Die Tonrohre müssen freiliegend einen äußeren reinen Scheiteldruck von 1000 kg und einen inneren Druck von 1 kg/qcm ertragen. Der Einlauf der Leitung ist nach besonderer Angabe auszuführen. Der Aushubboden ist sorgfältig einzustampfen, das etwa übrig bleibende Material ist nach Anweisung bis auf 200 m Entfernung abzulagern.

Unvermeidliche Unebenheiten der Felssohle sind, soweit es wegen des guten Ansetzens der Mauerschichten in der vorhin angegebenen Richtung erforderlich ist, durch Beton aus 1 Teil Zement, 3 Teilen Sand, $\frac{1}{2}$ Teil Traß und 6 Teilen Kleinschlag aus Grauwacke oder gleich festem Gestein in den erforderlichen Absätzen auszugleichen. Dieser Beton muß täglich geüßt werden und hinreichend erhärtet sein, bevor mit dem Mauern begonnen wird.

Die Verwendung von Sprengstoffen ist nur zulässig, wenn das gelockerte Gestein, soweit die bei der Sprengung etwa im Gestein entstehenden Risse sich fortsetzen, mittels Brechstange, Hacke

und Keile entfernt wird. Im allgemeinen ist anzustreben, die Baugrube ohne die Verwendung von Sprengstoffen herabzutreiben.

Die Kosten für die die Mauerung vorbereitenden Arbeiten, wie die Reinigung der Felssohle, Ausgießen der Risse und die Quellsfassung sind in den Einheitspreisen für die Herstellung des Mauerwerks mit enthalten.

§ 9.

Mit der Ausführung des Mauerwerks darf nicht eher begonnen werden, als bis die Felssohle von der Bauleitung gut geheißen und ihre Höhenlage festgestellt ist.

Die Ausführung des Mauerwerks soll in vorzüglich rein gewaschenem, und genäßtem Bruchsteinmaterial und mit durchaus vollen Fugen in einem Traßmörtel hergestellt werden, der aus 1 Teil Kalkbrei, $1\frac{1}{2}$ Teilen bestem Plaidter Traßmehl und $1\frac{3}{4}$ Teil gewaschenem Flußsand (Quarzsand) zu bestehen hat. Die Bauleitung behält sich vor, vorzuschreiben, daß in der Außenfläche der Mauerung an der Luftseite und der Verblendmauer an der Wasserseite die äußeren Schichten in einem Mörtel versetzt werden, der zur Hälfte aus Zementmörtel (1 Teil Zement und 2 Teile Quarzsand) und zur Hälfte aus Traßmörtel (1 Teil Kalkbrei, $1\frac{1}{2}$ Teile bester Plaidter Traß und $1\frac{3}{4}$ Teile gewaschener Flußsand) zu bestehen hat.

Die Ausführung soll in vollen Fugen von möglichst geringer Dicke geschehen. Solange der Mörtel noch hierzu weich genug ist, müssen an der Luftseite die Fugen mit dem Fugeneisen derart fest und glatt ausgestrichen werden, daß ein späteres Abblättern des Mörtels dieser Fugen sicher verhindert wird und andererseits ein späteres Auskratzen und Ausfugen unterlassen werden kann. Die Lagerfugen der Bruchsteine sollen möglichst geringe Dicke haben, die Stoßfugen sind durch Abhauen größerer spitzwinkliger Vorsprünge der Steine ebenfalls möglichst klein zu halten; im übrigen sind hier alle unvermeidlichen größeren Lücken, nachdem dieselben mit Mörtel vollkommen ausgefüllt, bzw. die Steine in Mörtel satt versetzt sind, mit Steinstücken so durch Hammerschläge auszuzwicken, daß eine feste Verspannung aller Steine im Innern gesichert ist und bei durchaus vollen Fugen im ganzen kein größerer Verbrauch an Mörtel stattfindet, als etwa $\frac{1}{3}$ des ganzen Mauervolumens entspricht. Auszwickungen in der Ansichtsfläche sind nicht zulässig.

Die Steine sind auf dem Mauerwerk durch besondere Einrichtungen so zu bewegen und die Arbeiter so anzustellen, daß eine Lockerung und Beschmutzung des fertigen Mauerwerks nicht eintreten kann. Durch hölzerne Unterlagen, Gleitbahnen usw. ist das frische Mauerwerk vor Erschütterungen zu schützen. Der Unternehmer hat allen entsprechenden Anordnungen der Bauleitung unweigerlich Folge zu leisten.

Der Unternehmer hat versetzbare Bedürfniseinrichtungen zu treffen und durch strenge Handhabung von Vorschriften deren Benutzung derart zu sichern, daß kein Arbeiter durch Verrichtung seines Bedürfnisses die Güte des Mauerwerks beeinträchtigt.

Für die Ausführung des oberen Teiles der Sperrmauer, des Putzes und des Verblendmauerwerks an der Wasserseite ist ein durchaus sicheres Fördergerüst an der Wasserseite zu errichten.

Während die Ausführung des Mauerwerks an den tiefsten Stellen jedes Profils und zunächst in der Mitte der Talsperre am tiefsten Punkte zu beginnen und gleichmäßig nach beiden Seiten hin fortzuschreiten hat, soll in jedem Querschnitt, sobald die oberste gekrümmte Schicht an der Wasserseite bis zur Oberfläche des Felsens angelangt ist, an der Wasserseite zunächst hochgemauert und dann in den ansteigenden Schichten nach der Luftseite hin fortgeföhren werden, um der Bildung von Rissen im Innern des Mauerwerks vorzubeugen. Die Höhenunterschiede in den nebeneinander ausgeführten Mauerteilen, über einer Schichtfläche gemessen, dürfen im Interesse eines gleichmäßigen Setzens und der Verhinderung feiner Risse 1,5 m nicht überschreiten, und es sind überall im Verbande abgesetzte, nicht zu steile Abtreppungen (etwa 1:1) für den Anschluß des Nachbarmauerwerks stehen zu lassen. Die Mauer ist bei der Ausführung täglich mehrmals in der Oberfläche und in der Außenfläche reichlich zu nassen, so daß der in der Erhärtung begriffene Mörtel eine graubraune Farbe behält.

Nach der Wasserseite hin erhält die Bruchsteinmauerung in dem oberen nicht durch die Bodenhinterfüllung gegen die Einwirkungen des Wassers und der Luft geschützten Außenflächen eine nahezu senkrecht verlaufende Verzahnung, deren Vorsprünge und Formen nach Zeichnung auszuführen und nach vollständigem Setzen des Mauerwerks mit einem mindestens 25 mm dicken Zementtraßverputz zu versehen sind. Dieser Zementtraßverputz ist aus 1 Teil Zementmörtel (1 Teil Zement und 2 Teile Sand) und $\frac{1}{3}$ Teil Traßmörtel (1 Teil Kalkbrei, $1\frac{1}{2}$ Teile Plaidter Traßmehl und $1\frac{1}{2}$ Teile Sand) herzustellen und in der Oberfläche durch einen feinen Zementmörtelüberzug (1 Teil Zement und 1 Teil Sand und $\frac{1}{3}$ Teil Traß) glatt und dicht abzureiben.

Derselbe Verputz soll auch für den unteren nicht mit Verzahnung versehenen Teil der Außenfläche der Bruchsteinmauerung an der Wasserseite bis auf die Felsoberfläche und noch etwa 50 cm breit über die mit Beton ausgeglichene anschließende Felsoberfläche hinweg greifend zur Anwendung kommen. Bevor dieser Verputz auf die genannten Flächen gebracht wird, müssen deren Fugen auf mindestens 30 mm Tiefe ausgekratzt, bzw. ausgemeißelt, gereinigt und genäßt werden, damit der Verputz innig mit dem Mauerwerk verbunden wird. Die Oberfläche des Verputzes soll nach Erhärtung und Trocknung desselben, die gegebenenfalls in vorsichtiger Weise künstlich zu bewirken ist, mit einem zweimaligen dichtenden Anstrich aus Siderosthen oder einem nachweislich mindestens ebensogut dichtenden und anhaftenden Dichtungsmittel gestrichen werden. Den Nachweis hierzu hat der Unternehmer auf seine Kosten durch Versuche auf der Baustelle zu erbringen. Der Anstrich soll bei Hitze nicht treiben und bei Kälte und Feuchtigkeit nicht abblättern.

Die Ausmauerung der Verzahnung in Bruchsteinen an der Wasserseite muß unter Zusatz von Zementmörtel ($\frac{1}{2}$ Teil Zementmörtel, $\frac{1}{2}$ Teil Traßmörtel) geschehen, um eine schnelle Erhärtung zu erzielen. Die Ausmauerung darf nicht schneller vor sich gehen, als die Erhärtung dies gestattet, ohne ein meßbares Setzen der Ausmauerung zu zeigen. Zur Messung aller beim Setzen eintretenden Erscheinungen hat der Unternehmer etwa 60 besondere verzinkte Eisenmarken zu liefern und nach näherer Angabe an der Luft und an der Wasserseite einzumauern und in geeigneter Weise gegen Beschädigungen oder Verschiebungen sicher zu schützen. Von dem Verlaufe des Setzens wird die Schnelligkeit im Fortschreiten des Mauerns abhängig gemacht werden müssen.

Die Bekrönung der Mauer in Hausteinen und Bruchsteinen, in Traßmörtel mit Zementzusatz und mit Zementausfugung ist nach Zeichnung äußerst sauber auszuführen. Ferner ist die Herstellung der Fahrbahn in bestem Gußasphalt (1 Gewichtsteil Goudron + 15 Gewichtsteile Mastix + 7 Gewichtsteile Perlkies) in zwei Schichten von je 15 mm Dicke auf der Krone der Mauer nach besonderen, noch aufzustellenden Bedingungen herzustellen und in allen Anschlüssen, sowie im ganzen so dicht zu machen, daß dauernd das Eindringen des Tagewassers verhindert wird. Der Asphalt darf daher nirgends stumpf an durchgehende Steinflächen stoßen, sondern muß in entsprechende Falze eingreifen. Die Bauleitung behält sich die Entscheidung darüber vor, ob statt des Gußasphaltes eine Lage von Stampfasphalt von mindestens 4 cm Dicke ausgeführt werden soll.

Im Innern der Mauer sollen nahezu in senkrechten Ebenen nach Zeichnung Entwässerungsröhren von 50–60 mm Lichtweite eingemauert werden, um alles etwa eindringende Sickerwasser abzufangen und nach unten abzuleiten, wo es in Sammelröhren aus glasiertem Ton von 100 mm Lichtweite den beiden Stollensohlen in der Mauer zugeführt werden soll. Bei der Ausführung ist besondere Sorgfalt darauf zu verwenden, daß diese Sickerröhren nirgends durch Mörtel oder Steinstücke verengt oder verstopft werden, oder daß die Rohre selbst beschädigt werden. Jedes eingelegte Rohr ist daher am oberen Ende sofort nach dem Einsetzen mit einem Stöpsel zu versehen, der erst entfernt wird, wenn das folgende Rohr aufgesetzt werden soll.

Die beiden durch die Sperrmauer hindurchgehenden Rohrstollen sind in äußerst sorgfältiger Weise nach Zeichnung in Zementtraßmörtel auszuführen, sehr kräftig zu überwölben und innen mit einem Putz von mindestens 1 cm Dicke zu überziehen. An der Wasserseite sind diese Rohrstollen nach Zeichnung in Ziegelmauerwerk und Zementtraßmörtel abzumauern. Die Abmauerung des Rohrstollens besteht aus 3 Ringteilen. Die einzelnen Ringteile sind besonders aufzumauern und mit einem gleichen Verputz wie für die Wasserseite der Mauer zu versehen und mit Siderosthen zweimal zu streichen. Auf eine durchaus sorgfältige und dichte Herstellung dieses Ziegelmauerwerks aus nur besten Materialien und besonders hartgebrannten und wenig Wasser aufnehmenden Hartbrandbacksteinen ist Bedacht zu nehmen. Die Steine sind in durchaus reinem Zustande und gut angenäßt in ein volles Mörtelbett zu legen und mit der Hand kräftig gegen die bereits liegenden Steine anzudrücken, sodaß der Mörtel aus allen Fugen voll herausquillt. Durch die Abmauerungen sollen die in der Zeichnung angegebenen Rohre durchaus dicht schließend hindurchgehen.

Bei der Abrechnung wird der Leerraum der Rohrstollen, soweit sie innerhalb der Sperrmauer liegen, und der Hohlraum der eingemauerten Rohre nicht in Abzug gebracht werden. Andererseits wird für die Anwendung des Zementtraßmörtels, der auszusuchenden und zum Teil zu bearbeitenden Wölbesteine und die Gewölberüstungen eine besondere Vergütung nicht gewährt. Dasselbe gilt von den Wehröffnungen an der Krone der Mauer. Auch diese werden nach dem vollen Mauerquerschnitt abgerechnet, ohne daß eine besondere Vergütung für die Abrundung des Rückens in Bruchsteinquadern, der Pfeiler in Quadern (ohne Abdeckplatten) eintritt. Für die Betondecken wird ein Zuschlag gewährt. Die Sohlen der beiden Rohrstollen sollen durch glasierte Tonröhren von

150 mm Durchmesser nach der Bachsohle hin entwässert werden. Die Rohrstollen werden an der Luftseite durch die in der Zeichnung angegebenen Schieberhäuschen begrenzt und zugänglich gemacht. Nach besonderen Plänen werden die Wände derselben in Bruchsteinmauerwerk ausgeführt, die Ecken und Abschlüsse mit Quadern eingefasst.

Das Versetzen aller Werksteine hat mit Sorgfalt derart zu geschehen, daß Beschädigungen der Kanten und Ecken vermieden werden. Beschädigte Steine sind durch andere unversehrte zu ersetzen. Über die Art des Versetzens erfolgt jeweilig besondere Anweisung. Die Mörtelmischung besteht aus 1 Teil Zement und 1 Teil feinem Sand. Die hammerrechten Bruchsteine der Bänder, Lisenen und Wehrpfeiler sind, falls der Stein sich hierzu eignen sollte, aus Porphyrit ohne besondere Vergütung herzustellen, vgl. § 10.

Die endgültige Abnahme der Werk- oder Hausteine erfolgt erst, nachdem sie verlegt und erforderlichenfalls nachgearbeitet sind. Der für die Abrechnung maßgebende kubische Inhalt wird bei den parallelepipedisch geformten Werkstücken nach den bei ihrer Versetzung wirklich vorhandenen Längen-, Breiten- und Höhenmaßen, bei allen übrigen Werksteinen nach den Maßen des kleinsten unbeschriebenen Parallelepipedons berechnet. Das Werksteinmauerwerk wird vom Bruchsteinmauerwerk in Abzug gebracht.

Die Zubereitung des Betons hat genau nach den vorgeschriebenen Mischungsverhältnissen und zwar, nachdem die dazu bestimmten Materialien in besonderen Gefäßen genau abgemessen sind, entweder maschinell oder durch sorgfältige Mischung von Hand auf einer ebenen, sauberen Holzpritsche zu geschehen. Der Steinschlag ist in gesiebtetem Zustande zu verwenden und ist ohne besondere Entschädigung durch einen kräftigen Wasserstrahl vollständig von Schmutz zu befreien. Das Abspülen geschieht vor dem Transport des Steinschlages zur Betonbereitungsstelle und ist in mit Rostboden versehenen Karren zu bewirken. Beim Mischen muß ein vollständiges Durcharbeiten stattfinden, so daß sämtliche Steinbrocken von Mörtel umgeben sind. Der Beton muß unmittelbar nach der Bereitung verwendet werden; es darf daher nie mehr Mörtel und Beton bereitet werden, als zum augenblicklichen Gebrauch erforderlich ist. Beton oder Mörtel, der länger als eine Stunde nach der Bereitung gelegen hat, ist unbrauchbar und darf unter keinen Umständen verwendet werden.

Der Beton ist in Lagen von 0,15 m Stärke einzubringen und durch genügend schwere Handstampfen kräftig und schnell abzurammen. Vor dem Einbringen einer neuen Lage muß die darunterliegende von allen losen Steinen und abgebundenem Mörtel durch Abkehren mit Besen gereinigt werden. Auch muß jede fertiggestellte Lage Beton vor dem Aufbringen der nächsten und auch sonst des öfteren nach Anordnung des Bauleitenden gehörig mit Wasser genetzt werden.

Wo Verschalungen erforderlich sind, sind dieselben fest und unverrückbar zu gestalten. Das Einbetonieren, ebenso wie das Einmauern von Eisenteilen hat ohne besondere Vergütung nach Anweisung zu erfolgen. Alle Oberflächen des Betons sind mit einer fetten Schicht von Zementmörtel (1:2) vollständig zu überdecken. Die Vergütung hierfür ist in den Einheitspreisen enthalten. Die Bauleitung behält sich Änderungen in den Mischungsverhältnissen vor, ohne daß eine Änderung des Preises zu erfolgen hat, insoweit der Hohlraum der Betonsteine dies erfordert.

Alle Rohre und Schieber, die nach den Zeichnungen und nach dem Angebotsformulare von dem Unternehmer zu liefern und in den Rohrstollen, Schächten, Schieberhäusern usw. anzubringen sind, sollen aus vorzüglichem Material geliefert und durchaus dichtschießend nach allen Regeln der Kunst verlegt werden. Allen Getriebenen der Schieber ist eine sehr starke Übersetzung zu geben, damit dieselben durch einen Arbeiter unter allen Umständen äußerst bequem bedient werden können. Hinsichtlich der Bauweise der Schieber und Gestänge, von denen entsprechende Werkstattzeichnungen zur Genehmigung seitens des Unternehmers vorzulegen sind, behält sich die Bauleitung nähere Angaben für die Ausführung vor. Das Gleiche gilt für die Lieferung der Geländer, Türen, Fenster, Dachstühle usw.

§ 10.

a) Bruchsteine. Zu den Bruchsteinmauerungen sollen, soweit dies in dem Entwurf und in dem Angebot vorgesehen ist, nur Bruchsteine verwandt werden, welche als durchaus fest, dauerhaft und hinreichend schwer zu betrachten sind.

Die Unternehmer haben vor Abgabe ihres Angebotes selbst diejenigen Punkte aufzusuchen, in denen sie einwandfreie Bruchsteine aus Grauwacke oder anderem Gestein finden können. Für die Beurteilung der im Langentale oberhalb der Sperrmauer anstehenden Grauwacke sind eine Reihe von Schürflöchern auf beiden Seiten des Talhanges ausgeführt. Am Anlauf des Tales befindet sich ein Porphyritsteinbruch der Roßlaer Rentkammer, der unter Umständen Material für die Quader und

Hausteine hergibt. Falls dieser Stein nicht geeignet sein sollte, und daher Material von einem ferneren Orte bezogen werden müßte, sind besondere Preise in dem Angebote einzusetzen. Die Zulassung des Steines erfolgt auf besondere Genehmigung der Bauleitung hin.

Dem Unternehmer bleibt mit Genehmigung der Bauleitung die anderweitige Beschaffung von Bruchsteinmaterial zwecks Verwendung im Mauerwerk überlassen, sofern dieselbe für ihn vorteilhafter als die Gewinnung im Langentale ist. Diese anderweitig beschafften Steine müssen jedenfalls vollkommen wetterbeständig und druckfest (2000 kg/qcm Druckfestigkeit) sein und die Herstellung eines Mauerwerks mit einem Gewichte von 2400 kg für 1 cbm ermöglichen. Im übrigen müssen die Steine in ihrer Güte den Probesteinen entsprechen. Die Kosten der laufenden Untersuchung jener Steine trägt der Unternehmer.

Zu den Außenflächen aller Mauerungen sind auf etwa 2 m Tiefe stets die vorzüglichsten der gewonnenen Bruchsteine zu verwenden. Bruchsteine, deren Stärke weniger als 15 cm und deren Länge weniger als etwa 30 cm beträgt, sollen im allgemeinen nicht verwendet werden, sondern dürfen höchstens zum Auswickeln der Fugen zwischen größeren Steinen benutzt werden. Andererseits darf die Größe der zu verwendenden Bruchsteine $\frac{1}{2}$ cbm nicht wesentlich überschreiten. Die Bruchsteine müssen vor ihrer Vermauerung und bevor sie auf die Mauer gebracht werden, vollkommen von allen Verunreinigungen befreit werden, indem sie durch Wasserstrahlen von mindestens 15 m Wasserdruck abgespritzt und mittels Stahlbesen vollkommen rein gewaschen werden. Das zur Reinigung zu verwendende Wasser muß durchaus rein sein.

Der Abraum der Steinbrüche ist nach besonderer Anweisung der Bauleitung abzulagern und erforderlichenfalls ohne besondere Entschädigung in die Hinterfüllung der Sperrmauer zu verbauen. Der Bauleitung steht es frei, die Abraumsteine ohne Entschädigung nach ihrem Belieben zu verwenden, ebenso darf sie besondere Stücke, die säulenförmig brechen und als Chausseeprellsteine benutzt werden können, zurückbehalten. Im letzteren Falle tritt eine Entschädigung nach § 15 ein.

Für die um das Staubecken herumgeführten Wege sind, falls dieselben durch den Steinbruchbetrieb unterbrochen werden, Hilfswege kostenlos anzulegen und nach Ausnutzung des Steinbruches im früheren Zustande wieder herzustellen. Die Steinbrüche müssen mindestens 100 m von der Mauer entfernt bleiben. Für den Betrieb sind die gesetzlichen Orts- bzw. landespolizeilichen Vorschriften maßgebend.

Soweit der Grund und Boden für die Anlage von Steinbrüchen an den beiderseitigen Hängen von der Stadt Nordhausen erworben wird, soll derselbe dem Unternehmer kostenfrei zur Verfügung gestellt werden. Beabsichtigt wird die Fläche bis 10 m jenseits des Stauspiegels zu erwerben. Der Unternehmer hat demnach vor allen Dingen zu beiden Seiten bis zu dieser Höhe einen etwaigen Steinbruch auszunutzen. Ist es erforderlich, daß der Steinbruch über die angegebene Höhe hinaus erweitert werden muß, so hat der Unternehmer kostenlos die Wege zu verlegen und später in ihren früheren Zustand wieder herzustellen und bezüglich der Entnahme der Steine durch Vermittlung des Magistrates Vereinbarungen mit den Anliegern zu treffen.

b) Mörtel. Die Mörtelmischungen sind nach den Angaben der Angebotsverzeichnisse auszuführen. Die Mischung soll durch mechanisch betriebene Mörtelmischmaschinen so ausgeführt werden, daß eine vollständig gleichmäßige Durchmischung der Materialien hergestellt ist. Der Mörtel ist sehr steif anzumachen, und es sind die einzelnen Bestandteile in besonderen Behältern aus Holz oder Eisen genau nach den Mischungsverhältnissen abzumessen, bevor sie in die Mörtelmaschinen gebracht werden. Nur vollständig gleichmäßig durchgearbeiteter Mörtel darf zum Mauern verwendet werden. Zementmörtel ist unmittelbar nach seiner Fertigstellung zu vermauern und darf weder über Mittag noch während der Nacht unbenutzt liegen bleiben.

Der Traßmörtel soll in den angegebenen Mischungsverhältnissen aus Fettkalkbrei, besonders fein gemahlenem besten Plaidter Traß und aus scharfkörnigem Flußsand hergestellt werden. Soweit eine Mischung von Zementmörtel mit Traßmörtel oder mit Kalkmörtel bei verschiedenen Bauteilen vorgesehen ist, können zunächst die einzelnen Mörtelarten (Kalkmörtel, Traßmörtel, Zementmörtel) für sich hergestellt und dann, nachdem sie gehörig durchgearbeitet waren, in den angegebenen Verhältnissen gemischt werden, um dann sofort verwendet zu werden; oder es können die trockenen Materialien zunächst zu einem Gemenge von gleichmäßiger Farbe gemengt und dann unter Zusetzung des Kalkes angefaßt werden.

c) Kalk. Der zu verwendende Kalk soll reiner, kohlenaurer Kalk sein, der nur ganz untergeordnete Mengen Magnesia oder sonstiger Nebenbestandteile enthalten darf. Auf Verlangen der Bauleitung hat der Unternehmer den Nachweis über die chemische Zusammensetzung des Kalkes

zu liefern. Der gebrannte Kalk ist stets frisch und unverfallen zur Baustelle zu bringen und in diesem Zustande zu löschen. Zu Staub zerfallener Kalk ist von der Verwendung auszuschließen. Der Ätzkalk ist in Pfannen zu löschen und in ausgemauerten oder mit Brettern vollständig und dauerhaft ausgekleideten Gruben gegen Ausdörren und Frost geschützt aufzubewahren. Der Kalkbrei darf weder Kalksteinstücke, noch Knoten, noch sonstige nachteilige Beimengungen enthalten; er muß mindestens 4 Wochen in der Grube gelegen haben, bevor er verwendet wird, und muß durchaus gleichmäßig breiig sein. Ausgedörrter oder gefrorener Kalkbrei darf nicht zum Mörtel verwendet werden.

d) Sand. Zum Mörtel soll nur scharfkörniger Flußsand (Quarzsand) verwendet werden. Der Sand muß durchaus rein gewaschen und frei von allen nachteiligen Beimengungen sein. Auf der Baustelle ist der Sand in geeigneter Weise stets für eine Woche im Vorrat zu lagern und gegen Verunreinigung zu schützen. Bei der Abgabe des Angebotes hat der Anbietende den Bezugsort und Lieferanten für den Sand genau anzugeben.

e) Traß. Es darf nur bester, sehr fein gemahlener Traß aus dem Nettetal Verwendung finden, und es ist eine Probe von mindestens 1 Liter mit dem Angebote einzuliefern. Der Traß muß aus harten und scharfkantigen Tuffsteinen ohne jede Beimengung von wildem Traß, Bimstein, Asche oder Sand hergestellt sein. Das Traßmehl soll mindestens 7% chemisch gebundenes Wasser enthalten und muß in konzentrierter Schwefel- oder Salzsäure zu $\frac{2}{3}$ seines Gewichtes löslich sein. Probekörper aus einer Mischung von $1\frac{1}{2}$ Raumteilen Traßmehl + 1 Raumteil Kalkbrei + 2 Raumteile des für die Herstellung verwendeten Sandes soll nach einer Erhärtung von zwei Tagen an der Luft und 40 Tagen unter Wasser bei etwa 17° C als Durchschnitt aus 10 Proben eine Zugfestigkeit von wenigstens 10 kg/qcm besitzen. Die Angebote müssen den Bezugsort und den Namen des Lieferanten enthalten. Traß aus dem Brohltale ist vollständig von der Lieferung ausgeschlossen. Der Traß soll auf einem Siebe von 900 Maschen für das qcm dem Gewichte nach höchstens einen Rückstand von 20% ergeben und auf dem 5000 Maschensieb höchstens 50% Rückstand zeigen.

Über jede Traßendung sind von dem Unternehmer der Bauleitung die Lieferscheine vorzulegen. Die Bauleitung ist berechtigt, zu jeder Zeit bei dem Lieferanten des Traßes dessen Lieferungen für die Bauten zum neuen Wasserwerke der Stadt Nordhausen zu überwachen und zu beanstandende Lieferungen bereits dort zurückzuweisen.

f) Zement. Der zu den einzelnen Mauerungen und zum Verputzen, sowie zum Ausfügen und Ausgießen von Felsklüften usw. und zu sonstigen Bauarbeiten zu verwendende Zement muß künstlicher hydraulischer Kalk (Portlandzement) von einer anerkannt ersten Fabrik sein, deren Name der Anbietende bei Abgabe seines Angebotes mitzuteilen hat. Ist dies nicht geschehen, so hält sich die Bauleitung das Recht vor, dem Unternehmer einen bestimmten Lieferanten für die Lieferung des Zementes vorzuschreiben. Der Zement darf nicht treiben und muß allen Bedingungen entsprechen, welche in den vom Minister der öffentlichen Arbeiten in Preußen vorgeschriebenen Normen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement angegeben sind.

Der Zement kann in wasserdichten Säcken angeliefert werden und ist gegen Nässe gesichert in Schuppen zu lagern. Schlacken-, Roman- oder Puzzolanzenement darf nicht verwendet werden. Bei entstehenden Zweifeln darf der Zement im Bau erst verwendet werden, nachdem durch Proben seine den Normen entsprechende Beschaffenheit nachgewiesen ist.

g) Wasser. Zum Anmachen des Mörtels, sowie zum Waschen der Steine und zum Nässen des Mauerwerks darf nur durchaus reines Bach- oder Brunnenwasser verwendet werden.

Der Unternehmer hat strenge darauf zu achten und entsprechende Vorkehrungen zu treffen, daß weder durch die Erdarbeiten, noch durch die Anlage von Bedürfnisseinrichtungen, noch durch irgend welche sonstigen Einwirkungen eine Trübung oder eine nachteilige Veränderung des Wassers eintreten kann. Es muß daher das Wasser derartig geschöpft und geleitet werden, daß die genannten Verunreinigungen sicher ausgeschlossen sind.

h) Betonsteine. Der Kleinschlag des Betons darf aus den im Langentalen gewonnenen Steinen geschlagen werden. Hierbei können auch die brauchbaren Steinstücke bei dem Felsausbruch der Baugrube und sonstige kleine Steinstücke benutzt werden. Die Betonsteine müssen gesund, druckfest, wetterbeständig und durchaus rein gewaschen und frei von erdigen und lehmigen Beimengungen sein. Die einzelnen Stücke müssen möglichst der Würfelform ähnlich sein und sollen raue Oberflächen und Kanten haben. Stücke über 5 cm Kantlänge sind nicht zulässig, der feine Gruß ist auszusieben.

i) Ziegelsteine. Die Ziegelsteine müssen nach dem deutschen Normalformat aus gut durchgearbeitetem, reinem, von Kalk, Gyps und anderen schädlichen Beimengungen freiem Ton geformt

und klinkerartig mit scharfen Ecken und Kanten hartgebrannt sein. Sie sollen sich dabei, ohne zu zerbrechen oder zu spalten, mit dem Hammer gehörig bearbeiten und behauen lassen, dürfen keine Risse oder Blasen zeigen und müssen nur geringe Porigkeit und geringes Wasseraufnahmevermögen besitzen. Die Druckfestigkeit muß mindestens 250 kg/qcm betragen.

k) Eisenteile. Das zur Herstellung der Eisenkonstruktionen verwendete Eisenmaterial muß in seiner Güte und Bearbeitung den vom Verbands deutscher Architekten- und Ingenieurvereine aufgestellten Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken und Hochbau genügen. Die Eisenteile sind nach gründlicher Reinigung von Hammerschlag und Rost in der Werkstatt mit heißem Leinölfirnis zu streichen und dann mit Bleimennige zu grundieren. Nach Anbringung der Eisenteile am Bauwerk sind dieselben nochmals mit Bleimennige und alsdann mit zwei gut deckenden farbigen Anstrichen nach näherer Angabe zu versehen. Das Einmauern der Eisenteile, das fertige Aufstellen usw. ist in den Einheitspreisen für das Mauerwerk inbegriffen. Über die Behandlung der einzumauernden Teile erfolgt besondere Anweisung von der Bauleitung. Die Feststellung des Gewichtes der Eisenteile erfolgt entweder durch amtliche Wiegescheine oder durch Wiegen auf der Baustelle. Für den letzteren Fall ist eine richtig zeigende Dezimalwaage seitens des Unternehmers zu stellen.

§ 11.

Der Unternehmer hat für die nötigen Zufuhrwege und Transportbahnen zur Anfuhr der Materialien usw. zur Baustelle, für Anlage von Wegen und Arbeitsplätzen auf und zwischen den einzelnen Arbeitsstellen selbst Sorge zu tragen. Soweit hierbei die Benutzung von Grundstücken, welche seitens der Stadt Nordhausen für die Anlage erworben werden, in Frage kommt, werden dieselben dem Unternehmer nach dem Ermessen der Bauleitung kostenlos zur Verfügung gestellt. Es wird darauf aufmerksam gemacht, daß die Talsohle bis zu einer Länge von 200 m unterhalb der Mauer, die Hangseiten, indessen in beschränktem Umfange, ebenso unterhalb der Mauer erworben werden. — Im übrigen sind für die Anlage der Zufuhrwege tunlichst vorhandene Wege zu benutzen. Über die Zulässigkeit der Benutzung derselben, bzw. von anderen Grundstücken hat der Unternehmer mit den betreffenden Eigentümern Vereinbarungen zu treffen.

Der östliche Talweg von der Sperre ungefähr bis zum Porphyritsteinbruch, wird von der Stollberg-Roßlischen Rentkammer unentgeltlich zur Anlage einer Transportbahn zur Verfügung gestellt, unter der Verpflichtung von seiten des Unternehmers, daß die Holzabfuhr nicht wesentlich gestört wird, und daß der Weg nach Vollendung des Bauwerks in seinen Jetztzustand wieder hergestellt wird.

Der Unternehmer hat der Bauleitung und anderen von derselben mit der Ausführung von Arbeiten und Lieferungen betrauten Unternehmern die Mitbenutzung der Zufuhrwege, Zufuhrbahn, Baugleise usw. für den Transport vereinzelter Materialien, sofern die eigenen Arbeiten dadurch nicht behindert werden, zu gestatten. Als Vergütung ist ein entsprechender Einheitssatz in dem Angebote abzugeben.

Der Unternehmer ist verpflichtet, während der ganzen Arbeitszeit ohne besondere Entschädigung die Bau- und Arbeitsstellen in ordnungsmäßigem Zustande und bequem zugänglich zu erhalten. Bedürfnisanstalten, Kantinen und Baracken sind nur nach Einvernehmen mit der Bauleitung und nach deren Genehmigung an einer solchen Stelle, bzw. derartig anzulegen, daß eine Verunreinigung des Talbeckens und der für die Berieselungs- und Filteranlagen in Betracht kommenden Wiesenflächen ausgeschlossen ist. Zu diesem Zwecke sind Gruben für Bedürfniszwecke und für Kantinenabfälle mit undurchlässigen Wänden und Sohlen herzustellen und zu entleeren, bevor sie ganz gefüllt sind.

Der Unternehmer hat auch allen etwaigen besonderen Anforderungen Folge zu leisten, welche bezüglich der Sicherheit der Bauwerke und des Schutzes der Arbeiter, sowie der Bevölkerung seitens der Staatsbehörden gestellt werden sollten. Alle Nebenanlagen und besondere Einrichtungen, welche der Bauunternehmer für die Ausführung der von ihm übernommenen Bauwerke als notwendig erachtet (Materialschuppen, Kalkgruben, Mörtelbereitungseinrichtungen, Einrichtungen für die Materialzufuhr nach der Baustelle und dem Ort der Verwendung, Steinbrüche, Baracken usw.), hat derselbe auf seine Kosten zu beschaffen. Hierher gehören auch diejenigen Einrichtungen, welche zur Verhütung von Unfällen nach den gesetzlichen Vorschriften oder den Vorschriften der Berufsgenossenschaften erforderlich sind. Der Unternehmer ist verpflichtet, das erforderliche Rüst- und Bauholz, falls der Magistrat ihn hierzu auffordert, von demselben aus dessen Beständen im Langen Tale oberhalb der Staumauer zu einem angemessenen, taxmäßigen Preise zu erwerben. Wenn über die von dem Unter-

nehmer beanspruchten Flächen bei der Abgabe des Angebotes keine besonderen Anforderungen gestellt werden, so unterwirft sich der Unternehmer bezüglich der Größe und Lage der Arbeits-, Bau- und Lagerplätze dem Urteile der Bauleitung.

§ 12.

Die von dem Unternehmer benutzten Grundstücke sind, von allen ihm gehörigen Materialien und Gerätschaften gesäubert, im Laufe von einem Monat nach Fertigstellung des Bauwerks der Stadt Nordhausen zu überliefern, widrigenfalls die Stadt das Recht hat, solche Materialien und Gerätschaften auf Gefahr des Unternehmers zu veräußern, bzw. auf seine Kosten zu beseitigen.

§ 13.

Der Unternehmer ist gehalten, die erforderlichen Absteckgerüste unentgeltlich herzustellen und zu unterhalten. Die Anordnung derselben ist genau nach den vom leitenden Baubeamten gegebenen Anweisungen auszuführen. Die von diesem angeordneten Schutzvorkehrungen der Absteckgerüste gegen Beschädigung oder Verrücken sind sofort anzubringen und, falls dieselben abgängig oder zerstört werden, ohne jegliche Entschädigung zu erneuern. Die erste Absteckung wird von dem bauleitenden Beamten ausgeführt (Mittellinie und Sehnen). Alle weiteren zur planmäßigen und richtigen Ausführung der Arbeiten erforderlichen Absteckungen sind Sache des Unternehmers, welcher für die in den Bauzeichnungen vorgeschriebenen Maße und richtigen Höhenlagen verantwortlich bleibt. Die für die Absteckungen und ebenso für die Aufmessungen benötigten Hilfskräfte hat der Unternehmer unentgeltlich zu stellen.

Zu den örtlichen Aufnahmen der Bauleitung für die Massenberechnung steht es dem Unternehmer frei, einen Beauftragten zu stellen, welcher sich bei den Aufmessungsarbeiten beteiligen kann. Anderenfalls sind die Aufnahmen der Bauleitung ohne weiteres maßgebend. Die örtlichen Aufnahmen sind von dem Unternehmer schriftlich anzuerkennen.

§ 14.

Der Unternehmer ist verpflichtet, für die Ausführung etwaiger außervertraglicher Arbeiten Gesellen, Arbeiter zu stellen, sowie Materialien usw. nach dem unten abgegebenen Angebote zu liefern. Solche Arbeiten sind von seinem Polier mit zu beaufsichtigen, ohne daß letzterer in Rechnung gestellt wird, wenn derselbe ohnehin schon auf der Baustelle anwesend ist. Für das Vorhalten von Geräten usw. zu solchen außervertraglichen Arbeiten werden, sofern dieselben auf der Baustelle vorhanden sind, weitere Vergütungen nicht bezahlt, ausgenommen größere Apparate, für deren Vergütung bei der Benutzung außervertraglicher Arbeiten besondere Vereinbarung getroffen wird.

Für außervertragliche kleinere Lieferungen gelten die Vertragspreise oder, soweit diese nicht unmittelbar anwendbar sind, nach Maßgabe derselben ermittelte Preise.

§ 15.

Es kostet an der Baustelle:

1 Gesellenstunde		Mk.
1 Arbeiterstunde		>
1 cbm Sand	} für kleinere Lieferungen	>
100 kg Traß		>
100 kg Zement		>
100 Stück Drainrohre, 55 mm Dm.		>
1 cbm Steine, aufgesetzt, zu brechen		>
1 Tonnen-Kilometer auf der Transportbahn		>

§ 16.

Zu den Angeboten auf der Grundlage Preisverzeichnisse zu benutzen.

In den angegebenen Preisen müssen Vor- und Unterhaltung aller zur Ausführung der einzelnen Arbeiten erforderlichen Geräte und Gerüste, sowie aller zugehörigen Nebenarbeiten enthalten sein, auch wenn sie im Wortlaut der Position nicht besonders genannt in den allgemeinen und besonderen Bedingungen indessen angegeben sind. Der Unternehmer darf nur solche Arbeiten auf der Baustelle besonders in Rechnung stellen, welche mit den vertraglich übernommenen Arbeiten in keinem Zusammenhang stehen.

§ 17.

Die Bieter bleiben vier Wochen an ihre Angebote gebunden. Bei Erteilung des Zuschlags behält sich der Magistrat sowohl die freie Wahl unter den Bietern, als auch das Recht vor, keinem

derselben den Zuschlag zu erteilen, eine neue Verdingung auszuschreiben oder die Arbeiten anderweit freihändig zu vergeben. Der Zuschlag erfolgt nur an solche Bieter, welche sich durch Namensunterschrift den besonderen und den allgemeinen Bedingungen unterwerfen oder dieselben in ihrem Angebote anerkennen.

§ 18.

Die Angebote sind versiegelt und mit entsprechender Aufschrift versehen porto- und bestellgeldfrei bis zum 6. Januar 1904, Mittag 12 Uhr an die Magistratsregistratur I einzusenden. An Proben sind porto- und bestellfrei einzureichen:

1. Eine Bruchsteinprobe (unbehauen)
2. Eine Werksteinprobe (behauen)
3. Eine Zementprobe
4. Eine Traßprobe (1 Liter)
5. Eine Sandprobe.

Es entstammt

der Bruchstein.....
 der Werkstein.....
 der Zement.....
 der Traß.....
 der Sand.....

Der Zuschlag erfolgt innerhalb 3 Wochen.

Nordhausen, den 1. Dezember 1903.

Literatur.

- Über Untersuchungen von Mörtel für Talsperrenmauerwerk siehe Mitteilungen aus den Kgl. technischen Versuchsanstalten zu Charlottenburg 1894 Heft 4; 1900 Heft 4; 1901 Heft 1.
- Mattern, Über die Verwendungsfähigkeit von Traßmörtel im Mauerwerk von Talsperren. Zentralbl. d. Bauverwaltung 1903, S. 89. Zeitschrift f. Bauwesen 1904, S. 315 u. 515.
- Bachmann, Über Traßmörtel. Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 349.
- Neuere Untersuchungen über Traß-, Kalk-, Zementmörtel usw. und ihre Festigkeit. Zentralbl. d. Bauverwalt. 1907, S. 344. Deutsche Bauzeit. Mitteil. über Eisenbeton vom 25. 5. 12. Zeitsch. f. Bauw. 1913, S. 335.
- Brabandt, Über den Einfluß der Wassermenge auf die Druckfestigkeit von Zementmörtel und Zementbeton Zentralbl. d. Bauverwaltung 1907, S. 206.
- Vergleichung verschiedener Mörtelarten. Rigaer Industriezeitung 1907, S. 180.
- Traß und seine praktische Verwendung im Baugewerbe. Baumaterialienkunde 1907, S. 297. Zeitschr. des Vereins deutscher Ing. 1909, S. 663. Armierter Beton 1912, S. 72.
- Das Löschen von Kalk. Tonindustrie Zeitung 1907, S. 658.
- Rohland, Erhärtungsprozeß der hydraulischen Bindemittel. Stahl und Eisen 1907, S. 661.
- Michaelis, Der Kalkmörtel. Zentralbl. d. Bauverwaltung 1908, S. 120. Tonindustriezeitung 1908, S. 738.
- Schub- und Scherfestigkeit des Betons. Zentralbl. d. Bauverwaltung 1905, S. 238.
- Grübler, Versuche über die Schubelastizität und -festigkeit (im Mörtel). Zeitschr. des Vereins deutscher Ing. 1909, S. 449.
- Vergleichende Festigkeitsversuche aus Zementmörtel. Zeitschr. des Vereins deutscher Ing. 1907, S. 176.
- Untersuchung von Mauersteinen. Zentralbl. der Bauverwaltung 1907, S. 230.
- Die Erhärtung von Kalkmörtel Zentralbl. der Bauverw. 1909 S. 214. Tonindustriezeit. 1909 S. 547.
- Neuere Untersuchungen über Traß. Armierter Beton 1909, S. 243. Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing. 1909, S. 663. Vergl. ferner die Schriften von A. Hambloch, Der Traß, Berlin 1909. u. a. m.
- Über Traß, Traßzement u. Kalkmörtel (Versuche im Laboratorium der Techn. Hochschule in Wien) Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baud. 1909 S. 426.
- Zur Frage des Traßmörtels (Erfahrungen und Versuchsergebnisse bei den österreichischen Talsperrenbauten). Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baud. 1910, S. 476.
- Kiepenheuer, Wasserkalk, Bonn 1911.
- Haftvermögen der Mörtel, Tonindustriezeitung 1909, S. 342 u. 547. Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baud. 1909, S. 65.
- Über Festigkeitsversuche unter allseitigem Druck. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1911, S. 1749.

Über Festigkeitsuntersuchungen beim Bau der Kensiko Talsperre. Eng. News. 25. 4. 1912.

Über den in Frankreich vielgebrauchten hydraulischen Kalk s. Fiebelkorn, Hydraulischer Kalk u. Zement in Südfrankreich.

Versuche über die Dichtigkeit von Zementmörtel und Traßmörtel gegen Wasser unter Druck

Zeitschr. f. Bauwesen 1904, S. 318.

Engin. Record 1906, S. 467.

Tonindustrie Zeitung 1907, S. 813.

Baumaterialienkunde 1907, S. 69.

Über Bauen bei Frost

Engin. Record 1903, S. 688.

Tiefbau 1905 S. 384.

Bau der Betonsperre im Watanga Fluß. Eng. Rec. 11. Nov. 1911.

Untersuchungen über die Einwirkung des Zusatzes von Ton oder Lehm zum Zementmörtel

Zeitschr. f. Bauwesen 1904, S. 319.

Tonindustrie Zeitung 1906, S. 950.

Über den Bau der Crotontalsperre siehe u. a.:

Zentralbl. d. Bauverwaltung 1906, S. 433.

Scientific American 1906, S. 133.

Engin. News 1906, S. 343.

Cross River-Talsperre, Eng. Record 1907, S. 4 u. 281.

Über den Bau der Talsperren bei Assiut und Assuan:

Zeitschr. für Bauwesen 1900, S. 361.

Österreich. Wochenschr. f. d. öff. Baudienst 1906, S. 687.

Zentralbl. d. Bauverwaltung 1909 S. 408.

Staudamm für das Nevada-California-Kraftwerk (Bau mit Seilbahnen): Engin. Record. 1907, S. 133.

Über den Bau des Morena-Dammes in Kalifornien (Drahtseilförderung) s. Amer. Soc. Civ. Eng. Transact. Dez. 1912.

Über den Bau der Katarakt-Talsperre bei Sydney (Australien) siehe:

Engin. News 1906, S. 579.

Engineering 1907, S. 156; 1908, S. 537.

Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1908, S. 1138.

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers London 178 Sess. 1908/09 Teil IV. (Ausführliche Beschreibung).

Zentralbl. der Bauverw. 1911, S. 283.

Bau des Roosevelt Dammes. Engin. News 1908, S. 265. Eng. Rec. 31. 12. 1910.

Bau der Gatun-Talsperre (Panama Kanal) Engineer 1908, II, S. 27.

Über den Talsperrenbau bei Mauer (Schlesien) s. Wasserwirtschaft und Wasserrecht 1906, S. 69. 1908, S. 17.

Tiefbau 1906, S. 320. Zentralbl. d. Bauverw. 1912, S. 609. Deutsche Bauzeitung 1913, S. 27.

Über den Bau der Shoshone Talsperre (Beton). Eng. Rec. 23. Juli 1910. Engin. News 9. Dez. 1909 u. 9. Juni 1910. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1910, S. 571.

Bau der Ashokan-Sperrmauer (mit Anordnung von Ausdehnungsfugen). Eng. Rec. 19. 10. 12 und Deutsche Bauzeit. 1912, S. 762.

Über den Bau der Möhnetalsperre Journal für Gasbeleucht. u. Wasservers. 11. Nov. 1911, S. 1107. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1911, S. 1169.

Bau der Arrowrock-Staumauer (Amerika, Beton mit Felsblöcken). Engin. News 6. Juni 1912. Einzelheiten der Bauausführung. Über den Bau der Grünwalder Sperre (Böhmen) s. Allg. Bauztg. 1912, S. 81.

Aus den Mitteilungen des kgl. Materialprüfungsamtes zu Groß Lichterfelde-West sind in den letzten Jahren für den vorliegenden Gegenstand folgende Untersuchungen von Bedeutung:

Einfluß des Lagerns angemachten Zementmörtels auf dessen Erhärtungsfähigkeit. 1908, Heft 4. u. 1911, Heft 3.

Einfluß des Mischverfahrens auf die Festigkeit von Traßmörtel. 1909, Heft 1.

Prüfung von Traß. 1910, Heft 2 u. 3.

Gesteinsuntersuchungen. 1910. Heft 4.

Versuche mit gefrorenem und wieder aufgetautem Mörtel und Beton. 1910, Heft 5.

Über die Zuverlässigkeit von Festigkeitsversuchen. 1911, Heft 5 u. 6.

Einfluß des Zusatzes kieselsäurereicher Stoffe zu Kalk und dessen Erhärtungsfähigkeit. 1912, Heft 3.

Versuche über den Porendruck des Wassers im Mauerwerk. 1912. Ergänzungsheft 1.

Über die Festigkeit von Beton im Mauerwerk gegenüber der Würfelfestigkeit. 1911, Ergänzungsheft 1, S. 38.

Allgemeine Anleitung für die Prüfung der Baustoffe gibt u. a.:

Der Portlandzement und seine Anwendungen im Bauwesen. Berlin 1912.

Memmler, Materialprüfungswesen I u. II.

Wawrzyniok, Handbuch des Materialprüfungswesens. Hinrichsen und Martens, Das Materialprüfungswesen. Kap. VII.

VIII. Der Betrieb der Talsperre.

§ 68. Die Inbetriebsetzung (erste Anstauung). Das Unheil, welches der Bruch einer Talsperre herbeiführen würde, gebietet, wie beim Bau, so auch bei der Inbetriebsetzung der Sperrmauern, Vorsicht anzuwenden. Hier ist mehr als bei andern Bauten eine förmliche Abnahme am Platze, um den Zustand der Mauer daraufhin zu untersuchen, ob alle Bedingungen des Entwurfs und der Baugenehmigung erfüllt sind. Es ist nötig, daß diese Besichtigung vor Beginn der Anstauung erfolgt. Ein Hauptaugenmerk ist bei dieser landespolizeilichen Abnahme auf das gute und betriebssichere Arbeiten der Schieber zu legen, vor allem kommt ihre leichte Bewegbarkeit und ihre Dichtigkeit in Betracht. Weiterhin werden etwaige Sickerungen in den Abmauerungen der Stollen zu beachten sein.

Von Bedeutung ist die Frage, wann mit der Füllung eines fertigen Sammelbeckens begonnen werden kann, da die hohen Kosten einer solchen Anlage auf ihre baldige wirtschaftliche Verwertung hindrängen. Doch muß die Vorsicht, welche gerade bei der ersten Anstauung zu beobachten ist, voreiligem Tun Grenzen ziehen.

Nicht ohne Einfluß ist hierbei die Jahreszeit der Fertigstellung der Sperrmauer. Oft wird der Bau im Spätherbst beendet, oder die Restarbeiten ziehen sich gar bis in den Winter hinein. In solchem Falle wird es sehr erwünscht sein, alsbald zu stauen, um das wasserreiche Winterhalbjahr und besonders die Frühjahrschneeschmelze für die Füllung auszunutzen. Man kann dann meist erwarten, im April mit vollem Becken in den wasserarmen Sommer einzutreten. Verzögert sich jedoch die Inbetriebnahme der Talsperre bis in das nächste Frühjahr, so handelt es sich nicht nur um die Hinausschiebung der Nutzbarkeit des Beckens um einige Monate, sondern es geht leicht ein ganzes Jahr verloren. Denn der Sommer bringt wohl nur ganz ausnahmsweise so viel Wasser, um das Becken zu füllen.

Mit dem Aufstauen des Beckens wird im allgemeinen erst begonnen, wenn die Sperrmauer und das Becken in allen Teilen fertiggestellt sind. Aber der Umstand, daß Verzögerungen in der Bauausführung eingetreten sind, und daß es bisweilen in der vorgerückten Herbstzeit mit ihrer schlechten Witterung, den kurzen Tagen und dem Frost nicht gelingt, die Talsperre zu vollenden, hat in einzelnen Fällen dazu geführt, die Anstauung vor Beendigung der Arbeiten zu beginnen. In solchem Falle wird man seine Aufmerksamkeit darauf verwenden, mit den sämtlichen Arbeiten im Grunde und mit dem Einsetzen der Schieber und der anderen Betriebseinrichtungen rechtzeitig fertig zu werden. Es wird auch in Betracht kommen können, falls im übrigen Traßmörtel für die Mauerung verwendet wird, die oberen Mauerteile in einem schnell erhärtenden Mörtel auszuführen. Allerdings wird man sich klar sein müssen, daß gewisse Erschwernisse für die Bauausführung entstehen, wenn man über einer freien Wasserfläche arbeitet.

Bei den Talsperren von Solingen und Nordhausen war alles darauf eingerichtet, um vor endgültiger Beendigung des Baues mit der teilweisen Aufstauung zu beginnen, da diese Städte ungesäumt aus der Notlage hinsichtlich ihrer Wasserversorgung befreit werden sollten. In beiden Fällen kam

es jedoch nicht zu dieser letzten Maßnahme. Aber bei dem Bau des Lake Cheesman-Dammes¹⁾, der neuen Croton- und der Mühne-Talsperre hat man von der vorzeitigen Wasseraufspeicherung tatsächlich Gebrauch gemacht. Auch die »preußische Anleitung«²⁾ gestattet eine teilweise Anfüllung des Sammelbeckens, wenn für die unschädliche Abführung des Hochwassers Sorge getragen wird.

Bei der ersten Aufstauung empfiehlt es sich, einen sorgfältigen Beobachtungsdienst an der sich stauenden Talsperre einzurichten. Am 1. und 15. jeden Monats wird der Fortschritt der Füllung, die Messung der Durchsickerungen und die Bewegung der Mauer zu erfolgen haben. Die Ergebnisse sind in Aufzeichnungen niederzulegen. Besonderes Augenmerk ist dabei auf Quellungen aus der Mauerfläche an den seitlichen Berghängen und im Erdreich am luftseitigen Fuß der Mauer zu richten. Mit Recht weist Fecht³⁾ auf die Veränderung der inneren Spannung im Mauerwerk mit zunehmender Anstauung hin. Von einer gewissen Höhe ab — etwa der Hälfte der ganzen Stauhöhe — beginnen die Verschiebungen der Druckverhältnisse im Innern der Mauer wesentlich zu werden und eine veränderte Zusammenpressung einzelner Teile der in verschiedenen Zuständen der Erhärtung befindlichen Mörtelmassen zu verursachen. Unter solchen Verhältnissen ist es immer rätlich, die unvermeidlichen Druckveränderungen zum ersten Male langsam eintreten zu lassen, und dies um so mehr, als gleichzeitig mit dem Einstauen des Mauerwerks die Erhärtungsbedingungen des Mörtels in der Mauer sich ändern. Der Wassermörtel im Innern eines solchen Mauerkörpers ist vor dem Anfüllen des Weihers sowohl vom Zutritt der Luft, als vom Zutritt des Wassers abgesperrt, und der Erhärtungsvorgang vollzieht sich unter dem Einfluß der natürlichen Mörtelfeuchtigkeit⁴⁾. Mit dem Einstauen des Weihers tritt nun infolge der Porigkeit des Mörtels und des Steines und infolge der noch unfertigen Anhaftungskraft dieser beiden Baustoffe aneinander Wasser in den Mauerkörper ein. Dasselbe durchdringt ihn langsam und schwitzt an der untern Seite wieder aus. Die Ausschwitzungen sind unter normalen Verhältnissen unmittelbar nach dem Einstauen der Mauer im allgemeinen am stärksten, nehmen dann ab und verschwinden wohl nach einiger Zeit ganz. Diese Vorgänge sind bei der Anfüllung des Alfeldweihers beobachtet worden und rechtfertigen ohne Zweifel den Grundsatz einer langsamen Einstauung solcher Bauwerke. Die Mauer des Alfeldweihers war im Spätherbst 1887 vollendet, und im Winter 1887/88 wurde der Stauweiher angelassen. Man hat im Frühjahr 1888 unter allmählichem Anlassen des Weihers die Mauer von 13 m bis zu 19 m, d. h. bis zu der Höhe eingestaut, bis zu welcher das Mauerwerk schon im Frühjahr 1887 fertig gewesen war, so daß kein Mauerteil von weniger als einjährigem Bestande unter Wasser gesetzt wurde.

Aus allen diesen Gründen sieht die »preußische Anleitung« mit Recht vor, daß eine erneute Besichtigung des Bauwerkes zu erfolgen hat, sobald das Becken auf $\frac{3}{4}$ der zulässigen Stauhöhe gefüllt ist. Von dem Befund dieser Besichtigung ist die Genehmigung zur weiteren Anstauung abhängig gemacht. Hierbei sind besonders die Bewegungen des Bauwerkes und seine Dichtigkeit zu beobachten, sowie die Fundamente und anschließenden Talhänge auf die Möglichkeit einer Unterspülung zu untersuchen.

Beim Bau der Solinger großen Talsperre wurden die letzten Mauerarbeiten zu Anfang November 1902 beendet, so daß im Januar des Jahres 1903, nachdem die Erdschüttung an der Wasserseite in fast ununterbrochenem Tag- und Nachtbetrieb ge-

1) Zentralblatt d. Bauverwaltung 1906, S. 217.

2) s. S. 189.

3) Zeitschr. f. Bauwesen 1889.

4) Zentralbl. d. Bauverwaltung 1903, S. 89.

fördert worden war, das Becken staufähig fertig und die Absperrung zu diesem Zeitpunkt in Aussicht genommen war. Infolge äußerer Umstände verzögerte sich die Inbetriebsetzung bis gegen das Frühjahr hin. Ende März 1903 wurden die Absperrschieber geschlossen. Ungewöhnlich reiche Niederschläge begünstigten die erste Füllung. In einem Zeitraum von zwei Monaten gelangten bis Ende Mai annähernd 2 Mill. cbm zur Aufspeicherung, und trotz des reichlichen Wasserverbrauchs in der Stadt stieg der Wasserstand im Becken dauernd. Im September füllte sich der Stauweiher voll, und die Kaskade lief am 29. September 1903 zum ersten Male über. Dieses Sammelbecken bietet somit die gewiß ungewöhnliche Erscheinung, daß seine erste Füllung in die Sommerzeit fällt. Abb. 83 auf S. 217 zeigt das Becken mit einer Füllung von etwa 2 Mill. cbm.

Die Sperrmauer zeigte sich von Anfang an gut dicht. Einige feuchte Stellen, die zuerst an der Luftseite erschienen, verloren sich späterhin. Wenn etwa unter dem hohen Druck bis zu 43 m ein geringes, äußerlich nicht erkennbares Durchschwitzen von Wasser stattfindet, so geschieht dies demnach in so geringem Maße, daß die Verdunstung auf der Mauerfläche den Gehalt an austretender Feuchtigkeit überwiegt. Den gleichen Anblick der Trockenheit bot die Mauer auch in der Frostzeit des ersten Winters 1903/04, den sie unter vollem Wasserdruck zu bestehen hatte. Das gestaute Wasser hatte dank der ausgiebigen Ausräumung der organischen Stoffe aus dem Talbecken von Anbeginn eine klare Farbe, so daß der unmittelbaren Nutzbarkeit dieser ersten Anstauung nichts entgegen gestanden hätte.

Beim Solinger Staudamm waren Anfang Mai 1901 sämtliche Arbeiten beendet. Der ungewöhnlich trockne Sommer 1901 ermöglichte die Stauung des Beckens nicht, da der natürliche Zufluß der Bäche in dieser Zeit für die Wasserversorgung der Stadt Solingen unmittelbar benutzt wurde. Dies war für den Damm insofern sehr günstig, als derselbe hinreichende Zeit fand zum Festwerden in sich. Als aber Mitte September stärkere Niederschläge eintraten, wurde mit der Füllung begonnen. Das Wasser zeigte anfangs eine grünliche Farbe, die sich jedoch später verlor. Am 7. Oktober 1901 lief die Kaskade zum ersten Male über. Das gefüllte Becken im Eisstand des Winters zeigt Abb. 182 auf S. 321. Den Zustand bei Beginn der Anstauung der Glörtalsperre zeigt Abb. 76 auf S. 206.

§ 69. Die Betriebsführung. Die Organisation des Betriebes. Die Talsperren sind meist im Eigentum größerer Verbände. Im allgemeinen wird sich daher die Verwaltung in eine Zentralstelle und in die örtliche Handhabung des Dienstes gliedern. Die Zentralverwaltung wird dabei vertreten durch eine Behörde, den Genossenschaftsvorsteher als oberen Leiter des Unternehmens usw. Die Arbeiten der Zentralverwaltung bestehen im wesentlichen in der Aufstellung des Etats, des Wasserwirtschaftsplanes für die Abgabe des Wassers aus dem Sammelbecken, der Listenführung über die Genossen und ihre Triebwerke, der Aufrechnung der Betriebskosten, der Berechnung der Beiträge und Einnahmen, der Aufstellung der Kostenanschläge für die Unterhaltung der Talsperren usw. In der Zentralstelle liegt der wirtschaftliche Schwerpunkt, und ihrem Geschick ist es vorbehalten, das Gleichgewicht zwischen Einnahmen und Ausgaben herzustellen und bei einem nach privatwirtschaftlichen Gesichtspunkten verwalteten Unternehmen einen möglichst hohen Reinertrag zu erzielen.

Staatliche Aufsicht. Wie während des Baues und während der Betriebsöffnung, so findet bei den preußischen Talsperren auch im späteren Betriebe eine dauernde Aufsicht statt. Die oben (§ 68) erwähnten Untersuchungen sind im Betriebe fortlaufend, anfänglich wenigstens einmal im Jahre, später in größeren Zeitabschnitten von einem staatlichen Baubeamten vorzunehmen. Dabei soll die Sicherheit des Stauwerkes und die zuverlässige Wirkung aller Sicherheitsvorkehrungen und Entlastungseinrichtungen

geprüft, aber auch festgestellt werden, ob die Handhabung des Betriebes öffentliche Interessen gefährdet. Das Augenmerk ist ferner auf wichtige Veränderungen im Niederschlagsgebiet zu richten, namentlich auf solche, durch die die abzuführende Hochwassermenge gesteigert oder die Reinhaltung des Wassers im Niederschlagsgebiet oder im Becken ungünstig beeinflusst werden könnte. Letzteres ist von Bedeutung für die Talsperren, die der Trinkwasserversorgung dienen. Durch chemische Untersuchungen sind weiterhin die Mengen der im Wasser vor und hinter der Sperre gelösten Stoffe zu ermitteln, um die etwaige Einwirkung des gestauten Wassers auf den Untergrund und das Mauerwerk der Talsperre erkennen zu können.

Örtliche Handhabung des Betriebes (Der Dienst an der Sperrmauer). Der Bedarf an Personal für den Betrieb der Sperrmauern ist gering, da die Handhabung einfach ist. Vielfach genügt ein Wärter. Die Tätigkeit des Wärters ist eine doppelte. Ihm liegt sowohl der Sicherheits- als der wasserwirtschaftliche Dienst ob. In erster Hinsicht ist er ein Glied der staatlichen Aufsicht, und wird als solcher bis zu einem gewissen Grade mit polizeilichen Befugnissen ausgestattet. Für den wasserwirtschaftlichen Dienst untersteht er der Hauptleitung des Talsperrenunternehmens. Die Dienstobliegenheiten des Stauwärters, soweit es sich um die Sicherheit des innern Betriebes handelt, sind meist durch eine besondere Dienstanweisung geregelt, wofür das »Muster« im Anhang der »preußischen Anleitung« einen Anhalt bietet (s. S. 193). Seine Tätigkeit bei der Erledigung des wasserwirtschaftlichen Betriebes des Sammelbeckens wird Sache besonderer Regelung für den Einzelfall nach Maßgabe des Wasserwirtschaftsplanes sein müssen.

Es wird an dieser Stelle interessieren, aus einer Dienstanweisung die Art des Talsperrenbetriebes, soweit der Sicherheitsdienst in Betracht kommt, an einem Beispiel aus der Praxis kennen zu lernen.

Anweisung betreffend die dauernde Beaufsichtigung der Stauweiheranlage im Sengbachtale bei Solingen.

Zum Zweck fortwährender Beaufsichtigung der zum Solinger Wasserwerk gehörenden Stauweiheranlage wird folgendes bestimmt:

I.

Die Stauweiheranlage ist täglich vom Maschinenmeister der Pumpstation bzw. dem ihm unterstellten Talsperrenwärter oder dessen Stellvertreter zu besichtigen. Die dabei gemachten Beobachtungen hat derselbe sofort, spätestens aber an demselben Tage, unter genauer Zeitangabe in ein im Bureau der Pumpstation ausliegendes Stauweiher-Tagebuch einzutragen. Die Beobachtungen haben sich vor allem auf folgende Punkte zu erstrecken:

1. Wasserstandshöhe nach dem im Stauweiher angebrachten Pegel.
2. Überfallhöhe am Überlauf und Menge des übergelaufenen Wassers.
3. Verdunstete Wassermengen im Stauweiher.
4. Fördermenge zur Versorgung der Stadt Solingen.
5. Wassermenge für den Betrieb der Hochdruckturbinen.
6. Witterung.
7. Regenhöhe und Regendauer.
8. Wärme der Luft — maximal und minimal — und Wärme des Wassers nach Celsius, letztere an der Oberfläche und 2 m unter der Oberfläche gemessen.
9. Menge des Sickerwassers nach Litern in einer Minute.
 - a) der abgefangenen und in den Stollen mündenden drei Quellen,
 - b) aus den in den Stollen mündenden Drainageröhren,
 - c) aus sonstigen Stellen der Mauer,
 - d) aus etwaigen Felsspalten usw.

10. Zustand des Mauerwerks und Ablesungen an den Visiervorrichtungen, die allwöchentlich vorzunehmen sind.
11. Zustand des Überlaufes und der Rohre (ob Verstopfungen oder Undichtigkeiten entstanden sind).
12. Sonstige außergewöhnliche Vorkommnisse, Verunreinigungen, Dammbüche und Beschädigungen an den Zu- und Ableitungsgräben.
13. Etwaige notwendige Arbeiten und Einrichtungen.

II.

Der Maschinenmeister hat täglich, oder wöchentlich für alle Tage der verflossenen Woche, einen mit dem Stauweihertagebuche genau übereinstimmenden Bericht dem Direktor des Wasserwerks einzusenden. Außerordentliche Vorkommnisse und dringende Maßnahmen sind vorbehaltlich der Eintragung in das Tagebuch sofort telegraphisch oder sonstwie schleunigst dem Direktor zu melden.

III.

Der Direktor des städtischen Wasserwerks hat das Tagebuch nach Eingang regelmäßig, die Stauweieranlage, sofern außergewöhnliche Meldungen des Maschinenmeisters eingehen, oder bei sonstigen außergewöhnlichen Vorkommnissen sofort, im übrigen im Sinne der Nr. I regelmäßig monatlich einmal zu prüfen, über den Befund und die etwa erforderlich gewordenen Anordnungen und Arbeiten Buch zu führen, und dem Oberbürgermeister in dringenden Fällen sofort Bericht zu erstatten.

Die städtische Wasserwerkskommission hat in Gemeinschaft mit dem zuständigen Königlichen Lokalbaubeamten (Kgl. Wasserbauinspektor II zu Düsseldorf), und zwar durch wenigstens drei ihrer Mitglieder jährlich zweimal die Stauweieranlage, davon einmal nach Entleerung des Staubeckens, bzw. zur Zeit des niedrigsten Wasserstandes, in allen Teilen zu besichtigen, hierüber eine Verhandlung aufzunehmen und dem Oberbürgermeister vorzulegen.

IV.

Die für die gewöhnliche Unterhaltung des Stauweihers erforderlichen Arbeiten hat der Direktor des städtischen Wasserwerks vorzuschlagen. Für die etatsmäßige Festsetzung dieser Arbeiten hat die städtische Verwaltung und für die rechtzeitige ordnungsmäßige Ausführung der Oberbürgermeister zu sorgen.

Von einer gänzlichen Entleerung des Beckens außerhalb der Fischschonzeit ist den zuständigen Königlichen Lokalbaubeamten und dem Regierungspräsidenten jedesmal rechtzeitig, nötigenfalls telegraphisch Kenntnis zu geben.

V.

Bei außergewöhnlichen Vorkommnissen an dem Stauweier (Verstopfen der Rohre, des Überlaufes usw.) ist der Direktor des Wasserwerks verpflichtet, unter sofortiger Meldung an den Oberbürgermeister und unter Benachrichtigung des zuständigen Königlichen Lokalbaubeamten, die je nach den Umständen ebenfalls sofort erfolgen muß, die zur Herstellung des vorschriftsmäßigen Zustandes geeigneten Maßregeln unter eigener Verantwortung ungesäumt zu treffen.

VI.

Bei außergewöhnlichen Vorkommnissen, die eine unmittelbare Gefahr in sich schließen (Verstopfen des Überlaufes, größere Beschädigungen am Mauerwerk usw.) ist außerdem auch der Maschinenmeister verpflichtet, die nach der Sachlage zur Sicherung der Anlage und des Betriebes geeigneten Mittel unmittelbar und selbständig zur Anwendung zu bringen. Der Direktor des Wasserwerks hat ihm ein für allemal die dazu nötigen Anweisungen zu geben, Arbeits- und Hilfsmittel an Ort und Stelle zur Verfügung zu stellen und für die ordnungsmäßige Unterhaltung derselben zu sorgen. Die Benachrichtigung des Oberbürgermeisters, der zuständigen Ortspolizeibehörde, des zuständigen Lokalbaubeamten, des zuständigen Landrats, der unterhalb belegenen Betriebe und des Königlichen Regierungspräsidenten hat im Falle letztgedachter Art unter allen Umständen sofort und auf dem kürzesten Wege zu erfolgen.

Der Landrat und der Lokalbaubeamte haben sich bei derartigen Meldungen als Kommissare des Regierungspräsidenten unverzüglich zum Stauweier zu begeben und die von dem Maschinenmeister oder dem Direktor des Wasserwerks und der Ortspolizeibehörde getroffenen Maßnahmen erforderlichenfalls zu ergänzen und abzuändern. Dem Königlichen Regierungspräsidenten ist gleich nach der Besichtigung seitens der Kommission gemeinschaftlich mit dem Oberbürgermeister im Falle unter Zuziehung der übrigen Beamten Bericht zu erstatten.

Am Ende jeden Betriebsjahres ist vom Oberbürgermeister an den Königlichen Regierungspräsidenten ein etwa in folgende Gegenstände zu gliedernder Bericht aufzustellen und beglaubigte Abschrift der unter Nr. III genannten Verhandlung beizufügen:

1. Witterungsverhältnisse im allgemeinen, auch im Vergleich zum Vorjahre, Niederschläge, Regenhöhen, Verdunstungsmengen und Zuflußmengen.
Ungewöhnliche Niederschlagsmengen und Zuflußmengen, Ablaufmengen am Überlauf, Temperatur nach Celsius, usw. usw. Angaben.
2. Betrieb. Bewegung des Wassers im Staubecken. Wasserabgabe nach ihren verschiedenen Zwecken geteilt. Prozentsatz der durch das Sammelbecken nutzbar gemachten Mengen.
3. Baulicher Zustand. Äußerliche Beschaffenheit und Befund. Stattgehabte Untersuchungen an den Visiervorrichtungen. (Diese Aufnahmen sind durch eine Skizze der mit Nummern zu versehenen Aufnahmepunkte zu erläutern). Unterhaltungsarbeiten, Sickerwassermengen. Außergewöhnliche Vorkommnisse.
4. Ergebnisse von chemischen und bakteriologischen Untersuchungen unter Angabe von Zeit und Ort der Wasserentnahme. (Oberfläche, Sohle, Rohrnetz, Bacheinläufe.) Name und Wohnort des Untersuchenden.

Dieser Bericht ist spätestens vier Wochen nach Ablauf des Betriebsjahres einzureichen.
Düsseldorf, den 2. November 1903.

Der Regierungspräsident.

Die Buchführung im Talsperrenbetriebe. Für den Betrieb der preußischen Stauweiher ist die Anlegung eines Sammelbeckenbuches vorgeschrieben. Dieses Buch soll die Genehmigungsurkunde, die nach der Ausführung angefertigten Bestandszeichnungen, die Standsicherheitsberechnung, Aufzeichnungen über die Bauausführung und fortlaufende Nachtragungen über den Betrieb und besondere Vorkommnisse im Betriebe enthalten. Es ist dies eine wichtige und vorteilhafte Einrichtung, um alles Bemerkenswerte über das Bauwerk einheitlich zusammenzufassen und für spätere Zeit aufzubewahren, sei es als geschichtliche Mitteilungen, sei es als Unterlage für wissenschaftliche Forschungen oder im gegebenen Falle als bedeutsamer urkundlicher Nachweis. Im einzelnen gibt über die Fassung und Einzelheiten dieses Buches die in § 16 mitgeteilte »Anleitung« unter Absatz G Aufschluß.

§ 70. Die Unterhaltung der Sperrmauern (vergl. auch § 69). Die Unterhaltung der Talsperren ist eine einfache. Die Arbeiten beschränken sich in der Regel auf geringfügige Nacharbeiten am Putz der Außenflächen, Anstrich der Geländer, Ausbesserung der Wege usw. Bei nicht sorgfältiger Wahl des Materials und der Bauweise der Schieber oder sonstiger Betriebseinrichtungen können allerdings durch Auswechseln abgängiger Stücke nicht unwesentliche Kosten entstehen. Über Ergänzungsarbeiten in den Stollen der Talsperre von Markklissa ist auf Seite 407 berichtet worden. Aber das sind Ausnahmefälle. Der Umstand, daß sich das Mauerwerk der spanischen Talsperren zum Teil durch Jahrhunderte unversehrt erhalten hat, beweist die Dauerhaftigkeit dieser Bauwerke, die nur einen geringen Tilgungssatz ihrer Anlagekosten beanspruchen.

Besondere Vorrichtungen für die Ausführung der baulichen Unterhaltungsarbeiten werden meist nicht getroffen. Zu erwähnen ist jedoch die Assuan-Sperre. Hier ist für Ausbesserungsarbeiten eine Taucherglocke vorhanden. Auf der Mauer befindet sich außerdem ein fahrbarer Dampfkran von 20 t Tragkraft (s. Abb. 226 auf S. 372) zum Heben und Senken der Ausrüstungsstücke. Auf dem Kran gestell sind ein Luftkompressor zum Betriebe von Nietmaschinen und eine elektrische Beleuchtungsanlage untergebracht. Für leichtere Arbeiten steht ein Handkran von 1 t Tragkraft und 11 m Ausladung zur Verfügung¹⁾. An der Talsperre von Markklissa sind Fahrstühle vorhanden, die es ermöglichen, in die einzelnen Schächte des Schutzmantels an der Wasserseite (s. Abb. 75 auf S. 205) hinabzufahren und den Verputz zu besichtigen und auszubessern.

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904 S. 92.

Die Bildung von größeren Schlammablagerungen ist bei deutschen Sammelbecken nicht zu befürchten, jedoch kann es in Frage kommen, den Boden des Staubeckens beim Ablassen des Weihers oder bei niedrigen Wasserständen von faulen oder sonstigen schädlichen Stoffen so weit zu reinigen, daß Gefahren für die Umgebung des Weihers und bei Trinkwasserbecken für die Wasserversorgung vermieden werden. Besondere Vorrichtungen zur Entschlammung der Staubecken mit Ausnahme eines in der Höhe der ursprünglichen Bachsohle in die Mauer verlegten Entleerungsrohres sind an den rheinisch-westfälischen, schlesischen und andern deutschen Talsperren nicht vorhanden. Über einige Erfahrungen im Talsperrenbetriebe siehe die Erörterungen Lieckfeldts im Zentralbl. d. Bauverw. 1908, S. 261. Über den Betrieb der Harztalsperren s. S. 25. Über die Kosten der Unterhaltung sind in § 85 einige Mitteilungen gemacht.

Die Beseitigung der Schlammassen geschieht, wo dies erforderlich ist, am einfachsten durch Spülung. Bei dem Staubecken von Alicante in Spanien ist dies alle 4 bis 6 Jahre notwendig, nachdem sich eine etwa 16 m hohe Schlickschicht gebildet hat. Die Mündung des Entleerungskanales an der Wasserseite, die durch doppelte Holzwände verschlossen ist, liegt dann völlig unter dem Schlamm und dieser ist bereits so fest geworden, das man die Holzwände von der Landseite aus ohne Gefahr beseitigen kann. Das Wasser wird vorher bis auf eine Tiefe von 3 bis 4 m über der Ablagerung abgelassen und nach Entfernung des Verschlusses treibt man vor der Einmündung kleine Öffnungen mit Stangen von oben durch den Schlamm. Dadurch entsteht alsbald eine so kräftige Spülung, daß die Schlickmassen vollständig fortgerissen werden.

Einige Mitteilungen hierüber s. auch Bellet, Barrages en Maçonnerie S. 280.

§ 71. Einzelaufgaben des Betriebes. Es ist wesentlich, das elastische Verhalten der Sperrmauern unter dem Einfluß des Wasserdrucks des Beckens und der Wärmeänderungen kennen zu lernen. Diese Beobachtungen haben nicht nur ein praktisches Interesse für die Standsicherheit des Bauwerks; es bieten die Ergebnisse der Messungen auch die Unterlagen zu wissenschaftlichen Untersuchungen über die Elastizitäts- und Ausdehnungskoeffizienten des in der Talsperre verwandten Mauerwerks. Es sollte die Gelegenheit, diese Ermittlungen an den Talsperren mit einem geringen Aufwande an Mühe und Kosten vorzunehmen, nicht verabsäumt werden. Für den wasserwirtschaftlichen Betrieb und gegebenenfalls zur Beurteilung der statischen Verhältnisse in der Mauer ist es weiterhin von Bedeutung, die Sickersverluste, die durch ihre Undichtigkeit entstehen, festzustellen. Es möge die Art dieser Messungen an den Einrichtungen der Solinger Talsperren erläutert werden.

Wärmemessungen. Wärmemessungen wurden an der Solinger Talsperre im Innern der Mauer ausgeführt. Dies geschah in drei 50 mm weiten, dem Entwässerungsnetz der Mauer angehörenden Rohren, die um 1,50 m hinter der wasserseitigen Außenfläche liegen und bis zur Fahrbahn hochgeführt sind. In diesen Rohren wurde das Thermometer an einem dünnen Draht bis zur gewünschten Tiefe hinabgelassen und heraufgezogen, nachdem es darin genügend lange geblieben hatte, um die Mauerwärme anzunehmen. Bei der Talsperre in Marklissa können die Schwankungen in noch vollkommenerer Weise in den im Mauerwerk vorhandenen Stollengängen (s. S. 210) verfolgt werden.

Aus der nachstehend mitgeteilten Tabelle ist ersichtlich, daß das Mauerinnere weit geringeren Schwankungen unterworfen ist, wie die Außenluft. Die Wärme hat im Innern des unteren Mauerteiles im Jahre 1903 nur um etwa 4—5° C. geschwankt, während in gleicher Zeit der Wechsel in der Luft im Monatmittel bis fast 20° betragen hat. Gegen die Mauerkrone hin sind diese Wärmeschwankungen in der Mauer allerdings stärker und betragen etwa 6°. Die Einwirkungen des äußeren starken Wärmewechsels auf das Mauerwerk kommen also im wesentlichen nur an den Außenflächen zur

Geltung. Dieser Umstand ist von Bedeutung für den Bestand der im vollen Mauerwerk hergestellten Talsperren gegenüber solchen Sperrmauern, deren Querschnitt in einzelne Pfeiler und Bögen aufgelöst ist.

Tab. 72. Wärmemessungen im Mauerwerk der großen Solinger Talsperre. Grade in C.

Zeit	Luftwärme	Wasserwärme an der Oberfläche	Wärme in der Mauer			
			5 m tief	15 m tief	25 m tief	35 m tief
1903						
Januar	+ 2,5	—	—	+ 5,6	+ 5,6	+ 6,2
Februar	+ 5,0	—	—	+ 5,6	+ 6,2	+ 7,0
März	+ 6,2	—	—	+ 6,0	+ 6,2	+ 7,5
April	+ 7,0	—	—	+ 8,2	+ 7,6	+ 8,3
Mai	—	—	—	—	—	—
Juni	+ 21,0	+ 16,7	—	+ 10,5	+ 8,7	+ 8,4
Juli	+ 20,7	+ 18,8	—	+ 12,6	+ 9,4	+ 9,1
August	+ 19,5	+ 17,2	—	+ 13,9	+ 9,5	+ 9,2
September	+ 18,2	+ 16,5	—	+ 14,3	+ 10,1	+ 9,6
Oktober	+ 12,6	+ 13,5	+ 12,3	+ 12,7	+ 9,6	+ 9,4

Bemerkungen. Die Zahlen geben das Mittel aus 3 bis 5 Beobachtungen im Monat bei Tages- oder Nachtmessung. — Die Stauung des Beckens hatte Ende März 1913 begonnen.

Bewegungsmessungen. Die für die Beobachtung der Bewegungen der Mauerkronen unter dem wechselnden Einfluß der Wärme, Sonnenbescheinung und des Wasser-

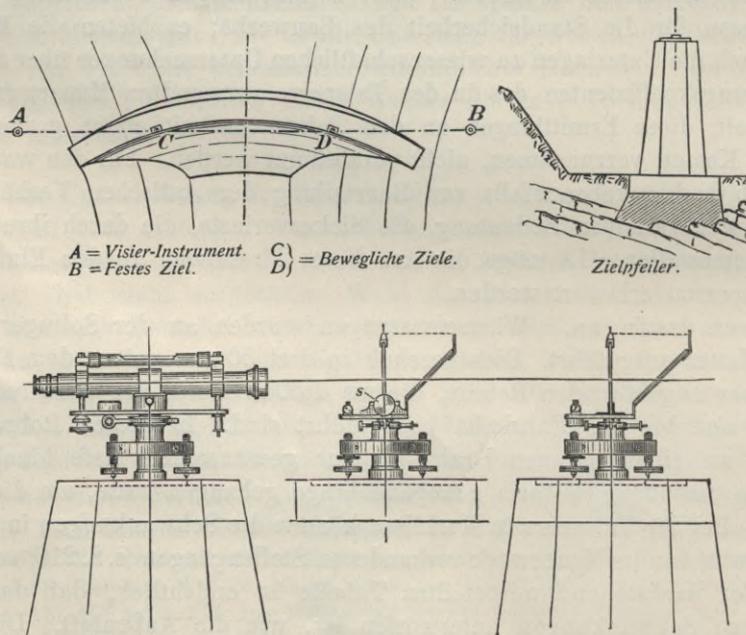


Abb. 322. Zielvorrichtung zur Beobachtung der Durchbiegungen der Mauerkrone der Talsperre.

drucks der gestauten Becken für beide Solinger Talsperren gemeinsame Meßvorrichtung hat folgende Teile (Abb. 72 auf S. 202 u. Abb. 322): 1. Die unverrückbar festen Punkte außerhalb der Mauern, welche durch massive Pfeilerbauten auf sicherem Untergrunde geschaffen wurden, und die Pfeiler, welche auf den Mauern selbst stehen. 2. Ein

Nivellierinstrument mit Fernrohr von 40facher Vergrößerung und 43,5 cm Brennweite. Das Fernrohr ist mit einer Kippschraube versehen, die seine lotrechte Auf- und Abwärtsbewegung innerhalb enger Grenzen gestattet. Beim Messen findet dieses Instrument auf einem der festen Landpfeiler Platz. 3. Eine feste Zieltafel; sie steht auf dem zweiten Landpfeiler. 4. Eine verstellbare Zieltafel. Diese wird auf den kleinen Pfeilern auf der Mauerkrone aufgestellt. Auf dem Betonkern des Staudammes ist nur ein Pfeiler aufgebaut; an der großen Sperrmauer sind jedoch zwei Geländersteine entsprechend ausgearbeitet. Die Mittelpfeiler sind um etwa die Höhe der Zieltafel niedriger gehalten, um durch Heben und Senken des Fernrohres mittels der Kippschraube von einer Aufstellung aus, ohne die mittlere Zieltafel zu entfernen, die Ablesungen zu gewinnen¹⁾.

Durch die Landpfeiler ist eine Richtungslinie *AB* dauernd festgelegt (Abb. 322). Veränderungen in der Lage der Mittelpfeiler und damit die Bewegungen der Mauer kann man an der verstellbaren Zieltafel verfolgen, die von einem Pfeiler auf den andern auswechselbar ist. Vorzüglich genaue Arbeit der Instrumente ist die Vorbedingung für ihre Brauchbarkeit, da die zu messenden Bewegungen sehr klein sind. Ist diese, sowie ein klares Lichtfeld im Fernrohr vorhanden, so kann die beschriebene Messeinrichtung für ihren Zweck als sehr geeignet bezeichnet werden. Die Ablesungen erreichen die Genauigkeit von etwa halben Millimetern.

Es ist wünschenswert, daß die Einrichtungen für die Messung der Bewegungen rechtzeitig getroffen werden, damit man die ersten Messungen machen kann, bevor mit der Anstauung begonnen wird. Dann kann man den bemerkenswerten Einfluß der ersten Anstauung erkennen.

Tab. 73. Ergebnisse der Messungen der Bewegung der Mauerkrone an der großen Solinger Talsperre in den Jahren 1903/04.

Bemerkungen: Die Grundstellung ist derjenige Stand, welchen die Sperrmauer im Januar 1903 vor Beginn der Anstauung inne hatte. —

Zeit der Messung		Wärme		Stau- höhe über N.N.	Stau- inhalt	Linker Geländerpfeiler		Rechter Geländerpfeiler	
		der Luft	des Wassers an der Oberfläche			Stand der Mauer gegen die Grundstellung			
						°C	°C.	zu Tal mm	zu Berg mm
Monat	Jahr	°C	°C.	Mill. cbm	Grundstellung		Grundstellung		
Januar	1903	+ 3,0	—	—	—	Grundstellung		Grundstellung	
Februar	1903	+ 8,0	—	+ 116,0	—	2,0	—	2,0	—
1. April	1903	+ 10,5	—	+ 118,0	—	0		0,5	—
21. April	1903	+ 12,5	+ 8,0	+ 132,0	0,8	1,5	—	2,0	—
Mai	1903	+ 22,0	+ 17,0	+ 141,0	1,8	5,0	—	4,0	—
Juni	1903	+ 20,0	+ 17,5	+ 141,0	1,8	3,0	—	2,5	—
Juli	1903	+ 18,0	+ 19,0	+ 140,0	1,7	2,5	—	1,0	—
August	1903	+ 18,0	+ 17,5	+ 143,0	2,2	3,0	—	2,5	—
Septbr.	1903	+ 15,0	+ 17,0	+ 145,6	2,7	6,5	—	6,0	—
Oktober	1903	+ 13,0	+ 14,0	+ 147,0	3,0	8,0	—	8,0	—
Dezbr.	1903	+ 2,0	+ 5,0	+ 147,0	3,0	12,0	—	11,5	—
Januar	1904	+ 0,5	+ 0,5	+ 146,5	2,9	15,0	—	14,0	—
18. Febr.	1904	+ 3,0	+ 3,0	+ 147,0	3,0	14,0	—	14,5	—
16. März	1904	+ 2,0	+ 3,0	+ 147,0	3,0	15,0	—	15,5	—
13. April	1904	+ 14,0	+ 6,0	+ 147,0	3,0	13,5	—	14,5	—

¹⁾ Die Anlage entspricht im allgemeinen der im Zentralbl. d. Bauverwaltung 1900, S. 583 beschriebenen Vorrichtung. Hier ist auch die Handhabung im einzelnen dargestellt.

Die Messungen an der großen Solinger Talsperre (Tab. 73). Bemerkenswert ist, daß sie vor Beginn der Einstauung des Beckens ihren Anfang genommen haben, so daß die späteren Einflüsse des Betriebes genau erkennbar sind. Beide nächst den Entnahmetürmen belegenen Geländepfeiler, deren Lage aus Abb. 72 auf S. 202 ersichtlich ist, zeigen zuerst unter dem Wasserdruck des sich füllenden Beckens eine Bewegung talwärts. Während der Monate Juli und August ist dann eine leichte Neigung aufwärts zu bemerken. Von Ende August vollzieht sich dann bei zunehmender Vollfüllung des Beckens eine dauernde Talwärtsbewegung, die im Winter 1903/04 bis zu 15 bzw. 15,5 mm gegen die Grundstellung beträgt. Das Sammelbecken war von anfang Oktober über den ganzen Winter mit einer verschwindenden Absenkung im Januar vollgefüllt. Die in dieser Zeit beobachtete Bewegung ist daher nur der abnehmenden Wärme gegen den Winter hin zuzuschreiben. Gegen das Frühjahr 1904 ist eine leichte Neigung bergwärts zu bemerken. Die Zahlen geben im allgemeinen das monatliche Mittel aus zwei bis fünf Beobachtungen an. Der Überfall lief von Oktober 1903 ab zeitweise bis 15 cm Strahldicke über.

Tab. 74. 1. Ergebnisse der Messungen der Bewegung des Betonkerns im Staudamm des Solinger Vorbeckens in den Jahren 1901/4.

Bemerkungen. Die Grundstellung ist derjenige Stand des Betonkerns, welchen derselbe im September 1901 vor Vollfüllung inne hatte. — Die Kaskade lief in der ganzen Beobachtungszeit mit kleinen Unterbrechungen, zeitweise bis 30 cm Strahldicke, über.

Zeit der Messung		Wärme		Stauhöhe über NN.	Stauinhalt cbm	Stand des Betonkerns gegen die Grundstellung	
		der Luft °C	des Wassers an der Oberfläche °C			zu Tal mm	zu Berg mm
Sept.	1901	+ 20	+ 20	+ 146	—	Grundstellung	
10. 10.	1901	+ 12	+ 11	+ 148	100 000	2,0	—
18. 10.	1901	+ 16	+ 12	+ 148	100 000	1,5	—
5. 2.	1902	+ 1	+ 2	+ 148	100 000	7,0	—
8. 4.	1902	+ 9	+ 9	+ 148	100 000	7,0	—
23. 8.	1902	+ 21	+ 20	+ 148	100 000	0,5	—
22. 10.	1902	+ 11	+ 11	+ 148	100 000	1,5	—
30. 12.	1902	+ 3	+ 5	+ 148	100 000	6,5	—
21. 4.	1903	+ 10	+ 7	+ 148	100 000	6,5	—
4. 7.	1903	+ 18	+ 23	+ 148	100 000	2,0	—
24. 8.	1903	+ 20	+ 17	+ 148	100 000	1,5	—
25. 9.	1903	+ 19	+ 16	+ 148	100 000	0	—
11. 11.	1903	+ 8	+ 8	+ 148	100 000	2,0	—
18. 2.	1904	+ 3	+ 3	+ 148	100 000	4,0	—
13. 4.	1904	+ 14	+ 6	+ 148	100 000	4,0	—

Die oben in Tab. 74 mitgeteilten Ergebnisse der Beobachtungen am Staudamm des Vorbeckens lassen eine Regelmäßigkeit der Bewegung über Winter und Sommer erkennen. Im Zeitpunkt, als die Grundstellung des Betonkerns festgelegt wurde (September 1901), hatte der Beton und das ihn umgebende Erdreich etwa die Temperatur wie bei der Herstellung des Dammes, d. h. eine mittlere Sommerwärme. Gegen diese Grundstellung neigte sich die Mauer zunächst wohl ein wenig unter dem Druck des sich stauenden Beckens und dann hauptsächlich infolge der Abkühlung im Winter 1901/02 um 7 mm zu Tal, um sich dann im darauffolgenden Sommer wiederum bis fast an die Ursprungsstellung bergwärts zu heben. Der Winter 1902/03 brachte abermals bis zu 6,5 mm Talwärtsbewegung, und der Sommer 1903 führte den Betonkern auf seine Grundstellung zurück. Der Winter 1903/04 zeigte wiederum eine allerdings nicht so starke Talwärtsbewegung. In letzterem Winter, und zwar von Ende September 1903 ab, lag der Damm auf beiden Seiten fast bis zu seiner Krone im Wasser, und es dürfte sich aus den dadurch veränderten Druckverhältnissen und vielleicht auch anderen Wärmezuständen im Damminnen die geringere Durchbiegung erklären. Die Bewegungen von 1901 bis 1903 fanden bei stets gleichem Wasserdruck statt; das Becken war seit Herbst 1901 ständig gefüllt und die Kaskade lief meist über. Die Bewegungen sind also lediglich eine Folge der wechselnden Wärme.

Über die Berechnung des Beiwertes (Koeffizienten) für die Wärmeausdehnung von Bruchsteinmauerwerk und Beton aus diesen Beobachtungen und das dabei vom Verfasser angewandte Verfahren s. Zeitschrift f. Bauwesen 1904, S. 665. Der Wert für Bruchsteinmauerwerk ergab sich zu 0,0000078, für Beton zu 0,00001228 für 1° C.

In der Tabelle 75 sind die Bewegungen der Sperrmauer in den späteren Betriebsjahren 1906/12 verzeichnet. Man ersieht daraus, daß die größte Bewegung von 13 mm in dem sehr heißen Jahre 1911/12 eingetreten ist. Immerhin sind die elastischen Durchbiegungen, wie sie bei der ersten Vollfüllung im Betriebsjahre 1903/04 auftraten, nicht wieder erreicht worden.

Tab. 75. Größte elastische Bewegungen der Mauerkrone der Solinger Talsperre in den Jahren 1906/12.

Jahr	Monat Tag	Wärme		Stau- höhe über N.N.	Linker Geländerpfeiler		Rechter Geländerpfeiler		Größte Bewegung im Jahr	
		der Luft °C	des Wassers 1 m unter der Oberfläche °C		Stand der Mauer gegen die Grundstellung				linker Pfeiler mm	rechter Pfeiler mm
					zu Tal		zu Berg			
					mm	mm	mm	mm		
1906/07	8. X.	17,0	15,0	27,10	—	—	—	2,5		
	3. IV.	10,0	4,0	36,60	11,0	—	7,5	—	11	10
1907/08	6. XI.	11,0	12,0	24,7	2,0	—	—	1,5		
	7. III.	4,0	2,0	36,6	10,5	—	7,5	—	8,5	9
1908/09	3. VIII.	17,5	18,0	33,4	2,0	—	—	1,5		
	3. III.	—1,0	0,5	24,3	11,5	—	8,5	—	9,5	10
1909/10	30. IX.	12,5	14,5	35,4	4,0	—	1,0	—		
	16. III.	4,0	5,0	36,2	10,5	—	7,5	—	6,5	6,5
1910/11	VIII.	16,5	18,5	35,9	3,0	—	—	0,5		
	III.	11,5	5,5	36,3	11,5	—	8,0	—	7,5	8,5
1911/12	VIII.u.IX.	17,0	20,0	22,0	—	3,5	—	6,5		
	I.	1,0	2,5	36,1	9,5	—	6,5	—	13	13

Nach den Beobachtungen, die Fecht seit Jahren an den Talsperren der Vogesen gemacht hat, ist der Einfluß des Wassers auf die Durchbiegung der Sperrmauern ein viel geringerer als derjenige der Ausdehnung durch Wärme. Es beträgt in jenen hochgelegenen Vogesentälern der Unterschied der Lufttemperatur bis 60°. Die Wirkung der Ausdehnung war neben der unmittelbaren Beobachtung auch daran erkennbar, daß nach lang andauernder Kälte an der Luftseite der Mauer Ausschwitzungen eintraten, die in der warmen Witterung im Frühjahr wieder verschwanden. Um diese Bewegung der Mauer günstig zu verringern, ist am Lauchenseeweiher die talseitige Mauerfläche durch Vorlegen einer Erdschüttung den Temperatureinflüssen nach Möglichkeit entzogen worden (s. Abb. 77 u. 78 auf S. 207 u. 208). Man will wahrgenommen haben, daß dadurch die Wärmeeinflüsse auf etwa $\frac{1}{10}$ vermindert wurden. Ausschwitzungen dieser Art, die sich bei Frost in Form von mehr oder minder großen Eiszapfen an der Außenfläche (Luftseite) ansetzen, hat der Verfasser wiederholt bei den Talsperren in Rheinland und Westfalen beobachtet. Man will an der alten Remscheider Talsperre wahrgenommen haben, daß diese undichten Stellen wechselten und in den verschiedenen Wintern immer wieder an anderer Stelle auftraten. Über die Rissebildung vergl. auch S. 273 u. 342, sowie Zentralbl. der Bauverw. 1903, S. 349 u. 1911 S. 290, 362 u. 628.

Die jährlichen Bewegungen der Bever- und Lingesetalsperren betragen nach jahrelangen Messungen bis 12,0 mm, an der Nordhauser Sperrmauer in den verschiedenen Jahren zwischen 3 und 9 mm. Diese Mauern sind, wie die vorerwähnten, bogenförmig gebaut.

Sickermengenmessungen. Diese Messungen sind bei der ersten Anstauung von Bedeutung, weil sie einen guten Einblick in den baulichen Zustand der Talsperren gewähren und Gefahrstellen in erster Linie aufdecken. Sie treten meßbar im allgemeinen nur in den Stollen auf und zwar aus den Entwässerungen und Quelleitungen,

die im Mauerinnern eingelegt sind, besonders schwitzt oft die Schildmauer der Abmauerung der Stollen; mitunter aber zeigen sich auch Aufquellungen in ihrer Sohle. Dies Messen geschieht in einfachster Weise durch Auffangen in Gefäßen, die in einer Vertiefung am Ende der Stollen aufgestellt werden. Es kommt auch der Einbau eines kleinen Meßwehres in Betracht. Die Undichtigkeiten an den Berghängen und an der Mauerfläche sind schwer — wenn überhaupt — meßbar. An der Solinger Talsperre zeigten sich solche an der Kaskade des linken Hanges, in Marienheide (Lingese Talsperre) am rechten Berghange infolge zu naher Lage des Steinbruchs. Die Sickerungen fangen hier bei einem bestimmten Wasserstande an. Auch an der alten Remscheider Talsperre sind Quellungen im Gelände unterhalb der Mauer festgestellt worden. Über die nicht unerheblichen Sickerungen in den Berghängen der Mescheder und Gothaer Talsperre wird später (§ 76) näheres mitgeteilt werden. Undichtigkeiten in der ganzen Mauerfläche zeigen die Talsperren der Stadt Barmen (Herbringhausen), die Gileppe, die Ronsdorfer Sperre, die neue Crotonsperre u. a. m. Die Undichtigkeiten pflegen im Laufe der Jahre im allgemeinen nachzulassen, indem sich die Haarrisse zusetzen. Siehe hierüber S. 292 sowie die Mitteilungen des Verfassers im Zentralblatt der Bauverwaltung 1905, S. 319, ferner in demselben Blatt 1905 S. 569 und 1906 S. 503.

Über die Ergebnisse der Messungen von Sickermaßen an Talsperren siehe § 14 S. 103 u. f. Über die chemische Beschaffenheit dieses Sickerwassers siehe S. 161.

§ 72. Wasserwirtschaftlicher Betrieb. Betriebsplan. Der wasserwirtschaftliche Betrieb eines Sammelbeckens wird durch den bei den Voruntersuchungen auf der Grundlage des vorhandenen Wasserabflusses und des Stauraumes der Talsperre aufgestellten Wasserwirtschaftsplan gegeben sein. Immerhin wird ein derartiger nach früheren Abflußjahren vorläufig aufgestellter Betriebsplan nur einen allgemeinen Anhalt geben, während der tatsächliche Betrieb mit der Wirklichkeit und allen maßgebenden Forderungen der Interessenten rechnen muß. In Preußen muß dieser Betriebsplan von der Aufsichtsbehörde festgestellt werden und in seiner Anwendung durch den zuständigen Beamten fortlaufend verfolgt werden, wobei die Interessen des Unternehmers der Sammelbeckenanlage und die der Unterlieger gleichmäßig abzuwägen sind. Es können an dieser Stelle nur einige allgemeine Grundsätze für die Aufstellung des Betriebsplanes gegeben werden. Es soll dies geschehen im Anschluß an die früheren Erörterungen über die Aufstellung der Wirtschaftspläne bei den Entwurfsarbeiten (s. S. 101 u. f.) und ferner sollen einige leitende Gesichtspunkte, die sich aus den bisherigen Talsperrenbetrieben ergeben haben, besprochen werden.

Man wird sich für die Betriebsführung vergegenwärtigen müssen, daß es der Industrie vorteilhafter ist, dauernd eine gleichmäßige Betriebskraft, wenn auch von minderer Größe zur Verfügung zu haben, als zeitweise ein starkes Betriebswasser zu erhalten, in andern Zeiten aber Mangel zu leiden. Hierauf muß ein zweckmäßig angelegter Betriebsplan Rücksicht nehmen. An den Triebbächen sind meist Werke verschiedener Größe hintereinander aufgebaut, die einen ungleichen Wasserverbrauch haben. Die großen Werke begehren meist einen stärkeren Zufluß. Durch eine starke Wasserabgabe wird aber die Gefahr der vorzeitigen Entleerung des Beckens herbeigeführt. — Es sind dies Vorgänge, die sich im Betriebe der Wuppertalsperren gezeigt haben. Der Verfasser hat in seiner Schrift »Über die Ausnutzung der Wasserkräfte II. Aufl. 1908, S. 97« auf das Hindernis hingewiesen, das die Triebwerksmotore der systematischen Ausbeute des Wassers an unseren Gebirgsbächen bereiten und auch die Mittel angeben,

die eine Besserung bringen könnten. Eine durchgreifende Hilfe wird hier nur erzielt werden können dadurch, daß die sämtlichen Werke eines Triebbaches auf die gleiche Aufnahmefähigkeit der Motore gebracht werden. Es mag ein solcher Normalisierungsplan gegenüber den heute obwaltenden Verhältnissen als ein weitgreifendes und gewagtes Unternehmen erscheinen. Aber doch darf er als das Ziel einer wirtschaftlichen Gestaltung der Wasserkraftverwertung an den Triebbächen bezeichnet werden.

Allerdings sind die Werke meist in privatem Besitz. Ein Zwang zum Ausbau einer Maschinenanlage nach bestimmter Art kann nicht wohl ausgeübt werden, und ein einheitliches Vorgehen könnte nur angebahnt werden, wenn die Werke in eine Hand kämen, sei dies eine Genossenschaft, der Staat oder sonst ein Verwaltungskörper, oder wenn die Besitzer als Mitglieder einer Genossenschaft gehalten wären, bei Um- und Neubauten entsprechende Vorschriften zu befolgen. Eine solche Vereinigung könnte weiterhin auch zu dem Ziele einer einheitlichen Regelung der Betriebszeit in den Werken führen. Die oben (S. 124) erwähnte Aushilfe mit den Ausgleichweihern, die entlang am Bache verteilt sind, ist nur eine unvollkommene, und als die naturgemäße Betriebszeit muß die über Tag und Nacht ununterbrochene Arbeitszeit angesehen werden. Und es scheint, daß, selbst wenn in einzelnen Werken der ganzen Bachstrecke der ununterbrochene Betrieb nicht zugänglich ist, für diese die elektrische Akkumulierung in Frage kommen kann.

Bei Talsperren zur Speisung eines zentralen Werkes muß die Abgabe des Wassers den Schwankungen des Kraft- und Lichtverbrauchs folgen. Zugunsten der Verwendung der Wasserkräfte für den elektrischen Lichtbetrieb fällt der Umstand ins Gewicht, daß der größte Bedarf im Winter zeitlich mit dem Wasserreichtum zusammenfällt. Die Statistik städtischer Elektrizitätswerke erweist, daß im allgemeinen der Lichtverbrauch stärker als der Kraftverbrauch ist und das Verhältnis der Kraft- zur gesamten Stromabgabe für Kraft, Licht und öffentliche Beleuchtung bis 1:3 beträgt. Andererseits läßt die Tab. 15 erkennen, daß von der gesamten Jahresabflußmenge im Durchschnitt etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ auf die Sommermonate April bis September und $\frac{3}{4}$ bis $\frac{2}{3}$ auf die übrigen Monate des Winters entfällt. Dieser Kraftüberschuß in der Winterzeit kann vorteilhaft für die große Lichtbeanspruchung in den Abendstunden Verwendung finden, während der geringere Lichtbedarf in den Sommermonaten sich dem verminderten Wasserzufluß gut anpaßt. Dem im Laufe weniger Stunden stark wechselnden Energiebedarf vermag ein Wasserkraftwerk mit Stau- oder Ausgleichweihern durch Einschaltung einiger Turbineneinheiten leicht zu folgen, während in einem Dampfkraftwerk die vermehrte Anheizung der Kessel umständlicher ist.

Bei einer Talsperre, die der Aufhöhung des Niedrigwassers dient, erfolgt, wie in § 14 näher dargelegt, die Wasserabgabe nur nach Bedarf. Der Betrieb muß sich also im einzelnen den jeweiligen Wasserzuflußverhältnissen anschließen. Aber die Ableitung von Wasser aus den Sammelbecken zur Aufhöhung des Niedrigwassers wird nicht nur in trockener Sommerzeit nötig. Auch in Frostperioden des Winters pflegt in den Gebirgsbächen schnell Wassermangel zu entstehen und die Ergänzung durch Zusehußwasser ist geboten. Bei den Wupper- und Ruhrsperrern findet z. B. bei Frostwetter eine starke ununterbrochene Wasserabgabe statt, zum Teil um das Einfrieren der Triebwerke zu verhüten. In solcher Frostzeit pflegen die Zuflüsse aus dem Niederschlagsgebiet gering zu sein. Die sich verdoppelnde Wirkung dieser beiden Erscheinungen veranlaßt ein beträchtliches Sinken des Wassers in den Becken. Daraus ergibt sich dann allerdings bei eintretendem Tauwetter und Schneeschmelze ein guter Hochwasserschutz.

Hinsichtlich des Betriebes der Hochwasserschutzbecken stehen wir im Anfange der Erfahrungen. Das erste deutsche Hochwasserschutzbecken in Marklissa ist erst vor wenigen Jahren, das Becken von Mauer im Herbst 1912 in Betrieb gesetzt. Das Ausland hat keine nennenswerten Anlagen dieser Art aufzuweisen. Als die wesentlichste Vorbedingung zur Erfüllung eines gesicherten Hochwasserschutzbetriebes gehört ein gut eingerichtetes Meldewesen, das die schnelle Übermittlung von Nachrichten aus allen Punkten des Niederschlagsgebietes nach der Zentralverwaltung und nach der Talsperre sicherstellt. Die Niederschläge müssen durch Wärter beobachtet und gemessen werden und diese sollten durch eine Dienstanweisung gebunden sein, stärkere Regenfälle, die eine Anschwellung im Flußlauf vermuten lassen, unverzüglich dem diensthabenden Beamten an der Talsperre zur Kenntnis zu bringen. Auf diese Weise ist es für den Dienst an der Sperrmauer bei einiger Erfahrung möglich, das Eintreten der Fluten vor auszusehen und entsprechende Maßnahmen zu treffen. Ist das Becken über ein wünschenswertes Maß gefüllt, so kann man eine vorzeitige Entleerung eintreten lassen insoweit, als dies die Interessen der Unterlieger gestatten. Das Becken ist dann für die Aufnahme der neuen Hochflut bereit. Vor dem Ablassen stärkerer Schwellungen aus dem Becken müssen die Unterlieger benachrichtigt werden, damit sie, falls Ausuferungen zu erwarten sind, etwaige im Felde stehenden Ernten oder sonstiges Hab und Gut in Sicherheit bringen können. Unterhalb der Talsperre von Marklissa geschieht dies durch elektrische Lätewerke, die in solchen Zeiten in Bewegung gesetzt werden. Auf diese Weise kann eine zuverlässige Hochwasservoraussage gewonnen werden. Durch diese vorbeugenden Maßnahmen eines geordneten übersichtlichen Betriebes wird die eigentlich schutzbringende Wirkung des Hochwasser- raumes im Sammelbecken in außerordentlichem Maße für das Gemeinwohl gesteigert.

Schwierig, wenn nicht unmöglich ist es, einen Betriebsplan für ein Sammelbecken aufzustellen, das verschiedenen Zwecken zugleich dient, zumal wenn noch eine Vereinigung mit einer anderen Energiequelle, z. B. bei einer Kraftanlage das Gefälle eines Flußlaufes (Wupper beim Solinger Talsperrenelektrizitätswerk s. S. 153) zu Hilfe genommen ist. Hier kann ein vorsichtiger Betrieb nur gewisse Leitsätze befolgen. Allgemein seien folgende Hauptgrundsätze betont, deren Innehaltung im Betriebe die Erfahrung als zwingend erwiesen hat (s. auch § 14).

1. Bei Beginn der gewöhnlich trockenen Zeit — also in Mitteleuropa bei Ausgang des Winters, etwa in der Zeit vom 1. April bis 1. Mai jeden Jahres — muß das Becken gefüllt sein.

2. Man muß bei kleinen Becken mit kleinen Niederschlagsgebieten damit rechnen, daß der Sommer praktisch ohne jeden Zufluß zum Becken bleibt. Der Vorrat des gefüllten Beckens muß also imstande sein, den gesamten sommerlichen Bedarf für etwa sechs Monate zu decken.

3. Die ständige Bereithaltung eines eisernen Bestandes im Becken erscheint sowohl für den Trinkwasserbetrieb, wie für den Turbinenbetrieb als unbedingt notwendig. Es sollte eine Stauhöhe von etwa 10 m nie unterschritten werden.

Die besonderen Maßnahmen, die der Betrieb der Talsperren zur Sicherung einer gesunden und einwandfreien Trinkwasserversorgung notwendig macht, sind an anderer Stelle (s. S. 425 u. f.) erörtert worden.

Handhabung des wasserwirtschaftlichen Betriebes. Für den wasserwirtschaftlichen Betrieb der Talsperren ist, abgesehen von dem oben erörterten Meldewesen für den Hochwasserdienst, in erster Linie die Einrichtung eines geordneten Beobachtungsdienstes an der Talsperre, in ihrem Niederschlagsgebiet und wenn er-

forderlich, im unterhalb gelegenen Tale Bedingung. Dieses sollte schon geschehen im allgemeinen wissenschaftlichen Interesse, um unsere Kenntnis der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse in den Gebirgstälern zu fördern. Zum Teil sind schon in den früheren Ausführungen über die Organisation der Betriebsverwaltung und die Gestaltung des Dienstes an der Sperrmauer einige Anhaltspunkte gegeben worden. Aber es wird gut sein, die leitenden Gesichtspunkte für diesen Dienst hier einheitlich zusammenzufassen. Für die Einrichtung des Beobachtungsdienstes ist vor allem die Aufstellung von Regenmessern mit und ohne Selbstaufzeichnung im Niederschlagsgebiet nötig. Über die Art ihrer Aufstellung ist früher (s. S. 425 u. f.) näheres mitgeteilt. Es wird interessieren, an diesen Regenmessern die Dauer, den Beginn und das Ende der Regenfälle zu verzeichnen, um die Schnelligkeit des Zuflusses zu ermitteln. Die Ergebnisse sind in Tabellen einzutragen. An den Hauptzuflüssen zum Becken sind Einrichtungen für das Messen der zufließenden Wassermengen zu treffen. Am verlässlichsten geschieht dies durch Einbau von Meßüberfällen mit selbstzeichnendem Pegel. Der Fassungsraum des Beckens wird zweckmäßig in der Nähe der Sperrmauer durch Anbringung eines weithin ablesbaren Pegels kenntlich gemacht, so daß man in jedem Augenblick den Inhalt des Beckens und die Höhe des Stauspiegels über der Talsohle feststellen kann. In gleicher Weise ist es für den Wasserhaushalt von Bedeutung, den Abfluß aus dem Becken zu messen. Wie an den Zuflüssen kann dies auch an den Entlastungsüberläufen der Talsperren durch selbstzeichnende Vorrichtungen geschehen. Weiterhin ist die Abgabe von Nutzwasser zu vermerken. Der Wasserdurchfluß in Rohrleitungen kann durch Venturimesser erfolgen¹⁾ (Abb. 323). Gewöhnliche Wassermesser sind hierfür weniger geeignet, denn sie sind zu empfindlich. Bei offenem Ablauf wird auch hier der Einbau von Überfällen in die untere Abflußrinne des Beckens am einfachsten zum Ziele führen (Abb. 324). Bei Sammelbeckenanlagen, die zugleich mehreren Zwecken dienen, sind die Aufzeichnungen getrennt zu machen und z. B. die Nutzung des Beckens für die Aufhöhung des Niedrigwassers, die Trinkwasserversorgung und etwaigen Kraftbetrieb zu trennen, um diese Einwirkungen gesondert verfolgen zu können (s. Tab. 76). Einen Teil des Abganges aus dem Becken, wenn zwar in einem ordnungsmäßigen Betriebe verschwindend klein gegenüber dem sonstigen Wasserhaushalt, bilden die Sickerungen, über deren Messung auf S. 103 berichtet wurde. Um die Nutzwirkung des Beckens besser zu übersehen, ist es durchaus wünschenswert, Beobachtungen über Verluste in den offenen Abflüssen unterhalb der Talsperre anzustellen. Hierfür sind an einzelnen Punkten des Flußlaufes Pegel anzubringen oder Meßwehre einzubauen und die Ergebnisse der Messung mit der

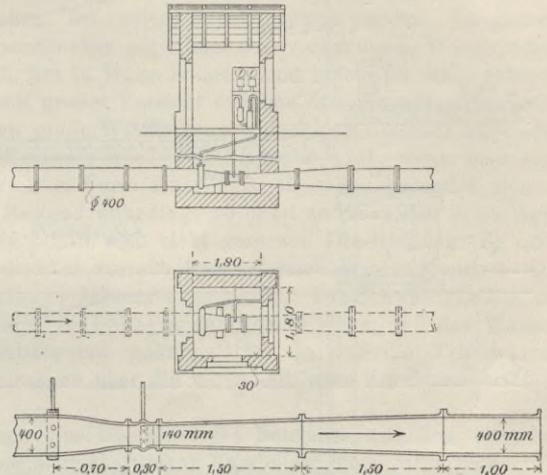


Abb. 323. Venturimeter zur Messung der Wasserabgabe mit selbsttätiger Aufzeichnung.

¹⁾ Neuerdings werden auch sog. Leistungsanzeiger angewandt, die die Durchflußmenge in der Zeiteinheit angeben. Die Messung beruht, wie bei der Venturiröhre, auf den verschiedenen hydrodynamischen Drucken im vollen Rohrquerschnitt und in der Einschnürungsstelle. Wenn erforderlich, kann die Einrichtung mit einer elektrischen Fernmeldung verbunden werden.

Wasserabgabe aus dem Becken in Vergleich zu stellen. Es sollte ferner nicht unterlassen werden, die Grundwasserstände in den dem Abflußbache benachbarten Talgeländen aufzuzeichnen. Über die Beeinflussung des Grundwassers durch die fließende Welle und im gegebenen Falle über die umgekehrte Einwirkung haben wir bisher nur sehr mangelhafte Kenntnis. Hier werden sich auch kaum je allgemein gültige Sätze ergeben. Diese Wirkungen hängen mit von der Beschaffenheit des Untergrundes ab. Man muß den Einzelfall studieren, dabei darf auch der Einfluß der etwaigen Rückströmung aus städtischer oder landwirtschaftlicher Bewässerung auf die Wasserführung des Baches nicht außer acht gelassen werden.

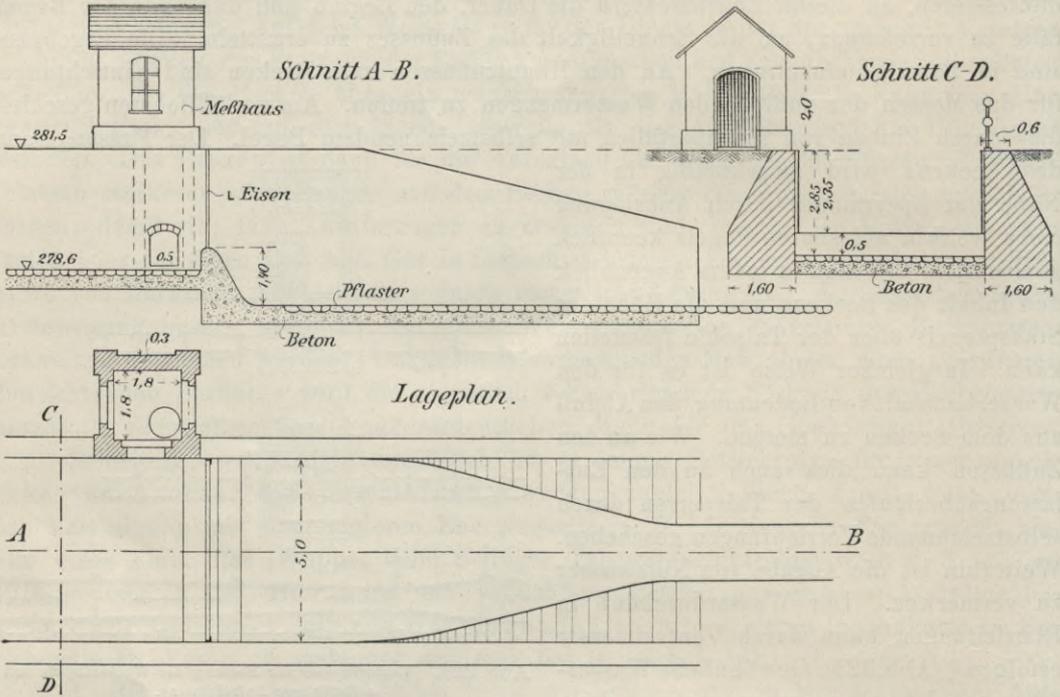


Abb. 324. Massives Meßwehr zur Messung der Wasserabgabe mit Schreibpegel.

Über die Bewegungs- und Wärmemessungen an der Sperrmauer ist S. 549 u. f. das Erforderliche gesagt worden. Daneben wird, besonders bei Talsperren für Trinkwasserversorgung die Wasserwärme an der Oberfläche und in verschiedenen Tiefen zu beobachten sein. Hiermit sind Aufzeichnungen über die Witterung zu verbinden. Es erscheint an sich zwar selbstverständlich, aber es soll doch auch an dieser Stelle nicht unterlassen werden, darauf hinzuweisen, daß bei allen diesen Betriebsmaßnahmen die Gewähr gegeben sein muß, daß die Beobachtungen und Aufzeichnungen zuverlässig sind, denn die gesammelten Zahlen haben große Bedeutung, ebenso sehr für die Praxis, wie unter Umständen für die Wissenschaft. Man sollte sich darüber klar sein, daß man nur zu brauchbaren Ergebnissen und Schlußfolgerungen gelangen kann, wenn man für den Beobachtungsdienst Personen verwendet, die die nötige Sachkenntnis besitzen und denen für die Messungen brauchbare Instrumente zur Verfügung gestellt werden.

Nach dieser Richtschnur wird sich die Handhabung des wasserwirtschaftlichen Betriebes nach Maßgabe des Zweckes des Unternehmens und auf der Grundlage des Wasserwirtschaftsplanes von selbst ergeben. Es soll darum davon Abstand genommen

werden, hier auf weitere Einzelheiten einzugehen. Die wahre Schule für eine sachgemäße Betriebsleitung wird immer der Betrieb selbst sein müssen. Es ist hier dem Betriebsingenieur ein großes und interessantes Feld der Betätigung geboten und von seiner Geschicklichkeit wird es im hohen Maße abhängen, die Maßnahmen so zu treffen, daß mit den gegebenen Größen des Wasserhaushaltes die Aufgabe der Wasseraufspeicherung in vollkommenster Weise erfüllt wird, um den Betrieb für die Interessenten zufriedenstellend zu gestalten und den höchsten wirtschaftlichen Nutzen zu erzielen.

§ 73. Beispiele von Betrieben und Betriebsergebnisse. Es scheint hier am Platze, über den Betrieb einiger neuer Talsperrenunternehmungen und die Betriebsergebnisse Mitteilungen zu machen.

Die Talsperrenanlage des Wasser- und Elektrizitätswerks der Stadt Solingen (Rheinland). Über die Handhabung des Betriebes siehe die Dienstanweisung S. 546. Aus den Betriebsergebnissen ist allgemein hervorzuheben, daß sich die Gesamtanlage in ihren baulichen Einrichtungen bewährt hat. Die Betriebseinrichtungen der Talsperren arbeiten zufriedenstellend, die Schieber können durch einen Mann, wie vorgesehen, bei vollem Druck bedient werden. Im ganzen muß allerdings ausgesprochen werden, daß das Hauptbecken gegenüber dem vorhandenen Wasserzufluß zu klein bemessen ist. Dieser Umstand zeigt sich fast in jedem Sommer und erschwert einen ruhigen Betrieb. Die Handhabung muß im Vorsommer mit großer Vorsicht erfolgen, um ein unzeitiges Leerwerden zu verhindern, während zu anderen Zeiten große Wassermengen über den Überlauf ungenutzt abfließen. Dazu kommt, daß der nutzbare Beckenraum noch eingeschränkt wird, wenn man eine Reserve für den Turbinen- und Trinkwasserbetrieb in Form eines sog. eisernen Bestandes sichern will. Der Betrieb hat erwiesen, daß ein solcher Bestand unbedingt nötig ist und man läßt in Solingen die Unterschreitung eines Stauintaltes von 0,8 bis 1 Mill. cbm nicht gern zu. Die Beckengröße hätte etwa 5 Mill. cbm betragen müssen, um einen wirtschaftlich vorteilhafteren Betrieb zu gewährleisten. Das würde ein Stauintal von etwa 62 v. H. des mittleren Jahresabflusses sein. Die Schwierigkeiten, die sich aus dem unzulänglichen Stauraum ergeben, sind für Solingen dadurch behoben, daß das Wasserkraftwerk mit einem dampfbetriebenen Elektrizitätswerk gekuppelt ist, so daß die Trinkwasserversorgung vollkommen sicher gestellt ist. Mitteilungen über die wirtschaftlichen Ergebnisse erfolgen im § 90.

Die nachstehenden Aufzeichnungen geben eine Übersicht des Betriebes seit dem Bestehen des Werkes. Eine Zusammenstellung dieser wasserwirtschaftlichen Ergebnisse vom Jahre 1903—1913 gibt Tabelle 76.

Ungünstig für den Wasserhaushalt der Talsperre gestaltete sich das Betriebsjahr 1911/12, das durch einen ungewöhnlich heißen und trockenen Sommer (1911) ausgezeichnet war. Es möge daher auf den Verlauf dieses Jahres näher eingegangen werden (s. Tab. 77). Der gesamte Wasserzufluß zum Becken mit 6,339 Mill. cbm war nicht der geringste im bisherigen Betriebe, wurde vielmehr durch die Trockenheit des Jahres 1904/05 noch unterschritten (5,685 Mill. cbm). Auch der Zufluß im Jahre 1910/11 war nur wenig größer. Kennzeichnend für den Wasserhaushalt des Sommers 1911 ist aber der Umstand, daß in der Trockenzeit der Wasserzufluß zum Becken auf ein Maß herabging, wie es seit Bestehen der Talsperre noch nicht beobachtet war. Der Abfluß in Hundertsteln der Niederschläge ist für das ganze Jahr mit 47,2 v. H. schon ein recht niedriger. Dazu kommt, daß in den trockensten Monaten August, September und Oktober dieses Abflußverhältnis auf 7,0, 6,02 und 3,6 v. H. herunterging. Der Zufluß in diesen Monaten ist so gering, wie er sonst auch nur annähernd nicht gewesen ist. Im September wurden dem Becken nur 5166 cbm zugeführt. Zeitweise lagen die Zuflußbäche ganz trocken. Der niedrigste Wasserstand wurde im November mit 510 000 cbm Inhalt bei 18 m Stauhöhe erreicht, während bisher ein Vorrat von 1 Mill. cbm noch nicht unterschritten war. Das macht verständlich, daß in den vier Monaten September bis Dezember die Entnahme von Kraftwasser aus dem Becken ganz eingestellt werden mußte. Doch war infolge der Einschränkung des Wasserbezuges der Kraftbetrieb nicht gestört. Denn das Pump- und Elektrizitätswerk ist in der Lage in solchen Zeiten die Dampfreserve heranzuziehen. Diese Umschaltungsmöglichkeit sicherte auch den Fortgang der Trinkwasserversorgung der Stadt. Nur wurde darauf verzichtet, das Wasser zu filtern, um die großen Verluste in den Rieselwiesen, vornehmlich Verdunstungsverluste zu vermeiden. Das Trinkwasser wurde an der Sohle des Beckens entnommen. Trotz dieser Ausschaltung der Rieselwiesen sank die Keimzahl im Trinkwasser erheb-

Tab. 76. Wasserwirtschaftliche Ergebnisse
der Solinger Talsperrenanlage seit Inbetriebnahme des Staubeckens Ende März 1903 bis zum 1. April 1913¹⁾.
Größe des Niederschlagsgebietes 11,8 qkm.
Inhalt des Hauptstaubeckens . . . 3,15 Mill. cbm einschl. Aufhöhung der Überlaufschwelle.
» » Vorbeckens 0,1 »

Abflußjahr vom 1. April bis 31. März	Jahres- nieder- schlag mm	Zuflußmenge zum Staubecken in 24 Stunden		Inhalt des Staubeckens am 1. April des Betriebs- jahres Mill. cbm	Nieder- schlags- mengen während des Betriebs- jahres Mill. cbm	Wasser- zufluß zum Staubecken während des Betriebs- jahres Mill. cbm	Wasser- zufluß zum Staubecken in Hun- dertstel des Nieder- schlags Mill. cbm	Trinkwasser- abgabe an die Stadt Solingen Mill. cbm	Kraftwasserabgabe für den Turbinen- betrieb			Durch den Leertaut- stollen Mill. cbm	Über den Über- lauf abge- flossen Mill. cbm	Stöckerwasser in den bei- den Stellen der Sperrmauer cbm	Verluste und verdunstete Wasser- menge cbm
		Während der größte	kleinste						für Wasser- hebung Mill. cbm	zur Er- zeugung elek- trischer Energie Mill. cbm	Mill. cbm				
1903/04	1111	173 000 (Novemb.)	2000 (Mai-Juni)	0,10	13,331	9,592	71,9	1,300	1,040	1,040	0,100	3,500	9630	180 000 ²⁾	
1904/05	856	187 000 (Januar)	400 (Septbr.)	3,0	10,272	5,685	55,3	1,171	1,298	1,378	—	1,500	4500	204 000	
1905/06	1201	130 000 (März)	2300 (Juli)	3,150	14,407	11,090	76,9	1,226	0,811	1,931	—	6,534	3000	586 000	
1906/07	1042	106 000 (Dezemb.)	2500 (Septbr.)	3,150	12,508	8,267	66,1	1,323	0,610	4,375	—	1,792	5000	161 000	
1907/08	1011	76 050 (Januar)	1603 (Septbr.)	3,150	12,131	7,222	59,5	1,526	0,356	4,414	—	0,784	4500	247 000	
1908/09	1498	301 900 (Februar)	210 (Oktob.)	3,035	19,979	7,211	40,1	1,488	0,659	4,914	—	0,436	4300	170 800	
1909/10	1258	153 000 (Februar)	1271 (März)	2,574	15,098	11,604	76,9	1,383	0,580	6,898	—	0,922	4200	1 430 000	
1910/11	1091	108 000 (Juli)	109 (April)	2,980	13,096	6,946	53,0	1,529	0,172	3,899	—	0,133	3800	1 281 000	
1911/12	1120	98 500 (Februar)	0 (Septbr.)	3,080	13,445	6,339	47,2	1,862	2,027	1,603	—	0,043	2600	781 000	
1912/13	1283	159 000 (Septbr.)	0 (Juli)	3,080	15,391	9,225	59,9	2,031	2,667	4,101	—	—	3500	447 500 ³⁾	

Bemerk. In dem außergewöhnlich trockenen Sommer des Jahres 1904 betrug in den sechs Sommermonaten Mai bis Oktober die gesamte Niederschlagshöhe 313 mm, die Niederschlagsmenge 3,761 Mill. cbm, der Zufluß zum Becken 0,342 Mill. cbm, d. i. 9,1 v. H. des Niederschlags. Dieses Zuflußverhältnis ging in den trockensten Monaten Juli bis September auf 2,0, 3,0 bzw. 4,4 v. H. herunter.

¹⁾ Zusammengestellt nach freundlichst überlassenen Aufzeichnungen der Direktion der städt. Wasser- u. Elektrizitätswerke in Solingen.

²⁾ Außerdem wurden zur Speisung der unteren Rieselwiesen 561 000 cbm abgegeben. ³⁾ Einschl. Abfluß über den Überlauf.

Tab. 77. Die Schwankungen des Wasserspiegels im Solinger Staubecken in den einzelnen Monaten, die Größe der Niederschlags- und Abflusmengen in dem zugehörigen Niederschlagsgebiet von rd. 12 qkm sowie die abgegebenen Wassermengen aus dem Staubecken im Betriebsjahre 1911/12.

Jahr und Monat	Inhalt des Staubeckens am 1. des Monats cbm	Niederschlagsmengen im Monat cbm	Wasserabflusmengen in das Staubecken im Monat cbm	Wie neben in Hundert. der Niederschlagsmengen.	Wasserabgabe aus dem Staubecken an:		Am Überlauf abgeflossen cbm
					die Stadt als Trinkwasser cbm	für Kraftzwecke cbm	
1911							
April	3 060 000	879 600	221 855	25,22	126 220	273 000	
Mai	2 812 500	873 000	382 471	35,41	145 310	159 000	
Juni	2 815 000	1 169 400	181 209	15,50	152 860	147 000	
Juli	2 416 000	248 400	89 020	35,84	195 700	476 000	
August	1 610 000	346 800	24 344	7,02	188 140	470 000	
September	840 000	837 000	5 166	0,62	168 850	—	
Oktober	674 000	951 600	33 920	3,56	159 620	—	
November	553 000	1 688 000	442 850	26,22	137 850	—	
Dezember	858 000	1 928 400	1 310 980	67,98	141 980	—	
1912							
Januar	2 027 000	1 812 600	1 440 135	79,45	149 380	296 755	21 000
Februar	3 000 000	1 132 800	960 530	84,79	146 530	673 000	11 000
März	3 130 000	1 577 400	1 246 381	79,01	149 810	1 135 571	11 000
Im Ganzen	—	13 445 400	6 338 861	47,15	1 862 250	3 630 326	43 000

Tab. 78. Ergebnisse der chemischen Untersuchung des Wassers aus dem Staubecken der Stadt Solingen im Betriebsjahre 1911/12. Proben des Leitungswassers in der Stadt.

1 Liter enthält in Milligramm	18. April	15. Mai	15. Juni	15. Juli	15. August	15. Sept.	2. u. 16. Oktober	2. u. 15. Nov.	5. u. 15. Dezem.	2. u. 15. Januar	1. u. 15. Februar	1. u. 15. März
Gesamtrockenrückstand	84,80	72,00	76,00	76,00	53,60	70,40	80,00 68,00	74,40 73,60	69,60 80,00	84,00 80,00	88,00 84,00	84,00
Organ. Substanzen und Permanganat	8,30	8,20	3,80	6,90	7,60	7,50	13,46	8,37 9,61	9,12 9,24	12,96 9,52	9,41 7,45	8,65 8,12
Chlor	7,54	8,76	8,41	8,06	6,30	5,08	14,00 9,82	11,00 14,00	13,00 14,00	7,34 6,97	8,81 8,81	7,56 6,60
Magnesia	4,78	4,60	4,28	4,73	4,46	4,49	4,33 3,12	4,24 3,69	3,81 3,98	4,20 4,03	4,44 4,55	3,78 3,68
Kalk	15,10	15,30	15,40	16,00	16,50	16,30	14,00 13,33	14,53 16,00	14,53 14,53	14,00 14,53	15,27 12,50	15,66 13,33
Eisenoxyd	0,24	0,20	0,25	0,22	0,30	0,25	0,29 0,46	0,19 0,24	0,25 0,28	0,40 0,24	0,21 0,30	0,28 0,25
Ammoniak	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Salpetrige Säure	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Salpetersäure	8,07	7,07	7,07	7,50	4,10	4,90	11,30 3,08	4,50 9,30	13,44 6,46	7,84 8,05	17,00 7,64	8,97 9,44
Schwefelsäure	10,90	11,25	11,04	11,45	10,29	10,08	14,74 16,42	13,60 13,04	13,58 15,78	17,83 13,70	15,78 15,46	13,04 12,69
Deutsch.Härtegrade	2,17	2,17	2,13	2,26	2,27	2,26	2,00 2,00	2,04 2,11	1,90 1,89	2,00 1,97	2,14 1,85	2,08 1,84

Jede Analyse enthält die Bemerkung: Das Wasser war klar, farblos, von gutem Geschmack und auch nach mehrtägigem Stehen ohne Bodensatz; vom chemischen Standpunkt ist es daher einwandfrei.

lich, infolge der Selbstreinigung im Staubecken, während andererseits die Rieselwiesen nicht mehr in der Lage waren, die vorhandenen Keime zurückzuhalten. Ihre Zahl wurde bei Rieselung durch Hinzukommen der allerdings unschädlichen Bodenkeime noch beträchtlich erhöht. Die chemischen Untersuchungen des Leitungswassers erfolgen monatlich, die bakteriologischen täglich. Die Ergebnisse der ersten für das Jahr 1911/12 sind in Tab. 78 zusammengestellt. Die Beschaffenheit des Trinkwassers ist in jeder Hinsicht zufriedenstellend. Daneben dient das Wasser viel zur Speisung von Dampfkesseln. Die Trinkwasserabgabe an die Stadt hat sich in den letzten Jahren stark vermehrt (s. Tab. 76). Die Abgabe des Jahres 1911/12 erreicht mit 1,862 Mill. cbm fast die Höchstleistung von 2 Mill. cbm, die nach dem ursprünglichen Entwurf vorgesehen war (s. S. 39). Wenn zwar der Wasserbedarf der Stadt an sich für absehbare Zeit aus dem Wasservorrat des Niederschlagsgebietes der Talsperren gedeckt werden kann, so beginnt doch mit steigender Entnahme die Grundlage des früheren Wasserwirtschaftsplanes sich zu verändern. Der Kraftbetrieb gestaltet sich anders. Die Dampfreserve gewinnt mehr und mehr Bedeutung. Die Stauwehre werden mit der zunehmenden Einwohnerzahl stetig stärker in den Dienst des Wasserwerkes gestellt.

Auch die Leistung des Kraftwerkes für Wasserhebung kommt an seine Grenze. Die Höchstleistung war nach dem Entwurf eine Hebung von 10000 cbm täglich, während im Jahre 1911/12 eine Tagesabgabe von 8900 cbm erreicht wurde. Zur Ergänzung für besondere Inanspruchnahme wurde deswegen eine Hochdruckzentrifugalpumpe im Werke an der Talsperre aufgestellt.

Über den baulichen Zustand der Talsperren ist zu bemerken: Schäden an der Sperrmauer sind bisher nicht zutage getreten. Bei den jährlich zweimal stattfindenden Besichtigungen durch die Aufsichtsbehörde sind Mängel nicht festgestellt worden. Ein Schieber im Entleerungsstollen mußte durch einen neuen ersetzt werden. Der Stauraum, sowie seine abgeplatteten Böschungen haben sich in nunmehr 10 jährigem Betriebe gut gehalten. Undichtigkeiten sind nicht erkennbar. Obwohl bei vollem Staubecken der Damm beiderseitig vom Wasser bespült wird, sind Trübungen an den Böschungen nicht beobachtet worden. Allerdings hatte sich die Schüttung des Dammes in den ersten Jahren gleichmäßig um etwa 30–35 cm gesetzt. Über die Kosten der Unterhaltung s. § 85.

Näheres über den Kraftbetrieb des Werkes s. des Verfassers Schrift: Die Ausnutzung der Wasserkräfte, II. Aufl., 1908, S. 445.

Talsperre der Stadt Nordhausen a. Harz¹⁾. Die Unterhaltung der Stauwand hat seit der Inbetriebnahme im Jahre 1905 nur geringfügige Ausbesserungsarbeiten verursacht. Zur Verhütung der Versandung des Beckens sind in den Wasserläufen der Seitentäler kleine Überfallwehre aus Holzgeflecht eingebracht, welche nach stärkeren Niederschlägen gereinigt werden. Die Wiesen im Tale oberhalb des Staubeckens werden nach und nach aufgefurstet.

Nicht ohne Interesse sind die Ergebnisse im Betriebe der Hochdruckleitung bei ihrer eigenartigen Linienführung (s. S. 41, 267 und 356). Neben den anfänglich getroffenen Einrichtungen wurden in den ersten Jahren nach Inbetriebnahme zur Entlüftung der Rohrleitung im Tale unterhalb der Sperrmauer zwei Standrohranlagen eingebaut. Die eine Anlage besteht aus 150 mm weiten gußeisernen Muffenrohren von 108 m Länge. Zur Beobachtung der Luft- und Wasserbewegung ist hiermit 7,5 m langes und 50 mm weites Glasrohr in Verbindung gebracht. Im weiteren Verlaufe des Betriebes wurden nachteilige Druckschwankungen sowie Stöße in der Rohrleitung an den Manometern nicht beobachtet.

Über die Ergebnisse des wasserwirtschaftlichen Betriebes s. Tab. 79. Der Betrieb der Talsperrenanlagen hat bis jetzt befriedigt. Die Wasserversorgung der Stadt ist eine gesicherte und besonders in dem ungewöhnlich trockenen Sommer 1911 konnte die Wasserzuführung mit nur geringfügigen Einschränkungen geschehen. Hier trat der Wert der Staubeckenanlage recht in die Erscheinung. Immerhin macht sich bei der Betriebsverwaltung der Wunsch geltend, die schon beim Bau vorgesehene Aufhöhung der Sperrmauer (s. S. 578) herzustellen, um die Wassermassen in nasser Zeit besser zurückzuhalten zu können. Man kann dann erhoffen, die Wasserstandsschwankungen im Becken zu vermindern und im besondern zu vermeiden, daß die Wasserhöhe allzusehr abfällt. Im Januar 1909 ging z. B. der Stauinhalt bis auf 69000 cbm herunter. Das beeinträchtigt die Beschaffenheit des Wassers, wenn zwar das Betriebsergebnis auch nach dieser Richtung im ganzen befriedigt hat und der Gesundheitszustand in der Stadt stets ein guter gewesen ist. Immerhin hat in sehr trockenen Zeiten die Güte des Wassers gelitten. Über die chemische Beschaffenheit, die im Laufe der Betriebsjahre

¹⁾ Aus den dem Verfasser von dem Oberbürgermeisteramt freundlichst zur Verfügung gestellten Verwaltungsberichten entnommen.

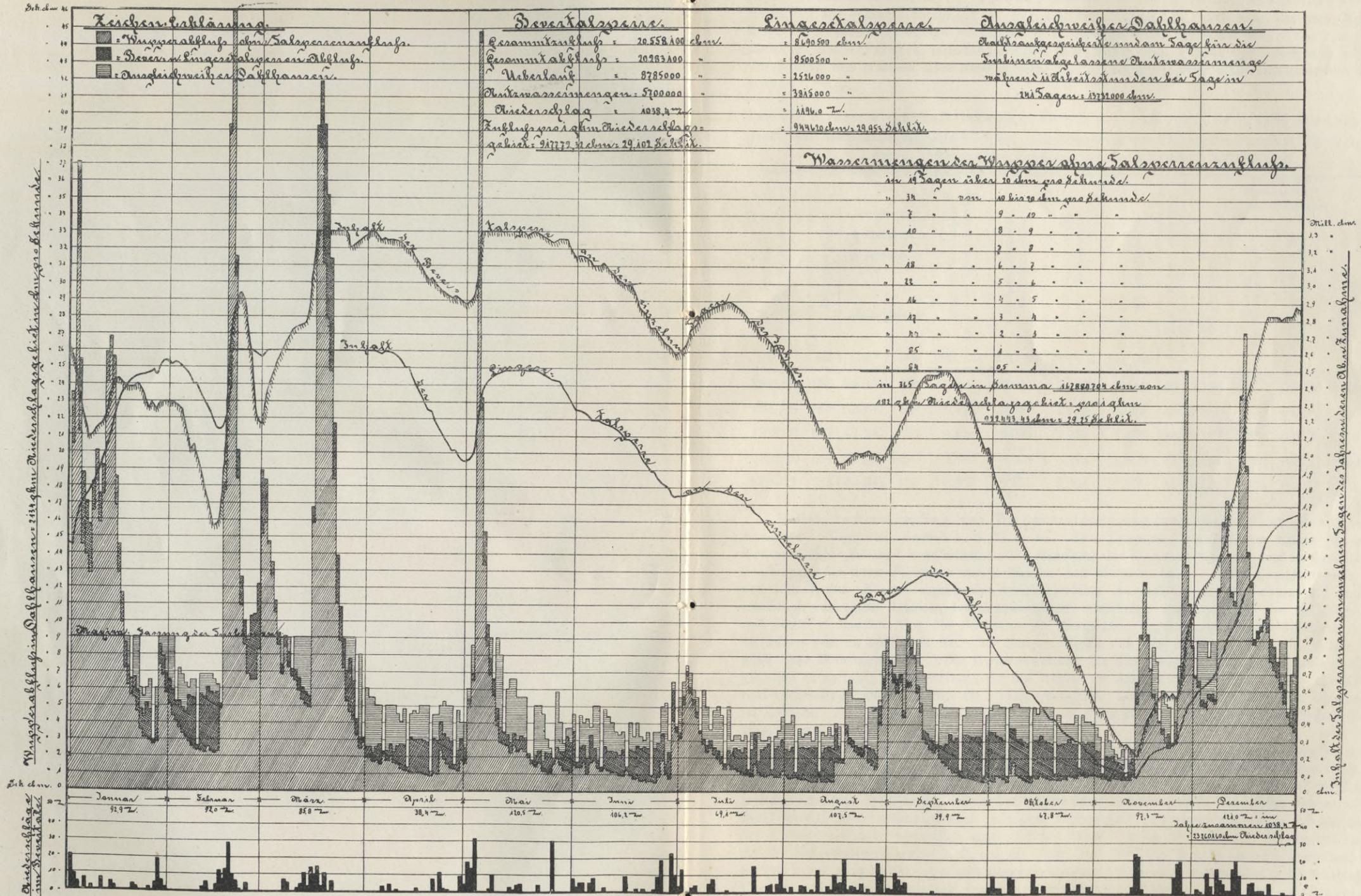


Abb. 325. Darstellung der Schwankungen des Stauinhaltes in der Bever- und Lingesetalsperre und der Wasserführung der Wupper bei Dahlhausen im Jahre 1907.

nennenswerte Änderungen nicht hat, s. S. 161. Die bakteriologischen Untersuchungen werden fortgesetzt gemacht. Sie ergaben in den Jahren 1908—11 ein Schwanken der Keimzahlen im Leitungswasser zwischen 42 und 1570. Es ist nach alle diesem neuerdings die Frage erörtert worden, eine Reinigung des Wassers vorzunehmen. Die geplanten Maßnahmen sollen darin bestehen, Mangan und Eisen durch eine Filteranlage auszuschneiden, nachdem diese Stoffe auf dem Wege von der Sperre nach dem Hochbehälter in unlösliche Formen übergeführt sind. Geruch und Geschmack sollen durch Überleitung des Wassers über Rieselwiesen, durch Ozonierung oder eine Lüftungsanlage verbessert werden.

Tab. 79. Wasserwirtschaftliche Ergebnisse der Talsperre der Stadt Nordhausen a./H. Größe des Niederschlagsgebiets 5,7 qkm. Fassungsraum des Staubeckens (einschl. der Vergrößerung durch Aufsetzen von Schützen auf den Überlauf): 850 000 cbm.

Abflußjahr vom 1. Oktober bis 30. September	Jahresniederschlag	Zuflußmenge zum Staubecken in 24 Stunden		Inhalt des Staubeckens am 1. Okt. des Betriebsjahres	Kleinster Stauinhalt des Betriebsjahres	Niederschlagsmenge während des Betriebsjahres	Zufluß zum Staubecken während des Betriebsjahres	Zufluß im v. H. des Niederschlags	Wasserabfluß aus dem Staubecken				Erzeugte Kilowattstunden in der Turbinenanlage am Geiersberg
		größte	kleinste						Trinkwasserabgabe an die Stadt Nordhausen	Speisung der Turbinenanlage	Sickerwassermenge in den Stollen der Talsperre	Abfluß am Überlauf Verdunstung und sonstiger Verlust	
		mm	cbm										
1906/07	886	54 000	380	—	0,342	5,050	2,911	58	2,126	—	0,035	0,750	—
1907/08	869	104100	750	0,431	0,227 (Jan)	4,953	2,621	53	1,812	—	0,019	0,800	297 330
1908/09	687	47 100	180	0,471	0,069 (Jan.)	3,915	1,422	36	1,127	0,684	0,017	0,278	165 770
1909/10	697	29 200	1210	0,397	0,303 (Sept.)	3,973	1,878	47	1,547	1,023	0,025	0,306	331 170
1910/11	513	40 400	450	0,235	0,234 (Nov.)	2,924	1,699	58	1,141	0,475	0,027	0,531	116 960

Die Sammelbecken der Wuppertalsperrengenossenschaft an der Bever und Lingese. (Über den Zweck s. S. 11 u. 26.) Die Talsperren werden von einem Ingenieur der Genossenschaft dauernd beaufsichtigt. Die Regelung der Wasserabgabe aus dem Becken ist Wärtern übertragen, die ihren Wohnsitz unmittelbar an den Weihern haben. Diese geschieht nach Maßgabe von Abblaßlisten. Ebenso werden die Ausgleichweiher von Dahlhausen, Beyenburg und Buchenhofen monatlich von einem Beamten der Genossenschaft besichtigt. Zur Bedienung ist ein Wärter an Ort und Stelle vorhanden, der die Schleusen zu bestimmten Tagesstunden nach besonderer Anweisung zu öffnen und zu schließen hat. Im übrigen regelt sich der Betrieb für diesen Wärter ebenfalls nach einer Dienstanweisung. Die Dienstanweisung für den Talsperrenwärter, die der auf S. 546 mitgeteilten entspricht, die Anweisung für die Wärter an den Ausgleichweihern sowie die Abblaßlisten sind mitgeteilt in der Zeitschrift die »Talsperre« 1903. Die Sammelbecken sind seit dem Jahre 1901 im Betriebe. Die wasserwirtschaftlichen Ergebnisse der Betriebsjahre 1901—1910 sind in Tabelle 80 zusammengestellt.

Die Abbildung 325 gibt eine Darstellung der Schwankungen des Stauinhaltes in der Bever- und Lingesetalsperre und der Wasserführung der Wupper bei Dahlhausen im Jahre 1907. Im allgemeinen zeigt der Betrieb dieser Talsperren, daß der aufgespeicherte Wasservorrat nicht ausreicht. Der Betrieb wird vorsichtig — nach den ungünstigen Erfahrungen in den ersten Jahren — gehandhabt, so daß zwar möglichst auch in langer Trockenheit Nutzwasser abgegeben werden kann, aber der Abfluß muß dann wesentlich eingeschränkt werden, wenn die erwartete Sommerflut ausbleibt¹⁾. An der Bevertalsperre mußte z. B. um die Mitte Juli 1901 der Betrieb eingestellt werden, nachdem ihr Inhalt auf etwa 100 000 cbm heruntergegangen war. Man hatte diesen Rest mit Rücksicht auf den Fischbestand im Becken gelassen, und es wurde in dieser Zeit aus der Talsperre etwa soviel abgelassen, als von oben zufloß, um die natürliche Wasserführung unterhalb aufrecht zu halten, so daß auch hier

¹⁾ Zeitschrift für Wasserwirtschaft und Wasserrecht 1907, S. 122.

Tab. 80. Wasserwirtschaftliche Ergebnisse der Wuppertalsperren, zusammengestellt nach den Betriebsberichten in den Jahren 1901—1910¹⁾.

Jahr	Bevertalsperre Niederschlagsgebiet: 22 qkm — Beckeninhalt: 3,3 Mill. cbm					Lingsetsalsperre Niederschlagsgebiet: 9 qkm — Beckeninhalt: 2,6 Mill. cbm					Bemerkungen. Der jährliche Zufluß vom Quadratkilometer im Mittel der Jahre 1902—05 betrug: Bever 975 000 cbm Lingse 982 000 cbm	
	Jahres- nieder- schlag mm	Ab- geflossene Wasser- menge in Mill. cbm	Zu- geflossene Wasser- menge in Mill. cbm	Überlauf der Sperrre in Mill. cbm	Vom Vorrat des Beckens abgegeben Nutzwasser- menge in Mill. cbm	Abgegebene Nutzwasser- menge im Verhältnis des Zuflusses v. H.	Jahres- nieder- schlag mm	Ab- geflossene Wasser- menge in Mill. cbm	Zu- geflossene Wasser- menge in Mill. cbm	Überlauf der Sperrre in Mill. cbm		Vom Vorrat des Beckens abgegeben Nutzwasser- menge in Mill. cbm
1901	1233	19,053	19,032	4,779	7,425	—	1309	6,991	7,724	1,0	4,672	—
1902	1222	20,427	20,442	7,224	5,475	26,8	1299	10,340	8,780	2,509	4,235	48,2
1903	1259	27,542	26,787	15,015	5,155	19,2	1486	9,062	10,347	2,386	3,460	33,4
1904	1013	15,700	16,060	4,037	6,572 ²⁾	40,9	1149	8,017	7,062	1,279	4,285 ³⁾	60,6
1905	1468	24,250	24,950	11,923	4,145 ⁴⁾	16,6	1520	9,049	10,224	3,153	3,320 ⁵⁾	32,5
1906	1380	26,530	25,830	14,350	4,925 ⁶⁾	19,1	1444	11,111	10,036	4,660	3,835 ⁷⁾	38,2
1907	1038	20,283	20,558	8,785	5,700 ⁸⁾	28,2	1196	8,501	8,691	2,526	3,815 ⁹⁾	43,9
1908	1127	21,713	19,998	9,740	6,420 ¹⁰⁾	32,1	1226	9,204	8,049	3,760	3,635 ¹¹⁾	45,3
1909	1449	22,585	24,690	9,776	7,330 ¹²⁾	29,7	1449	7,504	9,719	1,530	3,500 ¹³⁾	37,1
1910	1472	25,780	25,826	12,715	6,090 ¹⁴⁾	23,5	1446	9,578	9,368	3,344	3,640 ¹⁵⁾	38,8
i. 10. jähr. Mittel (1901-10)	1266	22,396	22,415	9,834	5,924	26,4	1355	8,936	9,000	2,615	3,840	42,7

9) Außerdem ab durch die Durchlaßrohre: 2,195 Mill. cbm.

1) In der Zeitschrift »Wasserwirtschaft und Wasserrecht«.

2) Außerdem durch die Durchlaßrohre ab: 5,091 Mill. cbm.

3) Außerdem ab durch die Durchlaßrohre: 2,453

4) » » » » » : 8,183 » » » » »

5) » » » » » : 2,576 » » » » »

6) » » » » » : 7,255 » » » » »

7) » » » » » : 2,616 » » » » »

8) » » » » » : 5,798 » » » » »

10) » » » » » : 5,553 » » » » »

11) » » » » » : 1,809 » » » » »

12) » » » » » : 5,479 » » » » »

13) » » » » » : 2,474 » » » » »

14) » » » » » : 6,976 » » » » »

15) » » » » » : 2,594 » » » » »

der Fischbestand gesichert wurde. Die Wasseraufspeicherungen müßten wesentlich größer sein, um die starken Wasserstandsschwankungen auszugleichen. Die beiden Becken haben zusammen 31 qkm Niederschlagsgebiet, das sind etwa 5 v. H. des Gesamtniederschlagsgebietes der Wupper, und man wird nicht verkennen, daß damit ein ausreichender Einfluß auf die Wasserführung des Flusses nicht gewonnen werden kann. Aber auch die Becken selbst, besonders die Beversperre, sind nicht groß genug, um die Wasserschwankungen in ihrem Niederschlagsgebiet auszugleichen. Es ist im Wuppergebiet das erste Drittel des Jahres oft sehr wasserreich und die Triebwerke leiden dann unter Überfluß, während die Sommerflut oft, wie z. B. in den Jahren 1901, 1904, 1906 und 1911, ausbleibt und eine lange Trockenheit vom Juni bis in den November hinein anhält. Das läßt auch der Betriebsplan S. 123 erkennen. Man ersieht aus Tab. 80, wie die nutzbar abgegebene Wassermenge der Lingesetalsperre einen wesentlich größeren Anteil an dem Gesamtzufluß hat wie die Bever und wie dieser Anteil in den trockenen Jahren verhältnismäßig stark hervortritt. Für einen Jahresabfluß, der unter dem Mittel liegt, ist also die Wirkung des Ausgleichs der Becken eine bessere und sie geht in wasserreichen Jahren sehr zurück. Man wird von solchen Becken erwarten dürfen, daß sie nicht nur in mittleren Jahren 40 v. H. des Jahresabflusses — d. i. die Wassermenge, die an mittleren Flüssen über dem Mittelwasser zu liegen pflegt — nutzbar machen, sondern daß dieser nutzbare Anteil auch in nassen Jahren mit 40 v. H. in die Erscheinung tritt, weil solche nassen Jahre oft scharf getrennte Perioden — einen wasserreichen Winter und dann eine langanhaltende Trockenheit zeigen.

Über die Vergrößerung des Aufspeicherungsraumes s. S. 26.

Als mittleres Betriebsergebnis für die Sickerungen der Sperren kann man folgendes annehmen: Beversperre. Die Sickermenge in den Hauptstollen beträgt etwa 0,01 l/sek, neben den Rohren 0,004 l/sek und in den Felsspalten der Überlaufkaskade 0,15 l/sek. Lingesesperre: im Hauptstollen sickern im Mittel 0,1 l/sek, aus den Felsspalten etwa 50 l/sek.

Über die bauliche Unterhaltung der Sperren vergl. § 85.

Ahlfeldweiher (Vogesen). Über den Zweck, die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse und Betriebspläne s. S. 7 u. 154.

Handhabung des Betriebes. Die Aufsicht über die Wasserabgabe am Alfeldweiher erfolgt:

1. durch eine täglich dreimalige Ablesung des Pegelstandes im Weiher, 2. durch eine täglich dreimalige Ablesung des Wasserstandes am Überfall unterhalb der Mauer (Meßstelle), 3. durch Ablesung des Regenmessers am Stauweiher.

Die Wasserabgabe selbst geschieht nach besonderen Bestimmungen. Es ist hierfür ein genauer Plan aufgestellt, aus dem der Talsperrenwärter ersehen kann, wieviel Wasser er an den einzelnen Tagen ablassen muß (s. Tab. 43). Der Wasserabfluß wird gemessen an einem Überfallwehr, das nicht viel unterhalb der Spermauer belegen ist und 2,70 m Breite hat. Der Wärter hat darüber Angaben, wieviel Wasser bei den verschiedenen Strahldicken nach Zentimetern zum Abfluß gelangt. Solche Angaben geschehen am besten in Tabellenform.

Einen weiteren Anhalt zur Beurteilung der Abflußmengen geben die Schieberöffnungen, wobei allerdings gleichzeitig die Druckhöhen zu beachten sind. Die Wärter erlangen jedoch in der Beurteilung des Abflusses bald verlässliche Übung.

Das Staubecken von Assuan. Die geringste Wasserführung des Nil ist im Mai. Von da ab steigt der Fluß langsam bis gegen Ende Juli, dann setzt im August ein schnelleres Anschwellen ein, bis im September die Höhe erreicht ist. Das Wasser fällt dann zumeist im Oktober und November sehr langsam. Das steigende Wasser ist anfänglich gelb, bei Hochflut stellt sich eine grüne Farbe von unangenehmem Geruch ein; es sind viele pflanzliche Stoffe vorhanden. Nach der grünen kommt die rote Flut, die sehr schlammhaltig und düngerreich ist.

Nachdem im Hochsommer die Hauptflut des Nils eingetreten ist, werden im beginnenden Herbst die Schützen allmählich geschlossen. Das Staubecken füllt sich etwa bis Januar oder Februar. Wenn dann Wassermangel für die Ländereien eintritt, so werden die Schützen geöffnet. Das aufgespeicherte Wasser erhöht den natürlichen Abfluß, bis dann wieder die nächste Flut das Becken füllt. Im ganzen kann man rechnen, daß die jedesmalige Füllung rund 100 Tage dauert. Die Wässerungsperiode beginnt

am 1. April und der Zuschuß aus dem Becken wird etwa bis zum 10. Juli geleistet. Der landwirtschaftliche Betrieb besteht in Baumwollenkultur und Zuckerrohrbau neben Weizen, Gerste, Bohnen und Kleeanbau. Es können in einem Jahre im günstigen Falle zwei Ernten erzielt werden. Das mit Baumwolle bestellte Land betrug 1907/08 für ganz Ägypten rd. 675 000 ha.

Zur Veranschaulichung des guten Erfolges, den die bis Ende 1902 ausgeführten Bauwerke auf die Bewässerung Ägyptens gehabt haben, soll nachfolgend die Ausnutzung der Wassermengen des Jahres 1907 besprochen werden. Die Sommer- und Hochwasserführung des Nils blieben in diesem Jahre unter dem Mittel der Jahre 1873—1893 zurück. Trotzdem war die Sommerwasserführung dieses Jahres, verglichen mit den vorhergehenden wasserarmen Jahren,

nicht schlecht. Das Hochwasser aber gehört mit zu den bekannten niedrigsten Fluten. Abb. 326 zeigt die Flutwellen der trockenen Jahre 1877, 1888, 1899, 1902, 1907 und die mittlere Hochwasserwelle der Jahre 1873—1893, die um 1,50 m höher als die des Jahres 1907 ist. Der Nutzen der Bewässerung ist gerade in solchen minder guten Jahren am meisten zu fühlen.

Für die Sommerbewässerung war das Assuanbecken in der Zeit vom 26. Dezember 1906 bis zum 21. Januar 1907 bis zum normalen Stau von + 106 m A. P. gefüllt worden. Die Entleerung des Beckens begann Anfang April. In Abb. 327 sind die Pegelstände unterhalb des Dammes bei Assuan für das Jahr 1907 und für das Mittel der Jahre 1873 bis 1893 aufgetragen. Die Pegellinie des Jahres 1907 ist ohne und mit Unterstützung des Beckens dargestellt. Die vom Becken gelieferte tägliche Zuschußwassermenge ist eingeschrieben. Der Pegel des Unterwassers wurde bis zum 20. Juni auf gleicher Höhe + 84,96 A. P. gehalten. Von diesem Tage an wurde die abfließende Wassermenge allmählich gesteigert, bis gegen Ende Juli das Becken leer war. Die Steigerung der Wasserabgabe um Mitte Juni hängt mit dem Bedarf der Sommerkulturen zusammen, die besonders von diesem Monat ab einer ausgiebigen Bewässerung bedürfen. Während der Monate April und Mai betrug die vom Staubecken täglich gelieferte Wassermenge 3,50 bis 4 Mill. cbm (40—46 cbm/sek.), während des Monats Juni 10—14 Mill. cbm täglich (116—162 cbm/sek.) und während Juli 11,50 bis 20,50 Mill. cbm täglich (133—238 cbm/sek.).

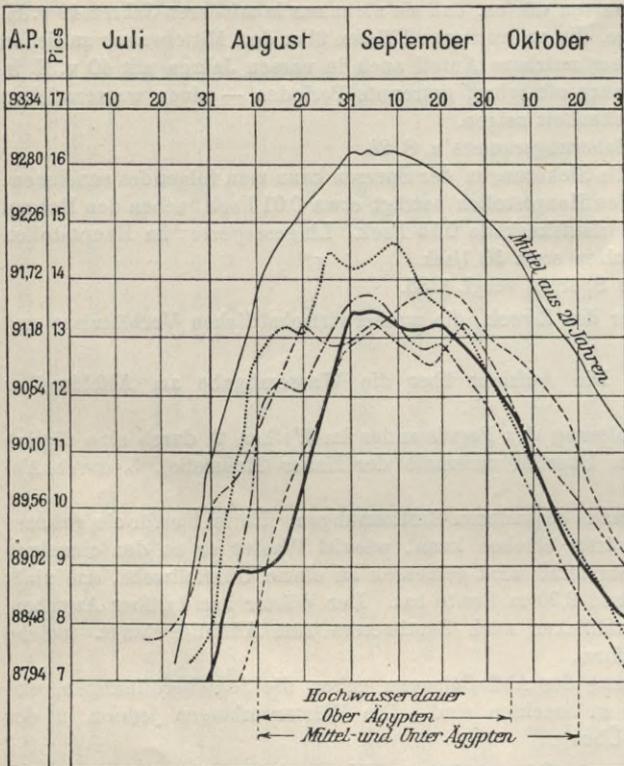


Abb. 326. Niedrige Flutwellen des Nil am Pegel in Assuan.

gestellt. Die vom Becken gelieferte tägliche Zuschußwassermenge ist eingeschrieben. Der Pegel des Unterwassers wurde bis zum 20. Juni auf gleicher Höhe + 84,96 A. P. gehalten. Von diesem Tage an wurde die abfließende Wassermenge allmählich gesteigert, bis gegen Ende Juli das Becken leer war. Die Steigerung der Wasserabgabe um Mitte Juni hängt mit dem Bedarf der Sommerkulturen zusammen, die besonders von diesem Monat ab einer ausgiebigen Bewässerung bedürfen. Während der Monate April und Mai betrug die vom Staubecken täglich gelieferte Wassermenge 3,50 bis 4 Mill. cbm (40—46 cbm/sek.), während des Monats Juni 10—14 Mill. cbm täglich (116—162 cbm/sek.) und während Juli 11,50 bis 20,50 Mill. cbm täglich (133—238 cbm/sek.).

Die gesamte Nilwassermenge wurde oberhalb des Assiutwehres so geteilt, daß der Mittelägypten und das Fayum versorgende Ibrahimiyakanal den vierten Teil der

für das Delta bestimmten Wassermenge + 1 Mill. cbm täglich bekam. Diese Verteilung geschah, wie üblich, im Verhältnis der mit Sommerfrucht bestellten Äcker. Eine weitere Verteilung erfolgte an der Deltaspitze für die Kanäle, die das Deltagebiet westlich, östlich und zwischen dem Rosetta- und Damiettaarm bewässern. Am 6. April, dem Tage der Schließung sämtlicher Schützen des Deltawehres, stand hier noch eine Wassermenge von 49,50 Mill. cbm täglich (573 cbm/sek.) zur Verfügung, die bis zum 1. Juli auf 43,30 Mill. cbm für den Tag (501 cbm/sek.) abnahm und dann allmählich wieder stieg.

Während der Zeit der Wasserklemme ist die Bewässerung der Äcker strengen gesetzlichen Bestimmungen unterworfen, deren Übertretung mit Geldstrafe oder Haft geahndet wird. Die Bewässerung des Landes geschieht wechselweise unter der Aufsicht und nach Vorschrift der Baubeamten. Das Land ist in drei Bewässerungsabschnitte, von denen jeweilig einer bewässert wird, eingeteilt. Im Jahre 1907 war anfänglich ein Wechselbetrieb von 18 Tagen, später von 21 Tagen angeordnet; d. h. es durfte in 18 bzw. 21 Tagen ein Stück Land an 6 oder 7 Tagen bewässert werden, während es 12 oder 14 Tage ohne Wasser blieb. Dieser Wechselbetrieb dauerte für Mittelägypten von Anfang April bis Mitte August. Die Wassermenge, die im Sommer

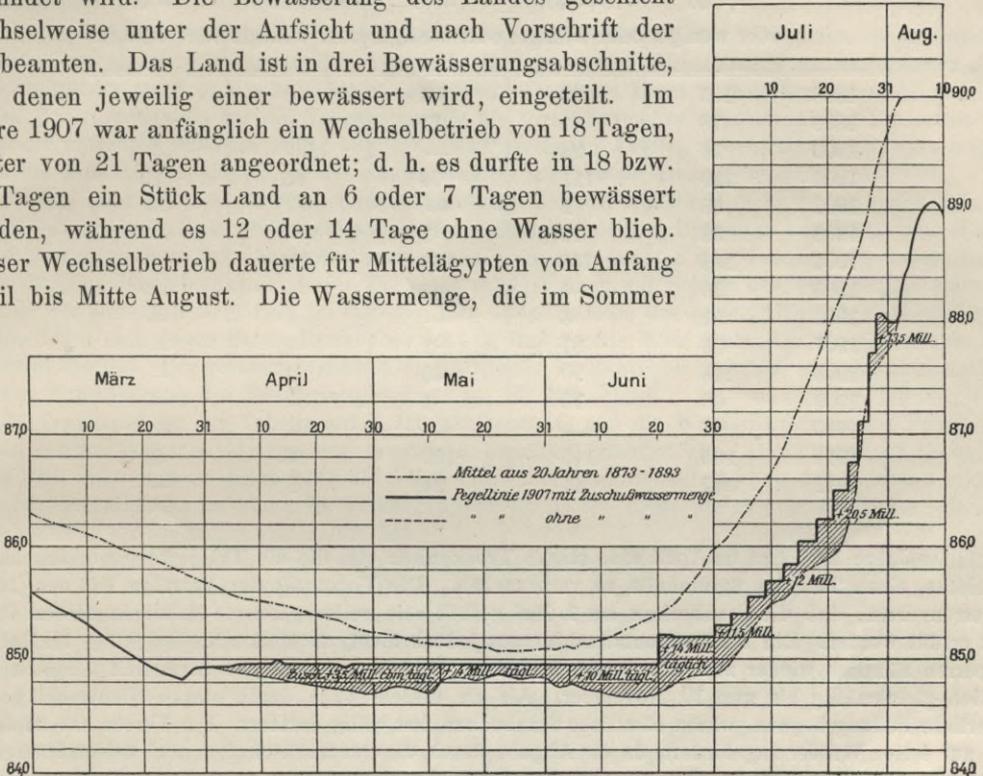


Abb. 327. Pegelstände in Assuan während des Entleerens des Staubeckens im Jahre 1907.

1907 täglich für 1 Feddan (0,42 ha) abgegeben wurde, schwankte zwischen 21 und 31 cbm, eine Menge, die für die Bewässerung der Baumwolle noch ausreichend ist.

Außer diesen Bestimmungen trat vom 15. Mai ab die sog. »Sharaki-Verfügung« in Kraft, welche bei nicht ausreichender Sommerwasserführung des Flusses die Bewässerung bestimmter, meist höher liegender Äcker verbietet¹⁾. — Die Güte der Baumwolle soll allerdings nicht die gleiche sein, wie bei der früheren natürlichen Überflutung. — Über die Aufhöhung der Staumauer s. § 75, die wirtschaftlichen Betriebsergebnisse § 90.

Ruhrtalsperrenverein. Zweck und wasserwirtschaftliche Verhältnisse s. S. 19 u. 125. Über den Einfluß der Talsperren auf die Wasserverhältnisse an der Ruhr in den letzten Jahren geben folgende Angaben Aufschluß:²⁾

1) Zentralbl. d. Bauverwaltung 1909, S. 394, vergl. auch Zeitschrift für Bauwesen 1900, S. 376.

2) Nach den dem Verfasser freundlichst überlassenen Rechenschaftsberichten des Ruhrtalsperrenvereins.

Im Jahre 1907 war die Wasserführung der Ruhr ziemlich günstig, im Jahre 1908 dagegen ungünstig. Als Pegelstände, bei denen die Entnahme der Wasserwerke und der Betrieb der Wasserbetriebwerke zu leiden beginnen, werden solche von + 0,20 und weniger am Mülheimer Pegel angesehen. Bei einem Wasserstand von + 0,20 führt die Ruhr 19 cbm/sek. Im Jahre 1907 waren solcher Tage 31, im Jahre 1908 90. Wie aus der nachstehenden Tabelle 81 hervorgeht, wird das Jahr 1908 unter den 10 Jahren 1898—1908 nur von den Jahren 1901 und 1904 an Schärfe des Wassermangels übertroffen.

Tab. 81. Zahl der schädlichen Trockentage an der Ruhr von 1898—1908.
Wasserstand am Mülheimer Pegel.

	+ 40 oder weniger	+ 20 oder weniger	+ 0 oder weniger	- 20 oder weniger	- 40 oder weniger
1898	105	84	3	—	—
1899	78	41	11	—	—
1900	78	24	—	—	—
1901	129	111	74	35	10
1902	65	2	—	—	—
1903	38	13	1	—	—
1904	163	148	128	85	1
1905	33	4	—	—	—
1906	51	6	—	—	—
1907	66	31	2	—	—
1908	148	90	45	1	—
1909	68	13	1	—	—
1910	7	—	—	—	—
1911	165	140	110	86	44
1912	47	41	24	1	—

Im Jahre 1907 trat im April eine starke Trockenheit ein, die die Talsperrengenosenschaften veranlaßte, einen Teil des Stauinhalts zu verbrauchen. Die Vorschrift der Verträge mit dem Ruhr-Talsperrenverein, daß die Staubecken am 1. Mai gefüllt sein sollten, konnte daher in diesem Jahre nicht erfüllt werden. Ein Nachteil entstand hieraus jedoch nicht, da starke Niederschläge im Mai die Talsperren sämtlich wieder zum Überlaufen brachten; von da an sank der Stauinhalt langsam und ziemlich gleichmäßig bis zum 10. November. Als an diesem Tage durch starke Niederschläge die winterliche Füllung begann, waren sämtliche Staubecken fast völlig entleert. Der Verein hat im Jahre 1907 nur selten Wasser angefordert, da die Abgabe durch die Genossenschaften auch seinen Interessen entsprach. Das Jahr 1908 brachte im Juli eine lange Trockenperiode, so daß die Talsperren sich schnell leerten. Ende August fielen aber so reichliche Niederschläge, daß der verlorene Stauinhalt zum größten Teil wiedergewonnen wurde. Diese erneute Füllung kam den Talsperrengenosenschaften und dem Verein in den folgenden Monaten sehr zu statten, denn der Herbst brachte trockenes Wetter und stetig sinkende Wasserstände; erst am 22. November erreichte die Ruhr am Mülheimer Pegel wieder den Wasserstand + 0,20, nachdem sie vom 30. September an dauernd tiefer gestanden hatte. In dieser Trockenperiode forderte der Verein während mehrerer Wochen die vertragsmäßig größte zulässige Wasserabgabe von 15000 cbm täglich für eine Million Kubikmeter Stauinhalt, insgesamt rund 5½ cbm/sek. Im Oktober und November des Jahres stammte ⅓ bis ½ des in der Ruhr sichtbar abfließenden Wassers aus den Talsperren. Trotz ihres verhältnismäßig geringen Stauinhalts sind also die vorhandenen Anlagen im Jahre 1908 den Pumpwerken sowohl wie den Triebwerken sehr nützlich gewesen. Die Wasserwerke konnten im Jahre 1908 im allgemeinen den Bedarf der Verbraucher decken, da bei den größeren Werken die Entnahme im Jahre 1908 (s. die Tab. auf S. 128) wegen des Sinkens der Marktlage nur wenig zugenommen, bei einigen sogar abgenommen hat; auch hatte die große Vermehrung der Förderung in den beiden Jahren 1906 und 1907 eine Erweiterung der Gewinnungsanlagen zur Folge gehabt. Außerdem sind die beiden größten Wasserrentnehmer dazu übergegangen, einen Teil ihres Bedarfs außerhalb des Ruhrgebiets zu decken.

Das Jahr 1909 war gekennzeichnet durch eine Hochflut, über die weiter unten Mitteilungen gemacht sind. Während dieser Flut füllten sich die Talsperren etwa zur Hälfte. Die Becken traten, entgegen dem Betriebsplan, nicht mit voller Füllung in den Sommer ein. Aber der Sommer 1909 brachte keine ausgesprochene Trockenperiode, so daß der kritische Wasserstand von $+ 0,20$ am Mühlheimer Pegel nur an 13 Tagen unterschritten wurde. Der Inhalt der Talsperren ging während des ganzen Jahres nicht unter die Hälfte der Füllung hinab, da die Abgaben aus den Becken während der kurzen Trockenperioden durch zwischenliegende stärkere Zuflüsse wieder gedeckt wurden.

Die Wasserführung des Jahres 1910 war ebenfalls eine reichliche. Es brachte eine solche Fülle von Niederschlägen, daß an keinem Tage die Grenze $+ 0,20$ am Pegel zu Mülheim erreicht wurde. In dem an sich trockenen Spätherbst 1910 fand ein starker Zuschuß aus den gefüllten Becken statt, der die guten Wasserstände in der Ruhr herbeiführte. Im ganzen hätte in diesem Jahre die Hilfe der Talsperren entbehrt werden können.

Das Jahr 1911 war das trockenste aller bisher beobachteten Jahre. Die Dürre dieses Sommers hätte fast zu einem verhängnisvollen Versagen der sämtlichen Wasserwerke an der unteren Ruhr geführt. Bereits am 4. Juni wurde der Wasserstand $+ 0,20$ am Pegel zu Mülheim unterschritten. Mit kurzen Unterbrechungen hat die Trockenperiode bis Mitte November angehalten. Im September war die Ruhr unterhalb Mülheim völlig versiegt. Man versuchte Abhilfe, indem man Rheinwasser rückwärts die Ruhr hinaufpumpte, um das untere Ruhrtal mit Wasser anzureichern.

Das Jahr 1912 zeigte wieder einen normalen Verlauf, wie die Tabelle 81 erkennen läßt. In diesem Jahre konnte Ende Juni bereits die Möhnetalsperre zu einem Probestau von 7 Mill. cbm Wasser abgeschlossen werden, der den Zweck hatte, einen Vorrat zu gunsten der Wasserwerke anzusammeln. Die endgültige Inbetriebnahme dieser Talsperre erfolgte dann mit Schluß des Jahres. Die erste Anstauung der Listertalsperre fand im Oktober 1912 statt. Infolge der außerordentlich starken Niederschläge füllte sich dieses Sammelbecken so schnell, daß bereits Mitte Dezember die Sperrmauer zum erstenmal überlief. Der gesamte Stauraum der Talsperren im Ruhrgebiet beziffert sich damit einschließlich der Vergrößerung der Ennepetalsperre auf rd. 187 Mill. cbm.

Ergänzend zu der Tabelle auf S. 128 sei bemerkt, daß die Wasserförderung der Pumpwerke in den letzten Jahren wiederum eine erhebliche Zunahme erfahren hat. Die Förderung betrug im Jahre 1910 295,5 und im Jahre 1911 313,2 Mill. cbm. Der lebhafteste Aufschwung der Industrie und die steigende Bevölkerungszunahme im Versorgungsgebiet hatten diese Steigerung zur Folge, die auch im Jahre 1912 unvermindert angehalten hat.

Nach allem kann man aus den bisherigen Betriebsergebnissen einen nachhaltigen Einfluß der Talsperren auf die Wasserführung der Ruhr noch nicht erkennen. Die Ursache liegt in den unzulänglichen Mitteln. Bei einer Wasserförderung von 313 Mill. cbm im Jahre 1911 mußte, wenn die Grundlagen des Wasserwirtschaftsplanes erfüllt werden sollten (s. S. 128), ein Gesamtstauraum in allen Becken von $313 \cdot 0,38 =$ rd. 119 Mill. vorhanden sein, während tatsächlich nur 32,4 Mill. cbm zur Verfügung standen. Diesem Übelstande ist nunmehr nach Inbetriebnahme der Möhne- und Listertalsperre abgeholfen, und es kann für die nächste Zeit bis zu entsprechender Steigerung des Wasserbedarfes eine ausreichende Anreicherung des Grundwassers im Ruhrtal und die Sicherstellung der Wasserversorgung des Industriegebietes erhofft werden.

Talsperren für Schiffahrtsw Zwecke. Über die Ergebnisse aus dem Betrieb der Staubecken am oberen Mississippi (s. S. 21) macht Landreth folgende Angaben¹⁾: Die größte Wassertiefenvermehrung bei St. Paul betrug rd. 1,0 m im Jahre 1900, die geringste Aufhöhung 12,5 cm im Jahre 1903. Der Strom hat hier eine Niedrigwasserbreite von 120 m und bei Mittelniedrigwasserständen eine Wasserführung von 71 cbm/sek. 82 km unterhalb St. Paul soll eine Wirkung nicht mehr erkennbar sein. Wenn das Wasser aus dem Verteilungsbecken am Pokegamasee abgelassen wird, so ist die Wirkung bei St. Paul, 562 km unterhalb, erst 10 Tage später zu merken. Für die unteren Stromgebiete dauert diese Beeinflussung entsprechend länger. Es ergibt sich daraus für den Betriebsleiter die Schwierigkeit, das Zuschußwasser bei Trockenheit im richtigen Augenblick zur Abströmung zu bringen. Es liegt immerhin die Gefahr vor, daß dieses Zuschußwasser mit plötzlichen Überflutungen im unteren Strome zusammenfällt, so daß deren Wirkung noch verschlimmert wird. Daraus kann man die Notwendigkeit folgern, Staubecken dieser Art so anzulegen, daß die Fließzeit von der Wasserabgabe bis zur Bedarfsstelle möglichst gering ist. Man darf also die Becken nicht auf eine Stelle im Quellgebiet allein zusammenziehen, sondern die Aufspeicherungen sollten im Stromsystem ver-

1) XII. Internat. Schiffahrtkongreß 1912, 1. Abteil. 1. Frage.

teilt werden und auch in den Talniederungen und an den Nebenflüssen Platz finden. Ein gut eingerichteter Nachrichtendienst nach einer Zentralstelle ist unerlässlich.

Über das Ergebnis des Betriebes der Staubecken an der oberen Wolga s. S. 21 und de Hörschelmann, Aperçu historique du développement des voies navigables de l'empire de Russie, Kiew 1894 (zum V. Binnenschiffahrtskongreß Paris 1892). Man vergleiche ferner den Bericht von Timonoff und Kleiber, XII. Internat. Schiffahrtskongreß 1912, 1. Abteil, 1. Frage, der sich vornehmlich mit der Wolga beschäftigt.

Über das voraussichtliche Ergebnis des Betriebes der Staubecken im oberen Wesergebiet auf die Wassertiefenvermehrung für die Schifffahrt sind auf S. 22 Mitteilungen gemacht. Genaueres hierüber an der Hand eines Wasserwirtschaftsplanes und zeichnerischer Darstellungen gibt Sympher in der Druckschrift zum XII. Intern. Schiffahrtskongreß 1912, 1. Abteil, 1. Frage. A. a. O. ist dieser Gegenstand in mehreren Abhandlungen erörtert, unter anderen finden sich von Landreth Angaben über die Speisung des Bargekanals aus den Staubecken bei Hinkley und Delta, aus denen fast 10 cbm/sek. Speisungswasser gewonnen werden. Timonoff und Kleiber geben ebenda eine geschichtliche Darstellung der Behandlung der Frage der Niedrigwasservermehrung durch Zuschußwasser auf den Schiffahrtskongressen.

Nicht ohne merkbaren Einfluß dürften die Talsperrenanlagen im Ruhr- und Wuppergebiet auf die Wasserführung des unteren Rheins sein und es böte Interesse, dies durch Pegelbeobachtungen zu prüfen. Im Ruhrgebiet sind zurzeit 187 Mill. cbm Aufspeicherungsraum vorhanden. Nach dem Wasserwirtschaftsplane rechnet man, daß in trockener Zeit täglich 10000 cbm auf je 1 Mill. cbm Stauinhalt abgegeben werden können. Vertragsmäßig kann die höchste Tagesabgabe bis 15000 cbm betragen. Unter Zugrundelegung der ersteren Zahl würde der Wasservorrat, wenn man nur eine einmalige Füllung als Nutzwassermenge annimmt, hinreichen, um an 100 trockenen Tagen 22 cbm/sek. dem Rheine zuzuführen. Dabei ist der sommerliche Zufluß zu den Becken außer Rechnung gelassen. Hinzu kommt noch das Zuschußwasser aus dem Betriebe der 20 Mill. Stauraum im Wuppergebiet. Es dürfte sich daraus eine Aufhöhung des unteren Rheines bei Niedrigwasser um etwa 10 cm ergeben.

Wasserwirtschaftliche Betriebsergebnisse des Hochwasserschutzes. Zum ersten Male hatten die deutschen Talsperren im größeren Maße bei dem Hochwasser vom Februar 1909 Gelegenheit, ihren Zweck für den Hochwasserschutz zu erfüllen, auch solche Sammelbecken, die diesem Zwecke nicht eigentlich dienen. In den ersten Tagen des Februar jenes Jahres kam ein Hochwasser von ungewöhnlicher Höhe zum Abfluß. Es erreichte im Ruhrgebiet etwa die große Flut vom November 1890. Nach einer langen Trockenheit im Herbst 1908 trat im Januar 1909 Frost ein, der bis gegen Ende des Monats anhielt. Dann folgten Schneefälle, die sich besonders im bergischen Land und im Sauerlande hoch ablagerten. Ihre Höhe als Niederschlag gemessen wird durchschnittlich zu 2—3 m angegeben. Plötzlich schlug die Witterung um. In 3—4 Tagen gingen in einzelnen Bezirken des Bergischen Landes außergewöhnliche Regenfälle nieder (s. nachstehende Tab. 82). Dazu kam warmes Wetter, das auf den Höhen bis 5° erreichte. Der Untergrund war bis zu einer gewissen Tiefe fest gefroren und nicht aufnahmefähig. So gelangte aller Niederschlag glatt zur Abströmung.

Die vorherige Trockenheit hatte die Talsperren ziemlich leer werden lassen und alle Wasserwerke klagten über Wassermangel. So lagen die Verhältnisse für die Zurückhaltung günstig. Die Talsperren füllten sich und Millionen Kubikmeter Wasser wurden abgespeichert, und wenn zwar vereinzelt einiger Schaden eintrat, so wurden doch die Verheerungen durch den Talsperrenraum wesentlich gemildert. Diese Wirkung war um so bemerkenswerter, weil die Hochflut sehr plötzlich auftrat und es nicht möglich war, Vorkehrungen zum Schutz zu treffen, wie z. B. bei dem großen Hochwasser vom November 1890. Nachstehend mögen einige wesentliche Zahlenergebnisse mitgeteilt werden.

Tab. 82. Niederschläge im Wuppergebiet in der Zeit vom 30. Jan. bis 6. Febr. 1909 in mm.

Datum	Lingesetalsperre Messungspunkt 325 N. N. mm	Neyetalsperre Messungspunkt etwa 300 N. N. mm	Beventalsperre Messungspunkt 270 N. N. mm	Herbringhauser- talsperre (Barmen) Messungspunkt etwa 232 N. N. mm
30. 1.	8,1		5,4	
31. 1.	2,6		6,2	
1. 2.	13,2	15,6	5,8	21,8
2. 2.	2,7		1,3	
3. 2.	20,5	15,3	9,3	
4. 2.	58,1	71,0	73,3	62,1
5. 2.	34,3	69,5	42,3	59,0
6. 2.	11,5		10,1	17,0

Die Talsperren im Wuppergebiet¹⁾. Es kommen im Gebiet der Wupper für den Hochwasserschutz der Städte Elberfeld und Barmen 4 Talsperren in Betracht:

1. Die Lingesetalsperre, 2. Die Neye-, 3. Die Bever-, 4. Die Barmer-Talsperre. Näheres s. Tab. 3 auf S. 13.

Im ganzen umfassen diese 4 Talsperren ein Gebiet von 48,2 qkm. Das ganze Niederschlagsgebiet der Wupper oberhalb Barmen ist rund 310 qkm. Es werden somit rund 16 v. H. der Gesamtfläche abgesperrt. Die wasserzurückhaltende Wirkung hat jedoch verhältnismäßig einen größeren Anteil, weil die Niederschläge in den oberen Gebieten, in denen die Talsperren liegen, höhere sind, als der Durchschnitt. Die zurückgehaltenen Wassermassen in den zwei Tagen der größten Flut (4. u. 5. Februar 1909) betragen:

Lingesetalsperre	815000 cbm
Neyetalsperre	940000 >
Beventalsperre	1875000 >
Barmertalsperre	480500 >

Die Wasserführung der Wupper in den Tagen vom 29. Januar bis 12. Februar 1909 ist aus der Abb. 328 ersichtlich. Die während der höchsten Flutwelle am 4. u. 5. Februar in den 4 Talsperren zurückgehaltenen Wassermassen betragen danach 39,2 cbm in der Sekunde. Die Verminderung des Wasserstandes in Elberfeld-Barmen berechnet sich darnach zu 0,37 m. Es erscheint sicher, daß eine Erhöhung des ohnehin gefahrbringenden Wasserstandes um dieses Maß in den kritischen Stunden die Einwirkung des Hochwassers weit schlimmer, als geschehen, gestaltet hätte. Dabei wird man nicht außer acht lassen dürfen, daß diese Talsperren nur zu einem ganz geringen Teile dem Hochwasserschutz als solchem dienen und daß dieser Schutz erzielt wurde im regelrechten Betriebe ihrer eigentlichen Zwecke (Niedrigwasseraufhöhung und Trinkwasserversorgung).

Die Talsperren im Ruhrgebiet. Es kommen in Betracht Talsperren mit zusammen 32,40 Mill. cbm Stauinhalt und 151 qkm abgesperrtem Niederschlagsgebiet (s. die Tab. auf S. 128). Der gesamte Zufluß zu allen im Gebiete der Ruhr, Lenne und Volme belegenen Sammelbecken während der Hochwassertage ist auf

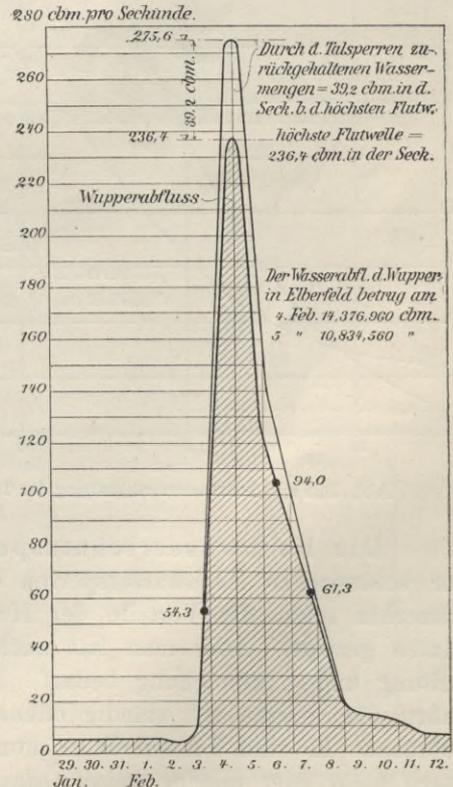


Abb. 328. Der Wasserabfluß in der Wupper während der Hochflut vom Februar 1909 und seine Beeinflussung durch die Talsperren.

1) Die Talsperre 1909, S. 151.

16 Mill. cbm zu beziffern. Die Ruhr bei Mülheim führte in diesen Tagen als Höchstabfluß rund 900 cbm, während im Jahre 1890 der größte Abfluß 1110 cbm/sek. betrug. Die zurückgehaltene Wassermasse würde den Wasserabfluß am kritischen Tage etwa um 8 Mill. cbm und damit den Wasserstand um etwa 15 cm erhöht haben.

Die Urfttalsperre (Stauinhalt 45,5 Mill. cbm). Beim Eintritt der Hochflut betrug der Inhalt des Beckens 20,5 Mill. cbm. Am ersten Tage der Flut flossen rund 7 Mill. cbm zu. Der höchste sekundliche Zufluß war etwa 100 cbm. Die Ruhr bei Heimbach hatte einen Stand erreicht, der den höchsten Wasserstand vom Jahre 1890 noch um 30 cm überschritt. Es dürften dabei in der Sekunde etwa 250 cbm abgeführt worden sein. Die Verminderung, die durch Wasseraufspeicherung in der Ruhr erzielt wurde, wird zu 0,5 m geschätzt, wodurch bedeutender Schaden verhütet wurde.

Die Anlieger dieser Flüsse haben somit einen ansehnlichen Hochwasserschutz ohne eigentliche Gegenleistung gehabt. Denn nur die Städte Elberfeld und Barmen zahlen einen Beitrag zu den jährlichen Kosten der Wuppertalsperren. Die Beiträge der Triebwerkbesitzer für die aus den Talsperren gewonnene Kraft erreicht aber eine so bedeutende Höhe, daß sie zum Teil die wirtschaftliche Grenze erreichen. Es könnte demnach wohl in Betracht kommen, die geschützten Anlieger der Flüsse zu entsprechenden Anteilen der Lasten heranzuziehen. Ein gerechter Maßstab würde sich wohl finden lassen.

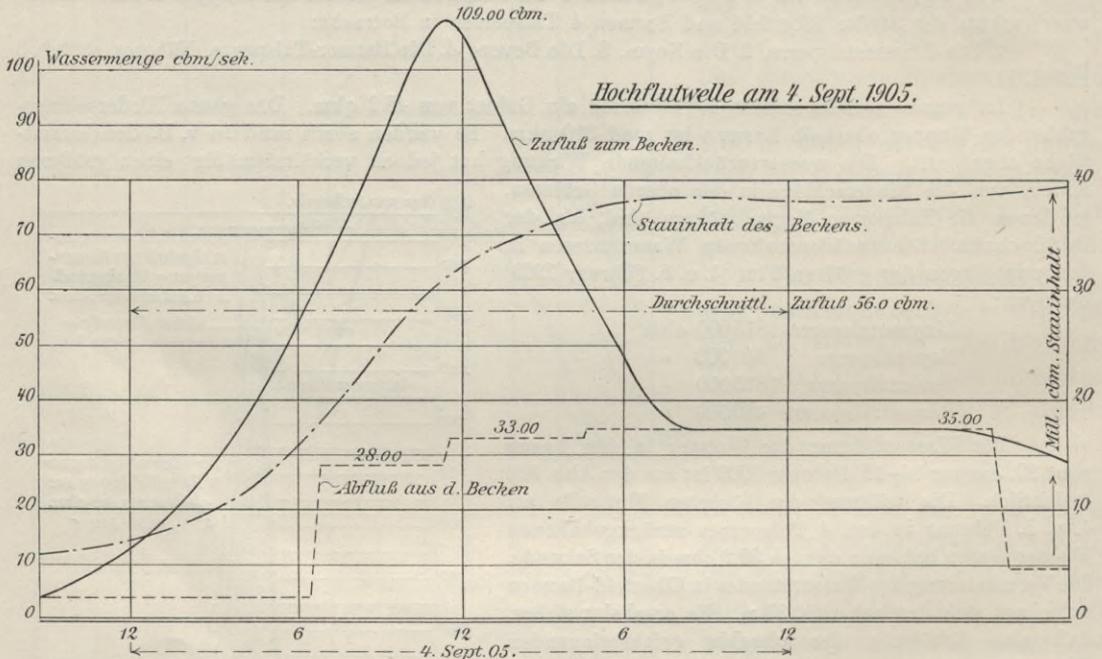


Abb. 329 a. Hochwasserzurückhaltung der Talsperre bei Marklissa bei der Hochflutwelle vom 4. Sept. 1905.

Die Hochwasserschutzsperrren in Schlesien. Wenn zwar der Betrieb der schlesischen Hochwassersperrren erst wenige Jahre gewährt hat, so haben sich immerhin schon die Vorteile der Hochwasserzurückhaltung bei einigen wesentlichen Fluten gezeigt. Aber man hat auch erkannt, daß dieser Schutz einer sorgfältigen Leitung und Überwachung bedarf. Wie schon an anderer Stelle (S. 403) dargetan, haben die Sperrren mit ständig offenstehenden Flutöffnungen nicht genügenden Schutz gebracht. Es sind Verschlußvorrichtungen nötig und die Größe des Durchflusses muß durch mehr oder minder weites Öffnen der Schütze derart geregelt werden, daß nach Maßgabe der Abflußverhältnisse und unter Berücksichtigung der Aufnahmefähigkeit des unteren Bachlaufes den Anliegern Ruhe und Sicherheit gebracht wird. Auch den schlesischen Talsperren gab das Hochwasser vom Februar 1909 Gelegenheit, ihre Wirkungs-

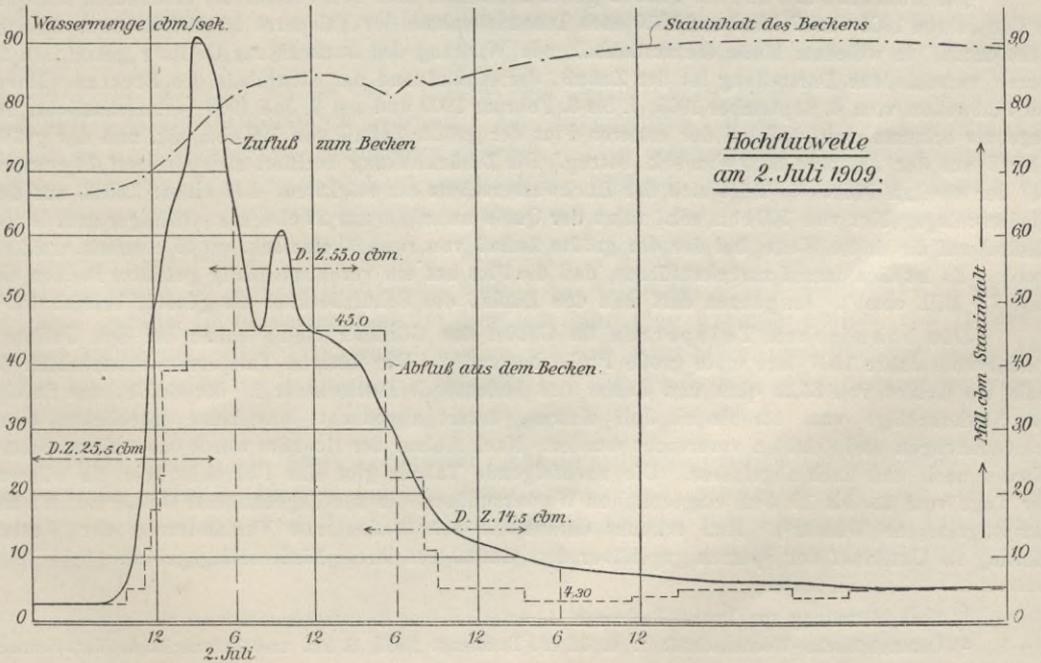
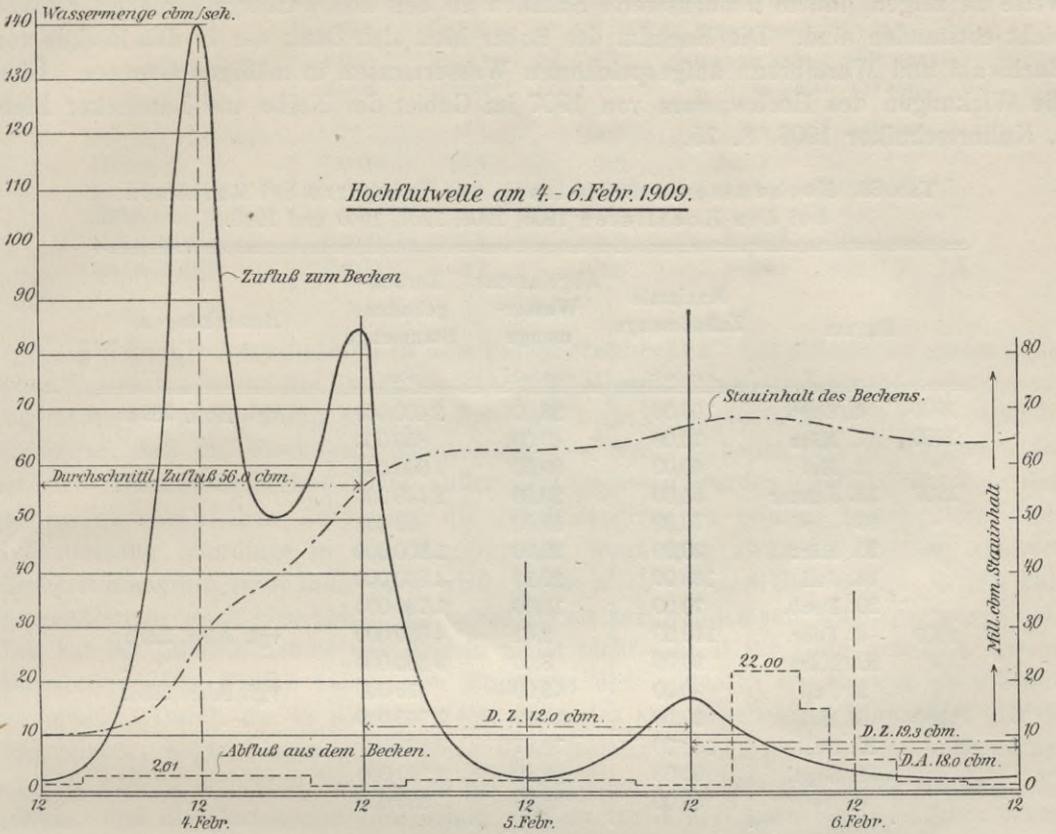


Abb. 329b. Hochwasserzurückhaltung der Talsperre bei Marklissa bei den Hochflutwellen des Jahres 1909.

weise zu zeigen, indem nennenswerte Schäden an den hochwassergefährlichen Flüssen nicht entstanden sind. Die Hochflut des Bober hielt sich Dank der in den Becken von Buchwald und Warmbrunn aufgespeicherten Wassermassen in mäßigen Grenzen. Über die Wirkungen des Hochwassers von 1907 im Gebiet der Neiße und Landecker Biele s. Kulturtechniker 1908, S. 75.

Tab. 83. Hochwasserzurückhaltung der Talsperre bei Marklissa bei den Hochfluten 1905, 1906, 1907, 1909 und 1910.

Datum		Maximale Zuflußmenge	Abgelassene Wasser- menge	Zurück- gehaltene Stauenge	Bemerkungen
		cbm/sek.	cbm/sek.	cbm	
1905	4. Sept.	109,00	28,00	2 400 000	vgl. Abb. 329 a
1906	17. März	70,00	40,00	850 000	
>	2. Mai	60,00	29,00	1 000 000	
1907	15. Januar	55,00	20,60	2 440 000	
>	16. >	70,00	59,00	60 000	
>	20. März	70,00	20,00	1 200 000	
>	14. Juli	160,00	20,20	4 860 000	
>	20. Dez.	70,00	13,60	1 780 000	
1909	4. Febr.	140,00	2,61	4 630 000	vgl. Abb. 329 b
>	22. März	90,00	3,56	3 350 000	
>	2. Juli	90,00	45,00	810 000	vgl. Abb. 329 b
1910	5. Mai	60,00	26,80	1 765 000	
>	10. Juli	130,00	10,87	3 867 000	
>	1. Sept.	90,00	6,40	2 160 000	
>	8. >	45,00	33,00	337 000	

Die Abb. 329 a u. b und die Tab. 83 geben Aufschluß über den Verlauf der Hochfluten des Queis in den Jahren 1905—1907, 1909 und 1910 nach Inbetriebnahme der Talsperre bei Marklissa. Man ersieht daraus, in welchem Maße die zurückhaltende Wirkung des Beckens zur Geltung gekommen ist. Durch verschiedene Darstellung ist der Zufluß, der Abfluß und der Stauinhalt des Beckens während der Flutwellen vom 4. September 1905, 4. bis 6. Februar 1909 und am 2. Juli 1909 veranschaulicht. Als Ergebnis erkennt man, daß bei der ersteren Flut der größte Zufluß von 109 cbm/sek. und der größte Abfluß aus der Talsperre 35,0 cbm/sek. betrug. Die Zurückhaltung beziffert sich also auf 74 cbm/sek. Bei der zweiten Flutwelle zeigt sich der Hochwasserschutz am stärksten. Bei einem Zufluß aus dem Niederschlagsgebiet von 140 cbm/sek., führt der Queis unterhalb nur 22 cbm/sek. Weniger groß ist der Einfluß auf die dritte Welle, bei der der größte Zufluß von rund 90 cbm/sek. auf 45 cbm/sek. ermäßigt wurde. Es ist dies darauf zurückzuführen, daß die Flut auf ein verhältnismäßig gefülltes Becken traf (fast 7,0 Mill. cbm)¹⁾. Im ganzen darf man den Einfluß des Schutzbeckens als günstig bezeichnen.

Die böhmischen Talsperren im Gebiet der Görlitzer Neiße haben bei dem Julihochwasser vom Jahre 1907 ihre erste große Probe bestanden. Die fertigen Talsperren beherrschten damals ein Gebiet von 33,29 qkm und haben das bedeutende Hochwasser in der Neiße, das infolge der Niederschläge vom 13. bis 15. Juli eintrat, derart abgeflacht, das keine erheblichen Überschwemmungen und Schäden verursacht wurden. Nach Ablauf der Hochflut wurde das aufgespeicherte Wasser nach und nach abgelassen. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die während der Tage vom 13. bis 15. Juli eingetretenen Wasserzuffüsse, die zurückgehaltenen Wassermengen und das abgelassene Wasser²⁾. Man erkennt daraus die sehr bedeutende Verminderung der Wasserführung im Unterlauf der Sperren gegenüber dem Zufluß aus ihrem Niederschlagsgebiet.

1) Nach Mitteilung von Baurat Bachmann.

2) Österreichische Wochenschrift f. d. öffent. Baudienst 1907, S. 520 und Zeitschrift d. Ver. deutsch. Ing. 1907, S. 1435.

Talsperre	Größter Stauinhalt	Niederschlagsgebiet	Wasserzufluß	Stauwassermenge vom 13. bis 14. Juli	Abgelassenes Wasser
	cbm	qkm	cbm/sek.	cbm	cbm/sek.
Harzdorf	630 000	15,5	3,3	240 000	1,0
Friedrichswald (Schwarze Neiße)	2 000 000	4,1	10,0	436 000	0,5
Voigtsbach	250 000	6,9	3,2	155 000	0,8 später 2,0
Mühlscheibe	250 000	6,7	1,8	86 000	0,8 > 1,5

§ 74. Fischereibetrieb in den Talsperrenbecken. Bei Anlage der ersten deutschen Talsperren ist auf die Fischereinutzung im allgemeinen keine Rücksicht genommen, obwohl diese Nutzung ihren sonstigen Zwecken nicht entgegensteht. Man kann vielmehr annehmen, daß die Fische zur Reinhaltung des Wassers beitragen, ein Umstand, der bei den Trinkwasserbecken nicht außer acht gelassen werden darf. Gegenüber den großen wirtschaftlichen Aufgaben, die die Talsperren zu erfüllen haben, tritt diese Nebennutzung allerdings in den Hintergrund, wenn man zwar die Erträge aus der Fischerei immerhin gerne mitnehmen wird. Daher möchte diesem Gegenstande in dem Talsperrenbetriebe auch eine höhere Aufmerksamkeit zuzuwenden sein als bisher geschehen. Man hat bei Inbetriebnahme der Becken meist nicht einmal für nötig gehalten, Fische einzusetzen. Die Fische haben sich dann aus den Zuflüssen im Becken ohne Zutun gesammelt. Durch die in solcher Weise zwanglos sich ergebenden Einnahmen darauf hingewiesen, beginnt man gegenwärtig der Fischzucht mehr Anteilnahme entgegenzubringen und in mehreren Staubecken ist neuerdings Fischbrut ausgesetzt worden. Es scheint, daß die Bachforelle, die schon vordem meist in diesen Gebirgsbächen lebte, sich am besten für diese Art Fischzucht eignet. Daneben kommen die Regenbogenforelle, Bachsaiblinge u. a. vor. Um erhöhte Erträge aus der Fischerei zu erzielen, empfiehlt es sich, das Fischereirecht für den ganzen Flußlauf oberhalb der Talsperre zu erwerben, da sonst die an den Oberlauf zum Laichen eintretenden Fische von anderen Fischberechtigten fortgefangen werden. Im allgemeinen ist ein gutes Gedeihen der Fische in den Staubecken beobachtet worden. Der wechselnde Wasserstand und die sich an den Rändern des abgesenkten Beckens bildende kleine Vegetation bieten bei steigendem Wasser den Fischen eine gute Nahrung dar. Die der Sonnenseite zugekehrten Wasserflächen haben sich ergiebiger gezeigt als die übrigen. Künstliche Fütterung findet im allgemeinen nicht statt. Es wirkt auf den Fischbestand ungünstig ein, daß gerade in heißester Zeit im Sommer nur eine geringe Zufuhr von frischem Wasser stattfindet. Bei Trinkwasserbecken ist das Aufrühren des Wassers beim Abfischen störend, wie denn überhaupt das Fischen mit Tiefnetzen oft schwierig ist wegen der Felsspitzen und Steine, an denen die Netze leicht zerreißen.

Die Fischerei ist meist verpachtet. Aus der nachstehenden Tabelle 84 ist ersichtlich, welche Erträge hieraus bei den einzelnen Becken gewonnen werden. Da diese Anlagen meist noch neu sind, so sind bei einer Reihe von Talsperrenanlagen Einnahmen noch nicht zu verzeichnen bzw. es ist überhaupt noch kein Abfischen erfolgt¹⁾.

¹⁾ zum Teil nach Wasserwirtschaft und Wasserrecht 1907, S. 129, wo sich eine ausführliche Erörterung dieser Frage findet; vergl. ferner a. a. O. 1909, S. 114 u. 125; 1912, S. 288. Allg. Fischereizeitung 1907, S. 418 u. 1909, S. 51, 69 u. 100.

Tab. 84. Fischereierträge aus Talsperrenbetrieben.

Talsperre	Stauinhalt in Mill. cbm	Einnahmen aus der Fischerei im Jahr Mk.	Bemerkungen
Eschbachtalsperre bei Remscheid	1,0	400—600	Die Kosten der Talsperren s. Tab. 3 u. 4.
Lingesetalsperre	2,6	650	
Ronsdorfer Talsperre	0,3	400	Fischbestand Forellen
Solinger Talsperren	3,0	300—400	
Heilenbeckertalsperre	0,45	300—450	
Fuelbeckertalsperre	0,70	400—500	
Gileppe (Belgien)	12,0	300—800	

An der Ennepetalsperre hat man die Zuflüsse zum Becken durch eine Mauer mit eingelassenen Eisenrohren abgeschlossen um zu verhindern, daß die Fische zur Laichzeit in die Bäche hinaufsteigen und dadurch für die Fischnutzung im Becken verloren gehen. Ähnliche Einrichtungen sind auch in anderen Becken getroffen. Bei den Becken, bei denen nicht eine Bereinigung der Grundfläche von Wurzeln und Baumstämpfen erfolgt ist, haben sich diese dem Fischen mit Netzen als sehr hinderlich gezeigt, wie z. B. an der Urfttalsperre. Die Anlage von Fischbruteinrichtungen wird sich empfehlen, um das Material zum Besetzen der Seen zu erhalten. An der seit dem Jahre 1876 gestauten Gilppetalsperre hat sich der anfängliche Fischreichtum stark vermindert, und die Einnahmen sind zurückgegangen. Es scheint, daß dies in besonderen Verhältnissen dieser Talsperre seinen Grund hat. Als besonders nachteilig hat sich hier die Einsetzung von Barschen für die Entwicklung der anderen Fischarten erwiesen; diese wurden vernichtet. Man hat hier neuerdings Versuche mit dem Einsetzen von Hechten gemacht. Die Wahrung der Fischereii Interessen findet zum ersten Male in vermehrtem Maße bei der Errichtung der Waldeckertalsperre Beachtung.

Als wesentlichste Forderungen und Leitsätze für die Pflege der Fischzucht in den Talsperrenbecken sind zu bezeichnen:

1. Abräumung der Becken von Bäumen und Sträuchern mit Wurzeln; Felsblöcke sind zu entfernen.
2. Anlage kleiner Becken innerhalb der großen Weiher, um das Fischen beim Ablassen der Hauptbecken zu erleichtern.
3. Anlage von Fischbrutanstalten.
4. Sicherung der Fischerei in den Zuflußstrecken seitens des Besitzers der Talsperre, damit sich die Forellen zum Laichen dort aufhalten können. Beide Gewässer — Becken und Zuflußbäche — sind als ein zusammenhängendes Wirtschaftsganzes anzusehen.
5. Als der zweckmäßigste Fisch erscheint die Bachforelle.

§ 75. Nachträgliche Aufhöhung von Sperrmauern. Der Anlaß zu einer nachträglichen Erhöhung der Sperrmauern ist immer naheliegend. Mit einer kleinen einfachen und billigen Hilfskonstruktion ist es oft möglich, den Stauinhalt des Beckens um 100 000 bis 200 000 cbm, bei großen Anlagen um noch mehr zu vergrößern. Nicht nur, daß an sich im oberen Teile der Sammelbecken der hinzukommende Inhalt verhältnismäßig billiger als im unteren Teile wird (s. S. 96). Dies ist in noch stärkerem Maße der Fall, weil man die Mauer nicht mit vollem Querschnitt, sondern oft mit einer billigen Stauvorrichtung zu Lasten des freien Raumes zwischen Überlaufhöhe und Mauerkrone aufhöht. Sicher ist, daß auf so einfache Weise die Wirtschaftlichkeit gesteigert wird, aber andererseits wird man doch auch bedacht haben müssen, zwischen Wasserspiegel und Mauerkrone ein angemessenes Maß zu halten.

Die nachträgliche Aufhöhung der Sperrmauer kann erfolgen:

1. Durch Aufhöhung der Überläufe (Aufsatzbretter, Dammbalken, Eisenblech).
2. Durch Aufmauerung der Sperrmauer.
3. Durch Aufmauerung und Verstärkungspfeiler.

Zu 1. Das vielfach übliche Maß von 1,0 m zwischen Überlauf und Mauerkronenhöhe ist, wie bereits früher (S. 395) ausgeführt wurde, an sich kein fest vorgeschriebenes. Es ist hergeleitet aus der Erfahrung.

Die Bestrebungen sind aus den oben (S. 395) angeführten Gründen in Deutschland in letzter Zeit vielfach darauf hinausgegangen, den Wasserspiegel normal bis etwa 50 cm unter Kronenhöhe anzuspannen. Man erkannte, daß der Stauinhalt des Beckens knapp bemessen war im Verhältnis zum Wasserreichtum des Tales und wollte auf diese einfache Weise nachträglich den Fehler wieder gut machen, um das Unternehmen wirtschaftlicher zu gestalten. Als Helfer in der Not mögen solche Bestrebungen noch hingehen; aber sie sollen nicht zur Gewohnheit werden. Man soll daran gehen, mit Vorsicht den Stauinhalt auskömmlich dem Wasserabfluß anzupassen und nicht auf Kosten der Verlässlichkeit des Betriebes arbeiten. Will man den Stauraum — der Kostenersparnis halber — nicht gleich in voller Größe ausbauen, so soll man zum wenigsten die spätere Aufhöhung in einer alle billigen Anforderungen erfüllenden Konstruktion vorsehen. Die Begründung nachträglicher Aufhöhung mit der wirtschaftlichen Notlage eines derartigen Unternehmens, wobei dann oft die beim Bau entstandenen Kostenüberschreitungen infolge tieferen Feldaushubes, schlechter Steinbrüche, Bauverzögerungen u. a. m. ins Feld geführt werden, hat immer etwas Mißliches.

Wenn somit einer derartigen Aufhöhung durch Dammbalken usw. und Verminderung des freien Raumes von 1,0 m nicht das Wort geredet werden kann, so sollen doch einige derartige Konstruktionen hier erwähnt werden.

1. Die Remscheider Talsperre im Eschbachtale. An dieser Sperrmauer ist anfänglich in einfachster Weise durch Aufsatzbretter auf der Oberkante des Überlaufs eine Vergrößerung des Stauraumes um etwa 65000 cbm geschaffen worden. Die Vorrichtung war jedoch etwas dürrtig und stark undicht; sie ist später durch eine eiserne Blechwand ersetzt worden.

2. Die Aufhöhung des Mauerüberlaufs der Jubachtalsperre durch Dammbalkenverschluß um 50 cm (Abb. 330). Es ist dies ein beweglicher Verschluß. Die Jubachtalsperre hat einen Stauinhalt von 1 Mill. cbm. Durch die Aufhöhung um 50 cm werden 50000 cbm Aufspeicherungsraum gewonnen. Das Niederschlagsgebiet beträgt 6,6 qkm. Der größte zu erwartende Abfluß ist 1 cbm sekundlich vom qkm. Es sind drei Öffnungen von je 4,14 m vorhanden. Beim größten Zufluß von 6,6 cbm/sek. berechnet sich nach der Wehrformel

$$\frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g} h^{\frac{3}{2}} = 6,6,$$

$$\text{bei } \frac{2}{3} \mu = 0,57, \quad b = 12,42 \text{ m}$$

die Überlaufhöhe h zu 35 cm, so daß dann der Wasserspiegel noch 15 cm unter der Mauerkrone verbleibt. Die Pfeiler des Überlaufs sind vorgezogen und mit Dammbalkenfasen versehen. Drei Balken überspannen je eine Öffnung von 4,14 m lichter Weite. Sie sind mit Ringen zum Ausheben versehen. Die Dammbalken an der Jubachtalsperre müssen in der Zeit des Frostes und wenn große Anschwellungen des Baches eintreten, entfernt werden. Dabei hat bei vollem Becken naturgemäß das

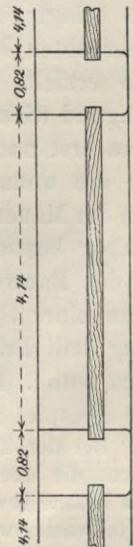
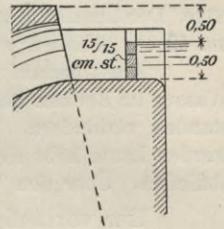


Abb. 330. Aufhöhung des Mauerüberlaufs der Jubachtalsperre durch Dammbalkenverschluß.

Herausheben der Balken langsam zu erfolgen, um durch das abströmende Wasser den Ablauf unterhalb nicht zu stark zu belasten. Das Gleiche geschieht an der Glörsbachtalsperre, wo in dem 15 m langen, 0,50 m unter Mauerkrone liegenden Überfall ein Dammbalkenverschluß von nur 1,0 m Breite und 50 cm Höhe vorhanden ist. Hier ist außerdem Vorschrift, daß der Wärter bei starkem Steigen des Wasserstandes im Becken die Mauer zweimal, und während des Überlaufens täglich einmal auf ihren ordnungsmäßigen Zustand besichtigen muß. Die Dammbalken dürfen erst wieder eingesetzt werden, wenn das Eis im Becken vollständig geschmolzen ist. In ähnlicher Weise ist an der Talsperre im Östertale von 3 Mill. cbm Stauinhalt eine Erhöhung des Überfalls um 40 cm durch Dammbalken herbeigeführt. Durch diese 40 cm werden 100 000 cbm Stauinhalt gewonnen. Das Niederschlagsgebiet ist 12,6 qkm groß; der jährliche Abfluß beträgt im Mittel 10,5 Mill. cbm. Die Überlaufhöhe berechnet sich bei einer Gesamtlänge des Überfalls von rund 26 m zu 47 cm (Hochwasserabfluß 1,5 cbm vom qkm) und es verbleibt dann der Wasserspiegel noch 13 cm unter Kronenhöhe. Der Überfall liegt in der Mauermitte. Die Brückenüberführung über dem Überlauf ist entsprechend um 40 cm gehoben worden.

Am Überlauf der Bevertalsperre ist eine selbsttätige Klappe eingebaut. Sie soll das Wasser im Becken über das normale Maß anspannen, aber das Überschreiten eines bestimmten Wasserstandes verhindern. Bei einem vorgeschriebenen Wasserstande, der durch eine Walze eingestellt werden kann, hebt sich die winkelartige Konstruktion durch den Wasserdruck und das Wasser kann abfließen. Über den Wert solcher selbsttätigen Betriebseinrichtungen s. S. 376.

Ein vorläufig nur teilweiser Aufbau einer Sperrmauer, um die vollständige Hochführung einem späteren Zeitpunkt zu überlassen, ist vom technischen Standpunkt und für die Güte des Bauwerks nicht wünschenswert. Jede Unterbrechung in der Mauerarbeit bringt einen weniger guten Zusammenhang des alten Mauerwerks mit dem neu aufgetragenen Mörtel mit sich, als die Kohäsion eines gleichmäßig hochgeführten Bauwerks erzielt. Wenn nach dieser Richtung hin schon eine kürzere Unterbrechung schädigend wirkt, so würde dies noch in erhöhtem Maße der Fall sein, wenn der spätere Aufbau erst nach Jahren erfolgt. Es hat sich gezeigt, daß bei Talsperrenaufbauten schon die unumgänglich winterlichen Unterbrechungen im gewissen Grade trennende Fugen im Mauerwerk herbeiführen, die das Durchsickern des Wassers begünstigen. Man ist daher bestrebt, durch schnelle Arbeit solche winterlichen Pausen im Interesse der Güte des Bauwerks nach Möglichkeit zu vermeiden, und es möchte ein nur teilweiser Ausbau einer Sperrmauer — etwa wegen Mangels an Geld — und die spätere Vollendung lediglich als Notbehelf anzusehen sein, der, wenn irgend möglich, vermieden werden sollte. Immerhin kann dieser Fall praktische Bedeutung erlangen, wie das folgende Beispiel zeigt.

Bei der Talsperre der Stadt Nordhausen im Südharz (s. S. 41) ist die Möglichkeit offen gehalten, die Mauer um 2 m aufzuheben zu können (Abb. 4 auf Taf. I). Eine Vergrößerung des Stauraumes konnte erwünscht erscheinen, falls mit der Sammelbeckenanlage, die ursprünglich lediglich für Trinkwasserzwecke geplant war, eine Kraftausnutzung verbunden werden sollte. Diese Frage war aber beim Bau der Talsperre noch nicht entschieden. Durch die Aufhöhung kann der Stauinhalt des Beckens von 770 000 cbm auf 1,0 Mill. cbm vermehrt werden, wodurch ein besserer Ausgleich des Wasserabflusses gewonnen würde. Als weiterer Grund, den vollen Ausbau noch zu verschieben, kam hinzu, daß die Wasserabflußverhältnisse zur Zeit des Baues noch nicht genügend bekannt waren. So mußte es zweckmäßig erscheinen, die Kapitalien für die höhere Mauer zunächst vorläufig nur insoweit festzulegen, um die Möglichkeit hierzu zu wahren. Die statische Untersuchung erweist, daß die Aufhöhung um 2 m bis zu 445,7 bei den gewählten Abmessungen der Sohlenbreite sehr wohl möglich ist. Die Drucklinie verbleibt an der Grenze des mittleren Drittels. Die größte Beanspruchung des Mauerwerks wird 7,0 kg/qcm. Die Kronenbreite ist auf 4,0 m bemessen und würde bei der Aufhöhung sich auf 3,50 m vermindern. Dies Maß erscheint immerhin noch ausreichend. Das Verhältnis der Höhe zur Grundbreite beträgt dann 0,70 m. Eine Erhöhung der Mauer hat bisher nicht stattgefunden. Es ist zunächst durch Einsetzen von Schützen am Überlauf eine Vergrößerung des Stauraumes auf rund 850 000 cbm herbeigeführt. Doch lassen die bisherigen Betriebsergebnisse (s. S. 562) die Aufhöhung erwünscht erscheinen und sie wird für die nächste Zeit geplant.

Es sei bemerkt, daß auch bei dem Bau der Talsperre in Mauer (Schesien) der nur teilweise Aufbau zunächst in Aussicht genommen war; man nahm jedoch aus den dargelegten allgemeinen Gründen davon Abstand, und führte die Sperrmauer gleich in voller Höhe aus (s. S. 407).

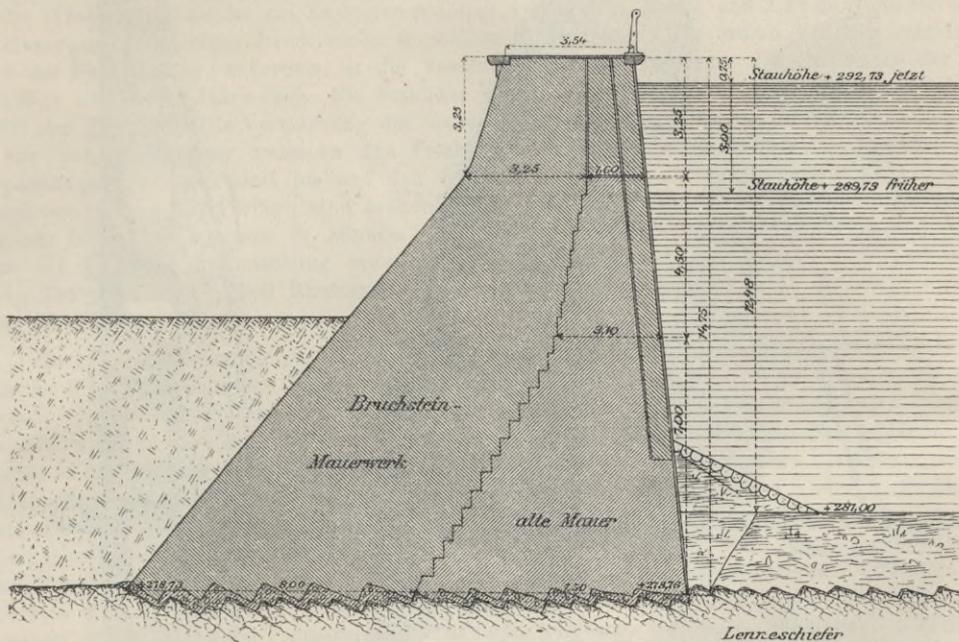


Abb. 331. Erhöhung der Talsperre der Stadt Lennep. Pfeilerquerschnitt.

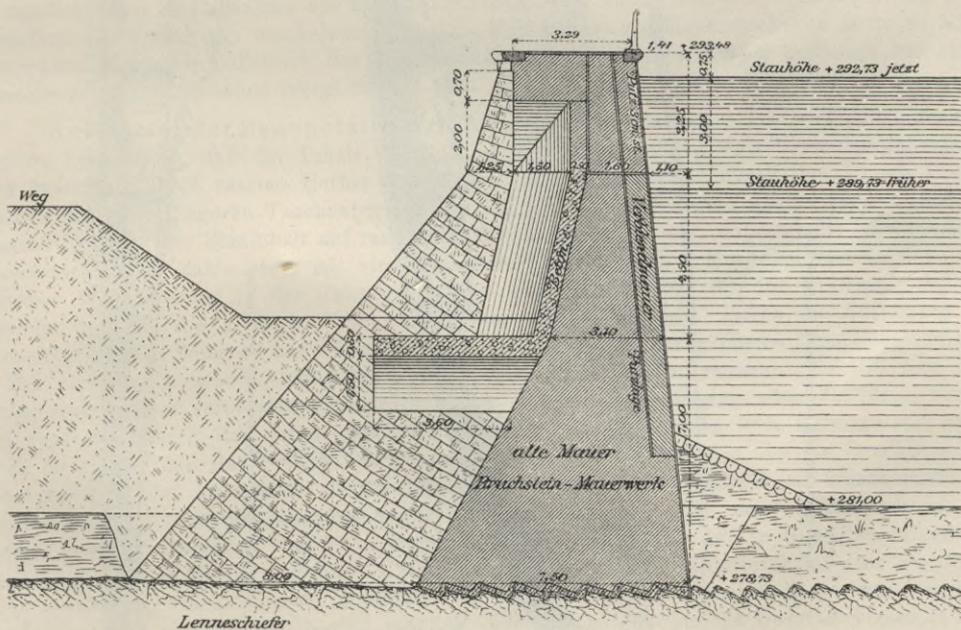
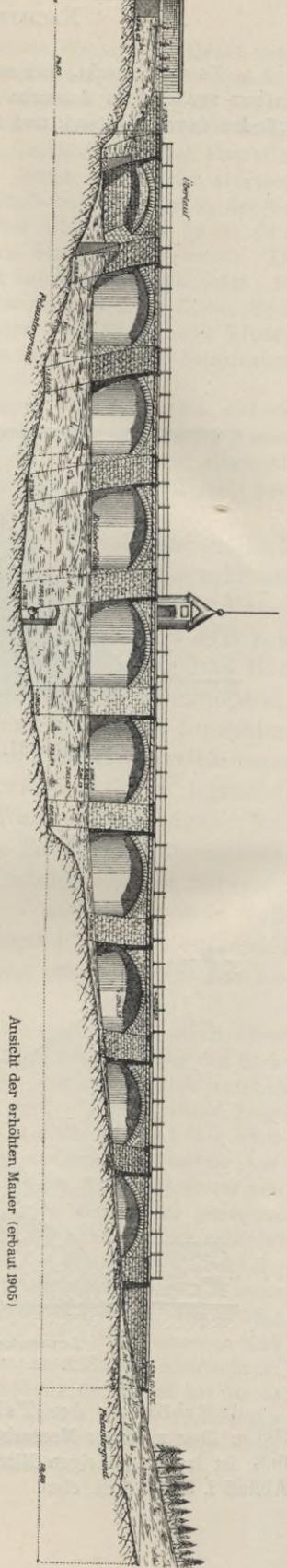
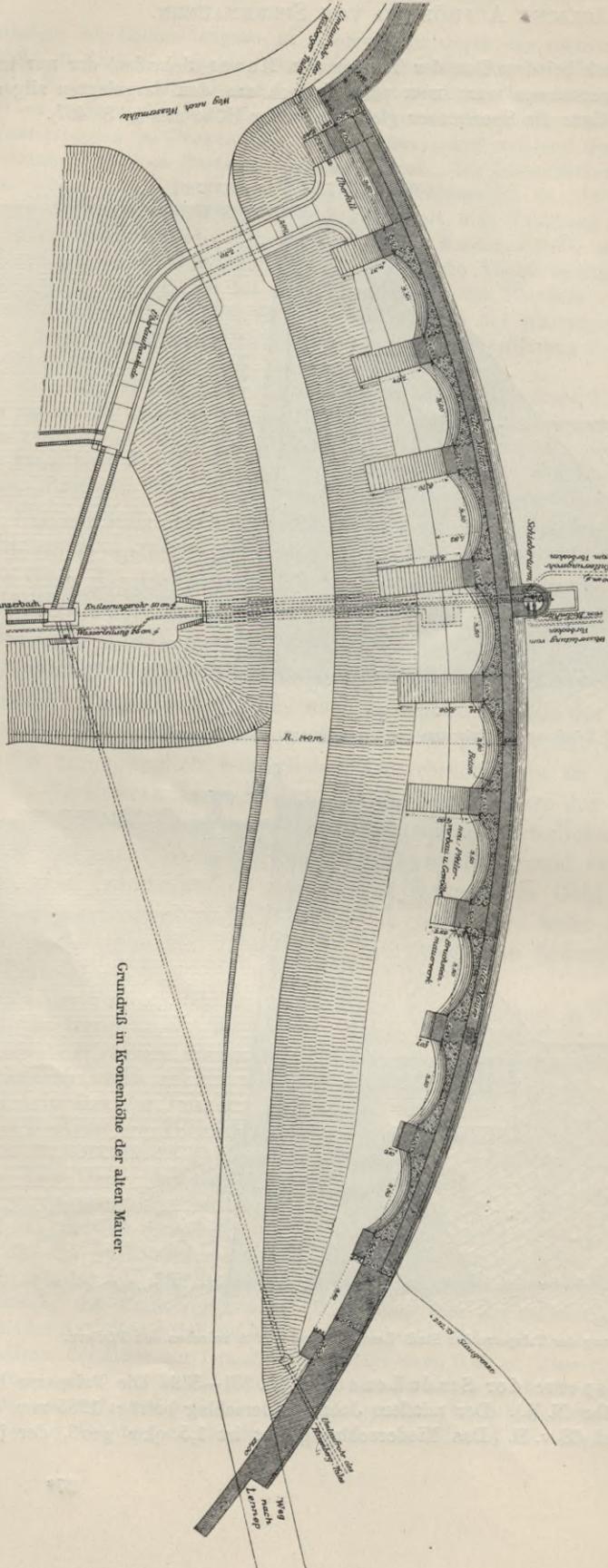


Abb. 332. Erhöhung der Talsperre der Stadt Lennep. Querschnitt zwischen den Pfeilern.

Erhöhung der Talsperre der Stadt Lennep (Abb. 331–333) Die Talsperre liegt auf 300 m über mittlerer Meereshöhe (N.N.). Der mittlere Jahresniederschlag beträgt 1235 mm, der Abfluß ist im langjährigen Mittel 68 v. H. Das Niederschlagsgebiet ist 1,5 qkm groß, der jährliche Abfluß i. M. 1,3 Mill. cbm.



Ansicht der erhöhten Mauer (erbaut 1905)



Grundriß in Kronenhöhe der alten Mauer

Abb. 333. Erhöhung der Talssperre der Stadt Lennep.

Das alte Becken hatte 120000 cbm Inhalt und eine größte Mauerhöhe von 11,5 m. Ein kleines Vorbecken fast 32000 cbm. Die Mauerstärke betrug oben 1,6, unten 7,5 m und die sichtbare Länge der Mauer 100 m; einschließlich der in die Hänge eingreifenden Teile ist die Gesamtlänge 127 m. Für die Wasserentnahme ist ein Entleerungsstollen von 1,30 m Breite und 1,80 m Höhe vorhanden. Die Mauer ist abgedichtet durch einen doppelten Zementputz. Der innere Verputz befindet sich hinter der Verblendung, außerdem ist die Verblendung selbst verputzt. Die Erhöhung der Mauer um 3,25 m erfolgte im Jahre 1905. Die Stauhöhe wurde dadurch um 3 m gehoben und der Inhalt auf 272000 cbm gebracht. Die Verstärkung der Mauer besteht aus einem System von Pfeilern und Bögen, das vor der alten Mauer zwischen den Felshängen eingebaut ist (Abb. 333). Sämtliche Pfeiler, Spannungsbögen usw. sind bis auf den festen Fels geführt. Der Überlauf liegt 0,75 m unter Mauerkrone. Unter den Pfeilern sind zackenförmige Ansätze vorhanden, um die Mauerschichten senkrecht zur Drucklinie ansetzen zu können. Zu sämtlichen Mauerarbeiten das Beton und Verputz, wurde die gleiche Mörtelmischung verwandt. Sie bestand aus 1 Teil Zement + 1 Teil Kalkbrei + $1\frac{1}{2}$ Teil Traß + $4\frac{3}{4}$ Teil Rheinsand. Das Mauerwerk erforderte 32 v. H., der Beton aus Stein-schlag 45 v. H. an Mörtel.

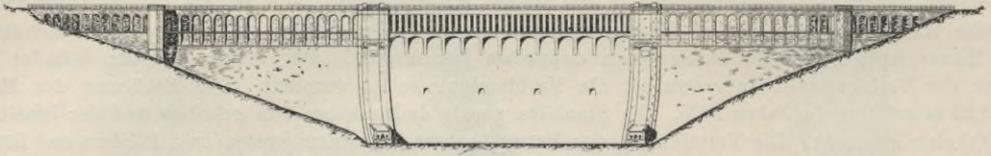
In 12,5 m Entfernung von Mitte zu Mitte sind 12 Pfeiler 3,0 m stark vorgebaut. Ihre größte Breite ist 8 m. Zwischen den Pfeilern sind senkrechte Gewölbe aus Zementbeton von je 9,5 m Weite gespannt, die im Scheitel 0,5 m stark sind. Sie dienen zur größeren Verstärkung und werden von horizontalen Bögen gestützt, die 4,85 m Breite und 2,10 m Gesamthöhe haben (Zementbeton). Diese letzteren bilden ein wagerechtes Spannungsgewölbe, das bis zu den Pfeilern hingeführt ist. Oben sind ebenfalls wagerechte Gewölbe aus Grauwacke von 9,5 m Spannweite und 2 m Pfeilhöhe als zweite wagerechte Verspannung zwischen den festen Felswänden ausgeführt. Eine genaue Berechnung soll ergeben haben, daß durch diese aufgelöste Bauweise etwa 16 v. H. Anlagekosten gegenüber einer vollen Mauer hätten erspart werden können. Die Bewegung der neuen aufgehöhten Mauer hat bei der ersten Füllung unter dem vollen Wasserdruck rund 3 mm betragen, später sind nur noch Bewegungen von 4 mm infolge Temperaturschwankungen gemessen worden¹⁾. Die statischen Verhältnisse einer derartig zusammengesetzten Konstruktion sind sehr unübersichtlich und die Berechnung ist wohl nur möglich unter Zuhilfenahme der Elastizitätstheorie, aber auch dann erscheint der Erfolg ungewiß. Vereinfachende Annahmen erscheinen zulässig. Man könnte ein Mauerstück von Mitte zu Mitte der senkrechten Bögen einschließlich des Strebepfeilers als einheitlichen Körper auffassen und als Stütz-mauerquerschnitt untersuchen (vergl. auch S. 336).

Aufhöhung der Ennepetalsperre (Abb. 334—336). Bald nach Inbetriebnahme der Ennepetalsperre zeigte sich, daß der Inhalt des Beckens zur gleichmäßigen Verteilung des Jahresabflusses nicht ausreichte. Bei nassem Herbst und Winter ging viel Wasser durch den Überlauf verloren, während bei einer längeren Trockenperiode die Talsperre fast versagte, wie im Herbst 1906 und im Sommer 1907, als der Stauinhalt auf rund 600000 cbm gesunken war, während die Ennepetalsperren-genossenschaft bis dahin stets mit einem eisernen Bestande von 2 Mill. cbm gerechnet hatte. Der zeitweise Wassermangel in der Talsperre wurde besonders fühlbar für das Kraftwerk des Kreises Schwelm und für die größeren Triebwerkbesitzer an der Ennepe. Durch die Aufhöhung ist der Wasserspiegel des Beckens um 2,5 m gehoben und hierdurch ein größeres Fassungsvermögen von 2,3 Mill. cbm erzielt. Das Becken faßte bisher 10,3 Mill. cbm, so daß nunmehr 12,6 Mill. cbm zur Verfügung stehen. Dem vermehrten Wasserdruck entsprechend ist das Eigengewicht der Mauer vergrößert. Dies geschah dadurch, daß auf die jetzige Krone eine neue Mauer von 10 m Höhe gesetzt ist. Hierdurch ist erzielt, daß das Gewicht der Mauer erheblich vergrößert wird und die Drucklinie in allen Belastungszuständen im inneren Drittel bleibt, daß also der Mauerkörper an keiner Stelle und in keinem Belastungszustande Zugspannungen aufzunehmen hat. Das neue Mauerwerk ist an den Hängen, wo eine Belastung von 10 m Mauerhöhe nicht erforderlich ist, in Gewölbe aufgelöst. Die geschlossene Mauer ist bis 1 m über Überfallkante hochgezogen. Hierdurch ist eine zweite Mauerkrone geschaffen, welche dieselbe Anordnung zeigt, wie die alte. In einer Höhe von 1 m über der Überfallkante ist ein zweiter Überfall möglich, sobald der gewöhnliche Überfall verstopft ist. Der Mörtel hat die Zusammensetzung 1 Teil Kalk, $1\frac{1}{4}$ Teil Traß und $2\frac{1}{4}$ Teil Steinsand. Der letztere wurde aus gemahlten Grauwackensteinen gewonnen. Für den Verputz gelangte Rheinsand zur Verwendung.

¹⁾ Zeitschrift für Bauwesen 1907, S. 227.

Sehansicht der Ennepetalsperre

Sicht der Sperrmauer



Grundriss

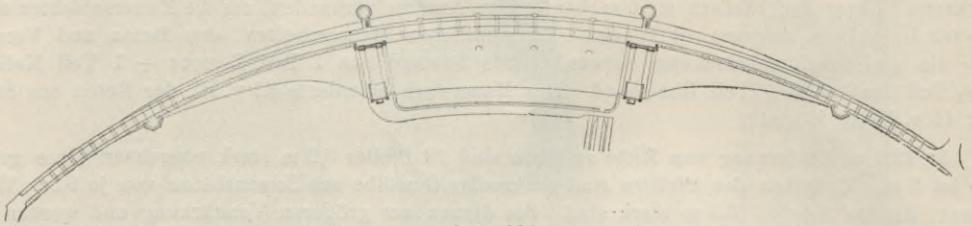


Abb. 334.

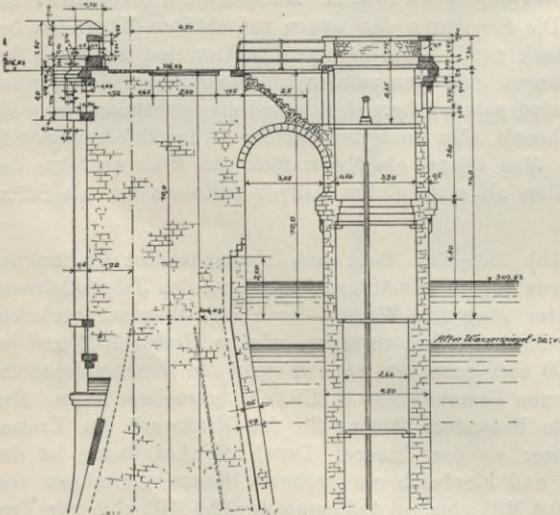


Abb. 336.

Querschnitt der Aufhöhung am Entnahmeschacht.

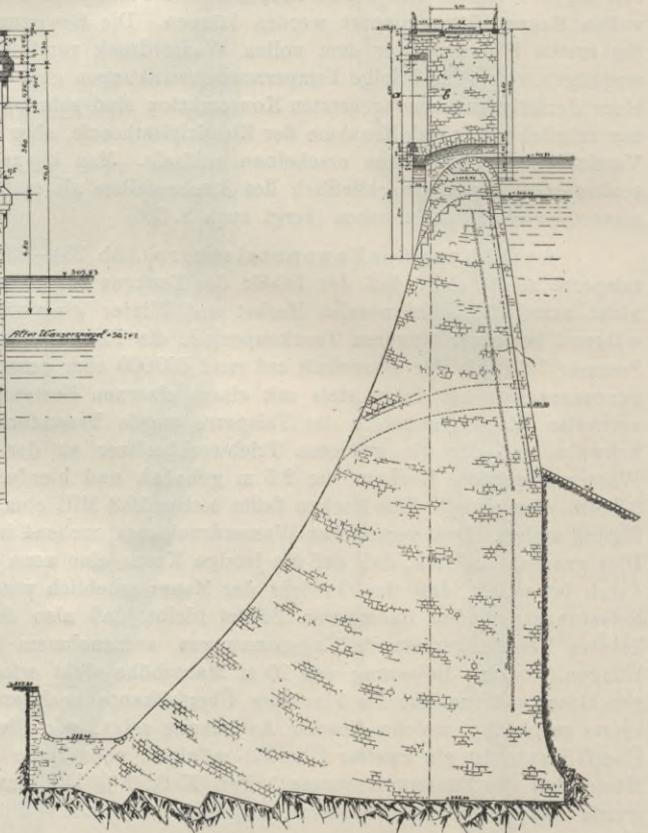


Abb. 335. Querschnitt der aufgehöhten Sperrmauer.

Abb. 334—336. Aufhöhung der Ennepe-Talsperre.

Für die Berechnung der Überhöhung der Sperrmauer sind dieselben grundlegenden Annahmen gemacht, wie bei dem ersten Ausbau und bei den sonstigen preußischen Talsperren (s. S. 229). Es sind folgende Werte eingeführt:

- Gewicht des Mauerwerks . . = 2300 kg/cbm
- Gewicht der Erdhinterfüllung = 1800 >
- Böschungswinkel = 20°
- Reibungswinkel mit der Mauer = 0°

Die maximale Mauerwerks- und Untergrundsbeanspruchung für das leere Becken beträgt 9,33 kg/qcm. Die größte Druckbeanspruchung im Mauerwerk tritt für das volle Becken an der Luftseite mit 7,39 kg/qcm ein, an der Wasserseite auf 2,69 kg/qcm zurück. Für den Bau wurden die Gewölbe des Überlaufs abgebrochen und im Überlauftrücken treppenartige Absätze ausgehauen, um einen innigen Anschluß des neuen Mauerwerks an das alte zu erreichen. Der Beton der Mauerkrone wurde aufgeraut und gereinigt. Seine Oberfläche ist vor dem Ansetzen des neuen Mauerwerks mit Zementmilch übergossen. Während der Bauzeit (1912) war ein Überlauf nicht vorhanden; die Regulierung des Hochwasserabflusses erfolgte durch die vier vorhandenen Notdurchlässe in halber Mauerhöhe¹⁾ (vergl. auch die Abb. 247 u. 248). Die Kosten des Erweiterungsbaues haben etwa 600000 Mk. betragen.

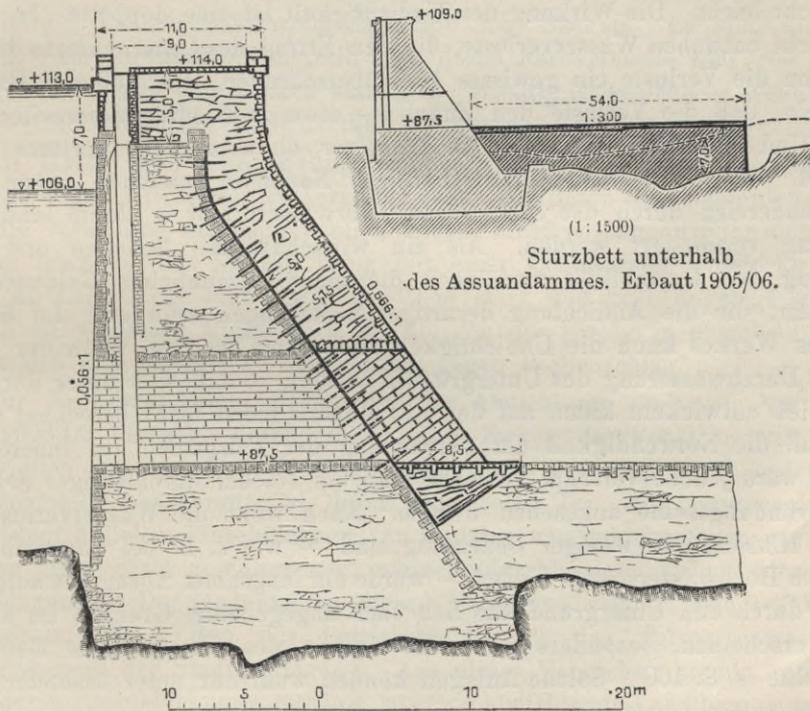


Abb. 337.

Aufhöhung der Sperrmauer bei Assuan. Die Mauer ist, wie schon auf S. 4 bemerkt wurde, nachträglich um 5 m erhöht und hierdurch der bisherige Fassungsraum von 1000 Mill. cbm auf etwa 2300 Mill. cbm vermehrt worden. Zunächst wurde zur Verstärkung des Mauerfußes in den Jahren 1905/06 ein kräftiges Sturzbett mit einem Kostenaufwande von annähernd 6 Mill. Mk. hergestellt (s. S. 351 und Abb. 337). Der alte Querschnitt ist dann im unteren Teile um 5 m verbreitert worden (Abb. 337). Zwischen dem alten und neuen Mauerwerk ist dabei ein Zwischenraum von 15 cm belassen, um die ungleichen Bewegungen beider Mauerkörper infolge Wärmeausdehnung usw. zu gestatten. Zur Übertragung des Gewichtes der Verstärkungsmauer auf den alten Mauerteil sind in 1 m Abstand Eiseneinlagen von 2,5 m Länge angeordnet. Später wurde der Zwischenraum mit Zementmörtel unter Druck ausgegossen, um einen einheitlichen Mauerkörper zu schaffen. Dann ist die neue Bekrönung

¹⁾ Nach freundl. Mitteilungen des Regierungsbaumeisters Raddatz.

von 5 m Höhe aufgesetzt. Der Wasserstand reicht gegenwärtig bei vollem Becken bis 1 m unter Kronenhöhe, während früher ein Spielraum von 3 m verblieb. Der Stausee hat gefüllt eine Länge von 295 km. Dabei werden die Tempel der Insel Philae um 7 m mehr unter Wasser gesetzt, als dies bisher geschah und zum Teil ganz überschwemmt, so daß für ihren Bestand ernste Gefahren bestehen und der Gedanke aufgetaucht ist, die Tempel abzubringen und an einer anderen Stelle neu aufzubauen¹.

Zu gleicher Zeit mußte auch die Schleusentreppe (s. S. 420) erhöht werden. Es geschah dies durch Ausbau einer fünften Schleuse. Der Erweiterungsbau wurde nach den Plänen von Baker in den Jahren 1907—12 mit einer Kostenhöhe von etwa 31 Mill. Mk. durchgeführt².

Über die Erhöhung der Sweetwater-Talsperre (s. S. 276) um 4,5 m mittels Eisenbetonbauweise s. Engin. News 30. März 1911 u. Eng. Rec. 21. Sept. 1911, der Halligan-Staumauer, Colo., Amer. Soc. Civ. Engin., Transact. Dez. 1912, S. 112.

§ 76. Nachträgliche Abdichtungsarbeiten an Sammelbecken. Wenn an einer Talsperre, sei es im Mauerkörper selbst oder in den seitlichen Berghängen nach Beginn der Anstauung sich Undichtigkeiten bemerkbar machen, so entsteht daraus für die Betriebsleitung eine unangenehme Lage, denn die Beseitigung derartiger Schäden ist meist nicht leicht. Die Wirkung der Undichtigkeit ist eine doppelte. In wirtschaftlicher Hinsicht entstehen Wasserverluste, die den Ertrag des Unternehmens beeinflussen müssen, wenn die Verluste ein gewisses Maß überschreiten. Die äußerste Grenze hierfür wird sein, daß die Verluste den Zufluß — etwa in Niedrigwasserzeiten — überschreiten. Und tatsächlich liegen solche Fälle vor, da sehr große Verluste beobachtet worden sind. Weiterhin können wirtschaftliche Nachteile entstehen, wenn unterhalb gelegene Ländereien durch das Sickerwasser verwässert und in ihrem landwirtschaftlichen Ertrag vermindert werden. Als ein wirtschaftlicher Schaden und eine Beeinträchtigung der Rentabilität sind auch die meist ansehnlichen Geldaufwendungen zu bezeichnen, die die Abdichtung derartiger Sickerungen erfordert. Im Sicherheitsinteresse des Werkes kann die Undichtigkeit bedenklich werden, wenn der Wasserzug in einer Art Durchwässerung des Untergrundes besteht, so daß sich unter der Mauer der Wasserauftrieb entwickeln kann, auf den die Mauern meist nicht berechnet sind. Aus diesem Anlaß die Notwendigkeit der Berechnung der Talsperren auf inneren Auftrieb herzuleiten, wäre jedoch verfehlt, vielmehr muß ein solcher durchlässiger Fels als nicht geeignete Gründungssohle angesehen werden. Auch wenn die Wasserverluste in wirtschaftlicher Hinsicht von weniger Bedeutung sind — wie z. B. bei Sammelbecken, die lediglich dem Hochwasserschutz dienen — würde ein langsamer Abzug des aufgespeicherten Vorrats durch den Untergrund aus den oben angegebenen Gründen im allgemeinen bedenklich erscheinen, besonders wenn das Gestein des Untergrundes lösliche Stoffe enthalten sollte (s. S. 160). Solche Anlagen können wohl nur unter besonders gearteten Verhältnissen zulässig erscheinen.

Undichtigkeiten im Mauerwerk selbst in solchem Maße, daß daraus wirtschaftliche oder statische Gefahren entstehen könnten, sind im allgemeinen selten und müssen bei sorgfältiger Ausführung als ausgeschlossen bezeichnet werden. Selbst die Gilepeltalsperre (s. S. 103) hat hierzu noch keinen Anlaß gegeben. Bei deutschen Mauern sind starke Wasserverluste bisher nicht zu verzeichnen, wohl aber besteht eine sehr undichte Mauer in Argentinien. Es ist dies die Talsperre von San Roque am Primerofluß. Wie schon an anderer Stelle ausgeführt (s. S. 383), hat das Gewölbe der Entnahmestollen starke Wasseradern. Die Mauer weist außerdem Durchlässigkeit und Risse in der

¹ Deutsche Bauzeitung 1912, 656.

² Österreich. Wochenschr. f. d. öff. Baud. 1907, S. 827 u. 1913, S. 46, Engineer, 24. Febr. 1908 u. 17. Jan. 1913. Zentralbl. d. Bauverw. 1909, S. 408. Engineering 20. 12. 1912.

äußeren Putzschicht auf¹⁾. Mehrfach haben sich Undichtigkeiten der die Sperrmauer begrenzenden Berghänge in erheblichem Maße gezeigt. Geringe Sickerungen dieser Art kommen fast an allen Mauern vor und sollen hier nicht weiter berührt werden (s. S. 104).

Von den Beispielen, die wegen ihrer starken Wasserverluste in den Hängen bekannt geworden sind, sollen nachstehend einige besprochen werden. Ob zu diesen mißglückten Unternehmungen mangelhaft geologische Untersuchungen oder geologische Unkenntnis geführt haben, oder ob unsere geologische Einsicht überhaupt nicht so weit reicht, um derartige Wirkungen des unter hohem Druck aufgespeicherten Wassers mit Sicherheit voraussehen zu können, sei dahingestellt. Die erste Aufgabe bei Auftreten der Undichtigkeit ist naturgemäß, die Ursachen festzustellen. Das ist meist eine heikle Aufgabe. Es ist nicht leicht, die Stellen im Becken aufzufinden, an denen das Wasser in die Hänge eintritt. Am Meschederbecken konnte dies vereinzelt an Wirbelbildungen im Wasser festgestellt werden. Noch schwieriger ist es, den Verlauf der Wasseradern zu verfolgen. Oft stehen auch an dem Hange unterhalb der Mauer auftretende feuchte Stellen in gar keinem Zusammenhange mit dem Becken. Es sind eigene Quellenbildungen. Am einwandfreisten stellt man durch Farbversuche klar, ob die austretenden Sickerwässer aus dem Becken stammen. Wichtig ist es auch — wenn irgend durchführbar — die Größe der Undichtigkeit zu messen.

Als Mittel zur Abdichtung undichter Felshänge kann in Betracht kommen, Klüfte und Risse mit Mörtel zu vergießen oder mit Beton auszustampfen. Sind solche Klüfte, die vermutlich die Einlaufstellen bilden, nicht vorhanden oder nicht aufzufinden, so ist zu erwägen, den ganzen Hang mit einer Lehm- oder Tondecke zu versehen. Eine solche Lehmdecke muß etwa 1—1½ m stark und flach angelegt sein, etwa 1:2. Über die zu wählende Dicke wird im übrigen der Erfolg zu entscheiden haben. Es empfiehlt sich eine Steindecke zum Schutz gegen Wellenschlag.

Zur Erprobung einer neuen Art der Abdichtung sind vom Verfasser in den Jahren 1908/09 Versuche durchgeführt. Der Zweck der Versuche war, festzustellen, ob es möglich ist, eine Kies- bzw. Schotterlage, die auf einer durchlässigen Sandunterlage gleichmäßig ausgebreitet ist, durch aufgelösten Ton oder Lehm nach der Art, wie dies bei dem üblichen Einschlämmen von Kanälen von Schiffsgefäßen aus zu geschehen pflegt, zu einer dicht geschlossenen, wasserundurchlässigen Lehm- oder Tonbetonlage vollzuschlämmen. Der Gedanke zu diesen Versuchen gründet sich auf Beobachtungen des Verfassers beim Bau des Betriebskanals für das Talsperrenwasserkraft- und Elektrizitätswerk der Stadt Solingen²⁾. Aus diesen Versuchen konnte gefolgert werden, daß es durch Einschlämmung möglich ist, eine abdichtende Lehmtonbetonlage zu gewinnen. Es ergab sich: 1. daß sich die Hohlräume des Kieses und Schotters voll zusetzen, 2. daß es einer Strömung im Wasser senkrecht in die undichte Sandunterlage hinein nicht bedarf. Eine künstlich erzeugte sehr langsame Wasserbewegung hörte praktisch ganz auf, als eine Abdichtung bei Einschlämmung von etwa 5 cm Höhe eintrat. Aber auch dann setzte sich die Einschlämmung der Hohlräume fort. Der Niederschlag der Lehmteilchen erfolgte durch ihre Schwere.

Bei sorgfältiger Einschlämmung wird die Abdichtung bei einer Stärke der Lehmtonbetonlage von 5—8 cm erreicht. In Rücksicht auf die Unvollkommenheiten in der Bauausführung und den größeren Druck in den Staubecken wird es sich empfehlen,

1) Zentralblatt d. Bauverwaltung 1907, S. 472.

2) s. Zeitschrift für Bauwesen 1904, S. 536.

diese Lage stärker anzunehmen und auf etwa 12—15 cm und mehr zu bemessen. Eine Schutzschicht von 10 cm Kies oder Schotter dürfte genügen, um Aufwirbelungen der Lehmtonlage zu verhindern. Der Grundgedanke dieser neuen Abdichtungsart ist, die Massen der Abdichtung — Lehm und Kies bzw. Schotter —, die nach dem gewöhnlichen Verfahren übereinander liegen, ineinander zu schachteln. Dadurch wird der Massenaufwand für die neu einzubringenden Massen und die Erdmassenbewegung für die Auskofferung des Bettes verringert. Durch geringere Massen wird dieselbe Wirkung erreicht, wie durch die größeren Massen nach der bisherigen Bauweise.

Das Verfahren dürfte vor allem in Betracht kommen bei nachträglich notwendig werdender Abdichtung von undichtem Gelände und hier größeren Erfolg versprechen, als die gewöhnliche Einschlämmung. Während diese durch die Wirbelungen immer wieder zerstört wird, verspricht dort die Kies- bzw. Schotterbetonlage einen sicheren Bestand. Die Ausführung würde in der Weise zu geschehen haben, daß nach Ausschüttung einer Kies- oder Schotterlage in etwa 25 cm Stärke von Schiffsgefäßen aus die Einschlämmung in 15 cm Stärke erfolgt und der obere Teil etwa in 10 cm Höhe als Schutzlage uneingeschlämmt liegen bleibt. Die Kosten hierfür dürften sich bei den heutigen Preisverhältnissen auf 2,0 Mk. für 1 qm Abdichtung berechnen. Das Verfahren ist in erster Linie für die Abdichtung von Schiffahrts- und sonstigen Kanälen geeignet und bereits mehrfach angewandt (Kanal Rhein-Herne und Berlin-Stettin), kann aber auch sehr wohl für die Deckung von durchlässigen Berghängen an Talsperren zur Verwendung kommen¹⁾. — Einige Mitteilungen über undichte Berghänge an Talsperren und die getroffenen Maßnahmen zur Abdichtung mögen hier folgen.

Mescheder Talsperre. Über die eigenartigen Felsuntergrundverhältnisse dieser Talsperre ist auf S. 168 näheres mitgeteilt worden. Schon bei der Bauausführung wurde der Abdichtung der Klüfte und dem Abschluß der Mauer an die Felswände die größte Aufmerksamkeit zugewendet. Nichtsdestoweniger traten bei den ersten Anstauungen erhebliche Undichtigkeiten auf. An dem unterhalb der Talsperre gelegenen rechtseitigen Hang machten sich Quellungen bemerkbar und diese bedeuteten eine starke Beinträchtigung des Wasserwirtschaftsbetriebes für das Sammelbecken. Die Undichtigkeit am rechten Hange wurde beobachtet im Jahre 1906 zu etwa 30 cbm in der Min., 1907 zu etwa 17 cbm in 1 Min. Das anfänglich gefüllte Becken mußte wieder abgelassen werden. Die Undichtigkeiten treten vornehmlich ein, wenn eine Stauhöhe von etwa 10 m über Talsohle erreicht ist. Die gesamte Stauhöhe ist 30 m. Die Sickerungen nehmen mit steigendem Wasser zu. Als Mittel zur nachträglichen Abdichtung ist folgendes Verfahren angewandt worden.

Kurz oberhalb der Sperrmauer ist auf etwa 100 m Breite der ganze rechte Talhang mit einer 1—2 m starken Lehmschicht bedeckt worden, die gegen Abspülen mit einer Steindecke geschützt ist. Auf eine längere Strecke ist das Bachbett der Henne an den Stellen, wo klüftiger Felsen zutage trat, durch eine Lehmdecke gedichtet. Das hierzu notwendige Lehmmaterial (etwa 30000 cbm) mußte vom Ende des Stausees, etwa 5 km entfernt, aus dem Talgelände genommen werden, wo keine Gefahr mehr bestand, daß Einsickerungen des Wassers in den Gebirgshang schaden könnten.

Das durch den Berghang durchsickernde Wasser tritt an verschiedenen Stellen unterhalb der Sperrmauer zutage. Neben dem Hauptabfluß, kurz unterhalb der Sperrmauer, an den Stellen, wo die verschiedenen wasserführenden Schichten durch die Arbeiten zur Herstellung der Baugrube angeschnitten sind, zeigten sich noch einige Ausflüsse in dem unteren Talgelände und verursachten eine teilweise Versumpfung der Wiesen und infolgedessen Schadenersatzansprüche der Grundbesitzer. Diesen Schädigungen ist man mit Erfolg dadurch entgegengetreten, daß man kurz unterhalb der Sperrmauer, etwa in der Höhe der Bachsohle, an jedem Hang je einen Stollen von etwa 70 m Länge parallel zur Sperrmauerachse in den Berg getrieben hat, um so das sich im Hang befindliche Wasser abzufangen und unschädlich abzuführen.

Durch tägliche genaue Beobachtung und Messung der Wassermengen an allen Ausflußstellen ist Fürsorgé getroffen worden, daß jede auch nur geringste Veränderung in den Zuständen sofort

¹⁾ Vergl. auch »Die Talsperre« 1914, Nr. 7.

bemerkt werden kann. Wenn auch ein Anlaß zu weiteren Dichtungsarbeiten nicht mehr besteht, so hofft man doch, durch kleinere Nacharbeiten allmählich den Abfluß auf ein geringes Maß herabzudrücken¹⁾.

Die Sickerungen an den Hängen unterhalb der Gothaer Talsperre haben zu einer genauen Untersuchung Anlaß gegeben, über die das Folgende berichtet wird: Die Menge des aus der östlichen (Kirchberg) Talseite austretenden Wassers ist geringfügig und wohl zum wesentlichen Teile den dort von jeher beobachteten Quellen zuzuschreiben. Für einen Wasseraustritt in der Talsohle unter der Mauer hindurch war kein Anhalt zu gewinnen. Das Wasser entquillt im ganzen der westlichen (Fuchsberg) Talseite, aber bei gefülltem Weiher hier in einer beträchtlichen, bis auf 180 l/sek. zu schätzenden Menge. Diese ist so groß, daß der Betrieb des Stauweihers wesentlich leiden muß, sie wäre auf ein erträgliches Maß zu vermindern. Die Wasseraustrittsstellen verteilen sich zwar auf den ganzen Hang von der Mauer bis zu den ersten Häusern von Tambach in der Nähe der Filteranlagen, vereinigen sich aber doch in der Hauptsache auf die ersten hundert Meter von der Mauer abwärts. Daß die beträchtlichen Wassermengen, die am Hang austreten, nicht in den normalen, in Gesteinen stets vorhandenen Poren und Haarspalten sich bewegen und nicht von solchen durchgelassen werden können, sondern von offenen, vielleicht 1—2 cm weiten Spalten, die als zusammenhängendes System von der Weiherwand um die Mauer seitlich herum durch den Fuchsberg bis in die Umgebung des Stollens reichen, erscheint zweifellos. Es ist zu schließen, daß die Eintrittsstellen in der westlichen Wand des Staubeckens über 4 m Stauhöhe liegen, daß sie innerhalb der ferneren 5—6 m Stau, während deren der Wasseraustritt immer wächst, sich häufen, dann aber nicht weiter zunehmen.

Zur Abhilfe wurde zunächst in Vorschlag gebracht:

Die Spalten und Klüfte sollten oberhalb der Mauer abgesperrt werden. Zu diesem Zwecke könnte 10 m oberhalb der Mauer und gleichlaufend mit dieser ein Schlitz in den Berg getrieben werden, dessen Sohle etwa ein Meter tiefer läge, als der tiefste Punkt der wasserführenden Schicht an der betreffenden Stelle und dessen Höhe bis zur Geländeoberfläche reichte. Dieser Schlitz, mit Letten aus dem Keupermergel ausgestampft, durch einen in gleicher Weise hergestellten Querschlitz mit der Dichtungsschicht an der Mauer verbunden, würde, wenn das zwischen ihm und der Mauer liegende Gelände noch mit einer Letteschicht überdeckt würde, voraussichtlich einen vollkommenen Abschluß der wasserführenden Schicht und des ganzen über derselben lagernden Gesteins gegen den See zur Folge haben. Die tatsächlich zur Ausführung gelangten Abdichtungsarbeiten erstrecken sich auf die Herstellung zahlreicher Bohrlöcher, in die Zement unter Druck eingetrieben wurde²⁾.

An der Lingese Talsperre (s. S. 26) hat Unvorsichtigkeit bei Anlage der Steinbrüche zu Undichtigkeiten Anlaß gegeben. Es waren hier am rechten Hange zwei Steinbrüche vorhanden. Der unterhalb der Sperrmauer belegene Bruch war von alters her angelegt und hatte 30 m Abstand vom Flügel der Mauer. Für die Gewinnung der Bausteine eröffnete man einen zweiten Bruch oberhalb und gestattete diesen Steinbruch ebenfalls bis auf 30 m an die Sperrmauer heran vorzutreiben. Der Fels ist Grauwacke und Schiefer, geschichtet, und der Schichtenverlauf liegt in der Talachse. In den Lehmlagen, die zwischen den Gesteinsbänken vielfach vorhanden sind, sucht sich das Wasser seinen Weg um die Flanke der Sperrmauer herum. Den Lauf der Sickerungen hat man durch Versuche mit gefärbtem Wasser verfolgen können. Das Wasser quillt an mehreren Stellen des unteren Steinbruchs lebhaft hervor. Die Undichtigkeit beginnt, wenn die Sperre etwa $\frac{3}{4}$ gefüllt ist. Man hat die Verluste auf etwa 8000 cbm in 24 Stunden festgestellt an einem Überlauf mit selbsttätiger Aufzeichnung. Zur Behebung der Undichtigkeit wurde der obere Steinbruch mit Lehm und Geröll zugeschüttet und außerdem Lehm eingeschlämmt. Der Erfolg war nur ein teilweiser. Bei einer späteren Besichtigung fand der Verfasser den Steinbruch noch undicht.

§ 77. Zerstörung von Talsperren. Die Zerstörung einer Sperrmauer oder eines Dammes ist ein so außergewöhnlicher und gegen jede Regel eintretender Fall, daß seine Behandlung in einer Schrift über den Talsperrenbau kaum eine Stätte finden sollte. Der Konstrukteur muß unter allen Umständen mit der vollen Sicherheit seines Bauwerks rechnen und darf die Möglichkeit eines Unfalls gar nicht zu Worte kommen

¹⁾ Zentralbl. d. Bauverw. 1907, S. 160 und Zeitschrift für die gesamte Wasserwirtschaft 1908, S. 314.

²⁾ Zeitschrift f. d. gesamte Wasserwirtschaft 1906, S. 167. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1912, S. 561.

lassen. Die Sperrmauer muß den anerkannten und bewährten statischen Bedingungen genügen, und sicherlich bedeuten die geringen, heute als zulässig erachteten Materialbeanspruchungen nur einen verschwindenden Bruchteil jener Belastung, die bei der Vernichtung des Stoffes eintritt. Sache des ausführenden Ingenieurs ist es, bei der Umsetzung der Pläne in die Wirklichkeit darüber zu wachen, daß die Voraussetzungen über die Festigkeit der Baustoffe im Bau erfüllt werden. Wenn hier die Untergrundverhältnisse genügend geprüft und die Sorgfalt der Mauerwerksausführung gewährleistet ist, so kann der bauleitende Ingenieur für die nach menschlichen Ermessen unmögliche Zerstörung mit Leib und Leben getrost eintreten. Die Erfahrung erweist das.

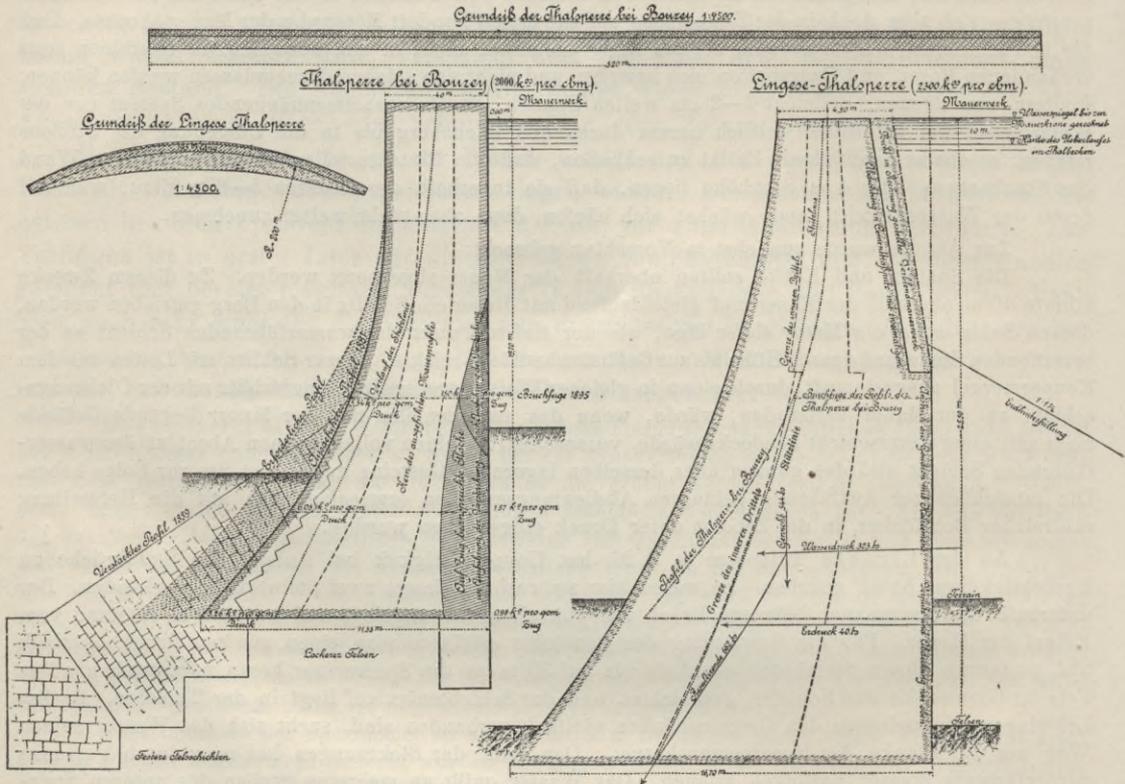


Abb. 338. Vergleich der Standsicherheit der Querschnitte der Talsperren bei Bouzey und an der Lingese (Wuppergebiet).

Und doch ist der Umsturz von Talsperren zu verzeichnen und hat unsägliches Elend über unterhalb gelegene Täler gebracht und Menschen in oft sehr großer Zahl vernichtet.

Ein Beispiel für den Untergang einer Sperrmauer infolge schlechter Gründungsverhältnisse ist aus älterer Zeit die Puentestalsperre. Diese Mauer wurde im Jahre 1790 erbaut und zwar 50 m hoch. Der Bruch erfolgte 11 Jahre nach Fertigstellung. Der mittlere Teil der Mauer war auf Pfählen gegründet, die durch ein Kiesbett getrieben waren. Das Wasser fand seinen Weg durch den Kies und untergrub die Mauer¹⁾.

Ein bemerkenswertes Beispiel für eine zerstörte Mauer ist die Talsperre von Bouzey in Frankreich. Die Mauer war etwa 520 m lang und geradlinig gebaut, bot also nicht die Reserve, die in den im Grundriß gekrümmten Mauern liegt. Ihr Fall (1895) ist aus zwei Gründen zu erklären:

1) Proceedings of the Institution of Civil Engineers Vol. CLXXII Sess. 1907/08.

Die Mauer ist ungewöhnlich schwach im Querschnitt. Die Schwäche des Querschnitts gegenüber z. B. der Lingesetsperre (Rheinland) läßt Abb. 338 erkennen. In tze weist darauf hin, daß bei der Bouzey Talsperre $2\frac{1}{2}$ m Mauerstärke fehlen¹⁾. Die Rechnung zeigt, daß die Anlage von Bouzey nicht halten konnte. Die Mauer war zu schwach nicht nur in der Bemessung des Querschnitts, sondern auch weil zu leichtes Mauerwerk angewandt war. Das Gewicht des Mauerwerks betrug nur 2000 kg für 1 cbm, während das Bruchsteinmauerwerk aus Lenneschiefer oder aus Granit etwa 2350–2400 kg wiegt. Zudem war das Bauwerk auf Gerölle gesetzt. Die Gründung hatte somit keinen rechten Halt. Die Mauer war bei der ersten Füllung zu Anfang der achtziger Jahre, während man das Wasser staute, im mittleren Teile, der von den Hängen abriß, um etwa 30 cm wagerecht gerutscht. Sie riß mehrfach auseinander und man flickte die Risse wieder zu. Man stützte die Mauer durch Strebepfeiler ab (1889), und setzte den gemauerten neuen Fuß auf festen Fels. Nun konnte sie sich nicht mehr wagerecht verschieben, aber es gab der zweite Fehler (schwacher Querschnitt) Anlaß zum Umsturz. Man erklärt sich den Vorgang in folgender Weise: Der Querschnitt entspricht nicht den Bedingungen der Stützmauertheorie, die Drucklinie fiel erheblich außerhalb des mittleren Drittels. Infolgedessen entstanden an der Wasserseite starke Zugspannungen. Die Mauer stürzte um, etwa nach der in Abb. 338 angegebenen Linie. Die ersten Risse waren Zugrisse, die wagerechte Fugenöffnungen herbeiführten, die dort entstanden, wo nach der Navier'schen Theorie die größten Spannungen eintraten. Dadurch wurden die Standsicherheitsverhältnisse wesentlich geändert. Außerdem trat Wasser in die offenen Lagerfugen, und es entwickelte sich Wasserunterdruck. Die Mauer wurde angehoben und kippte über. Der letzte Teil der Fuge mag abgesichert worden sein; aber den ersten Anlaß zur Katastrophe gaben die Zugspannungen.

Die Zerstörung der Habratalsperre in Algerien. Die Habratalsperre ist um 1860 von der Société franco-algérienne mit einem Aufwande von 3,2 Mill. Mark angelegt worden, um die in dem Oued (Flußrinne) Fergoug bei den zwar selten, aber sehr heftig eintretenden Regenfällen sich sammelnden Wassermassen für die Bewässerung der im unteren Habratale gelegenen Ländereien und Gemüseärten aufzuspeichern. Das Niederschlagsgebiet jenes Oued ist etwa 800 qkm groß. Das Fassungsvermögen des durch die Talsperre abgesperrten Sammelbeckens beträgt 30 Mill. cbm. Die Länge der Talsperre, in der Krone gemessen, wird einschließlich des Entlastungsüberfalls auf 450 m angegeben, die größte Höhe auf 35 m. Der in nebenstehender Skizze dargestellte Querschnitt (Abb. 339) zeigt nach innen eine geschwungene Linie; nach außen ist es gradlinig begrenzt. Die Talsperre ist in Zyklopenmauerwerk erbaut.

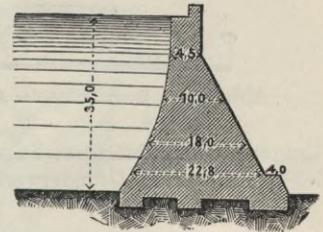


Abb. 339.

Querschnitt der Habra-Talsperre.

Die unmittelbare Ursache der Zerstörung des bei Perrégaux angelegten Stauwerks ist jedenfalls ein mit einem schweren Wolkenbruch verbundenes Gewitter, welches über dem ganzen in Betracht kommenden Teil der Provinz Oran fast gleichzeitig sich entlud und in kürzester Zeit außerordentliche Wassermassen auf diese sonst durch ihre Trockenheit sprichwörtliche Gegend niedersandte. Die während jenes Gewitters und zwar gleichzeitig in der ganzen Landschaft niedergestürzte Regenmenge hatte eine Höhe von 161 mm.

Die größten Kantenpressungen in den einzelnen Schichten, welche von der ruhenden Wassermasse bei voller Anfüllung des Sammelbeckens hervorgerufen werden, betragen etwa 8 kg/qcm. Französische Ingenieure führen übrigens auch den Bruch der Habrasperre in Algier zurück auf das Entstehen von Zugspannungen an der Wasserseite infolge Ansteigens des Wasserspiegels bei ungenügender Breite des Überlaufs, wobei die Drucklinie aus dem mittleren Drittel herausfiel²⁾. Der obere Teil der Talsperre ist auf eine Länge von 110 m bis zu einer Tiefe von 10 m abgerissen worden, und die Vermutung liegt daher nahe, daß der Zustand des Mauerwerks mangelhaft gewesen sei. Es kann nach den Ergebnissen der Untersuchung von einer Unterwaschung des aus hartem Fels bestehenden Baugrundes nicht die Rede sein. Dagegen wird ausdrücklich hervorgehoben, »daß schon seit langer Zeit das Mauerwerk der Talsperre Besorgnisse erregte und sichtlich in Bewegung war. Die Sperre ist durch eine Aktiengesellschaft erbaut. Die ungünstigen Temperaturverhältnisse, außergewöhnlich starke Kälte im letzten Winter vor Umsturz und glühende Hitze im Sommer haben die

¹⁾ Über den Bau der wirtschaftlichen Bedeutung und der Talsperren. Vortrag im Hause der Abgeordneten am 2. 5. 1900. Vergl. auch die unten angegebene Quelle, sowie Bellet, Barrages en Maçonnerie, S. 561.

²⁾ Proceedings of the Institution of Civil Engineers Vol. CLXXII. Session 1907/08 Teil IV.

Zersetzung des Mörtels wahrscheinlich noch beschleunigt. Wenn dies aber der Fall ist, so würde eine größere Profilstärke den Unglücksfall schwerlich verhütet haben ¹⁾.

Aus neuester Zeit ist zu erwähnen:

Die Zerstörung der Austin Talsperre in Pennsylvania (Nordamerika). Am 30. September 1911 ist die Austin Talsperre in Pennsylvania zerstört worden. Die Wirkung dieses Durchbruches war eine furchtbare. Austin ist ein Platz von etwa 2300 Einwohnern und der größte Teil des Ortes liegt in dem Tale etwa 2 1/2 km unterhalb des Staubeckens. Nach dem Durchbruch der Sperrmauer legte die Wasserwelle diesen Weg nach Angabe von Augenzeugen in etwa 11 Min. zurück. Die Flut riß alles nieder mit Ausnahme einiger weniger höher gelegener Gebäude. Außer der Zerstörung an Gütern ist leider auch der Verlust von weit über 100 Menschenleben zu beklagen.

Die Talsperre war in Beton hergestellt, in den zum Teil größere Steine bis 1 m Seitenlänge eingebettet sind. Die Mischung war ein 1 Teil Portlandzement, 3 Teile Sand und 6 Teile Stein-schotter. Die Mauer hatte eine Länge von 166 m und eine größte Stautiefe von 14,1 m. Zur Entlastung des gefüllten Beckens war ein Überlauf auf der Mauer von 15 m Länge und 0,75 m Tiefe vorhanden. Der Stauinhalt betrug etwa 760 000 cbm und diente für den Betrieb einer Papiermühle. Es scheint, daß die Mauer weniger zum Zwecke der Wasseraufspeicherung und des Ausgleichs errichtet war, als um Gefälle zu erschließen durch Hebung des Wasserspiegels für den Kraftbetrieb. Das Bauwerk wurde im Dezember 1909 nach etwa halb-

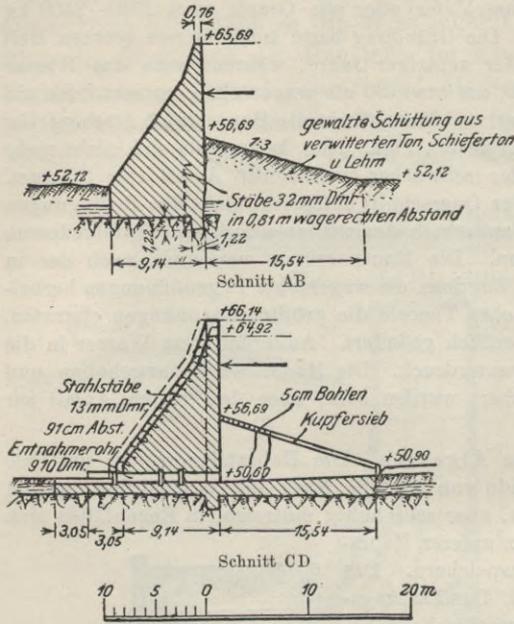
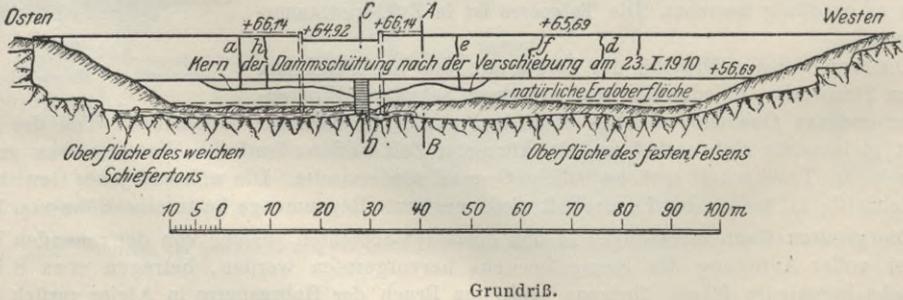


Abb. 340. Querschnitte der Austin-Talsperre.

jähriger Bauzeit fertiggestellt, wobei rund 12000 cbm Beton verbraucht wurden. Die Kosten stellten sich, einschließlich Grunderwerb, auf rund 300000 Mk. Abb. 340 zeigt Querschnitte der Mauer.



Grundriß.

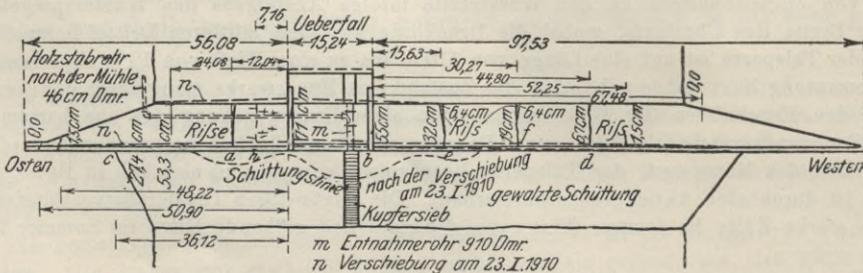


Abb. 341. Verschiebung der Austin-Talsperre am 23. Januar 1910.

¹⁾ Zentrabl. d. Bauverw. 1882, S. 110; Deutsche Bauzeit. 1882, S. 113; ferner Bellet, a. a. O., S. 55.

Der Unfall hat eine Vorgeschichte, die kennzeichnend ist. Schon in der ersten Zeit der Füllung des Staubeckens zeigten sich Sickerungen unter der Mauer und am 23. Januar 1910 wurde ein Teil abwärts geschoben (Abb. 341). Die größte Verschiebung betrug am Mauerfuß 45 cm, in der Krone 85 cm, so daß auch eine kleine Überneigung stattfand. Es entstanden mehrere senkrechte Risse, die eine beträchtliche Wassermenge hindurchließen. Um eine weitere Bewegung zu verhindern, wurde der Beckenvorrat abgelassen, dadurch, daß in Kronenhöhe Teile der Mauer mit Dynamit ausgesprengt und das durch Ablagerung verdeckte Entleerungsrohr im Grunde des Beckens ebenfalls mittels Sprengung gewaltsam geöffnet wurde, um den Druck zu vermindern. Nach Feststellung der Sachlage wurden Vorschläge für die Verstärkung der Mauer gemacht. Die Untersuchungen von Edward Wegmann ergaben, daß der Querschnitt ausreichend stark bemessen ist, falls die Mauer auf dichtem Fels gegründet wäre. Dies war jedoch nicht der Fall, wie weiter unten dargelegt ist. Bei Berücksichtigung des Unterdrucks war ein bedenklicher Zustand vorhanden. Wegmann empfahl den folgenden Ausbau: Verstärkung des Mauerwerks an der Luftseite oder Vorlagerung einer Felsgeröllschüttung. An der Wasserseite sollte in einiger Entfernung von der Mauer eine Herdmauer bis auf den festen Fels heruntergetrieben und der Zwischenraum bis zum Mauerfuß durch eine dichte Lage abgedeckt werden. Diese Ergänzungsarbeiten wurden jedoch nicht ausgeführt.

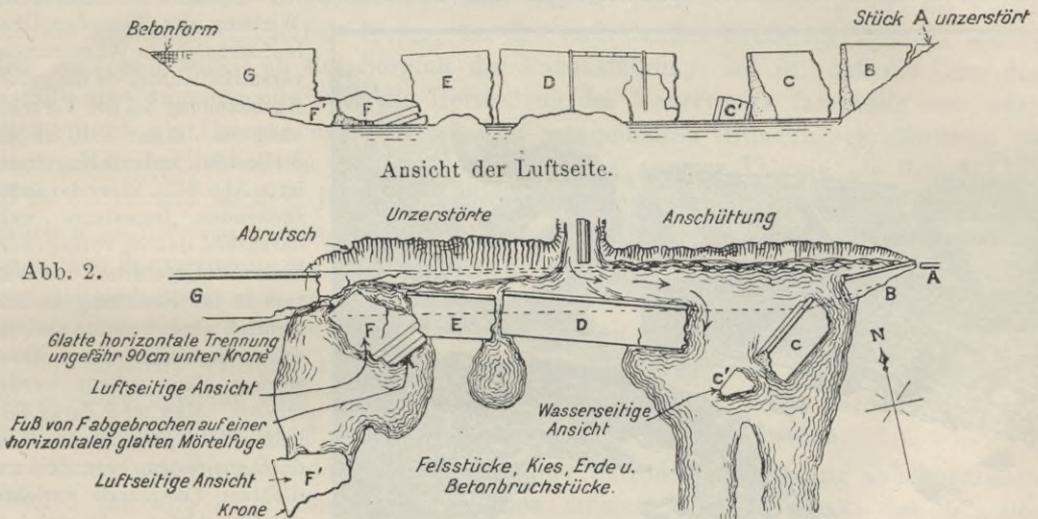


Abb. 342. Die Austin-Talsperre nach dem Bruche.

Ohne jede Verstärkung und ungeachtet der warnenden Hinweise auf die Schwäche des Sperrwerks, ungeachtet der beunruhigenden Vorgänge vom Januar 1910 wurden die ausgesprengten Öffnungen teilweise wieder geschlossen und die Vollfüllung des Beckens wurde gestattet. Sobald als das Becken wieder gefüllt war, trat dann der Durchbruch ein.

Die Abb. 342 u. 343 lassen den Zustand nach dem Bruche und nachdem die Wassermassen abgeströmt waren, erkennen. Die Mauer ist durch annähernd senkrechte Risse im wesentlichen in fünf Stücke getrennt, die alle aufrecht stehen. Die Stücke sind zum Teil eine ansehnliche Strecke wagerecht stromab und fast parallel zu ihrer ursprünglichen Lage verschoben, andere um einen Winkel gedreht. Ein Stück am westlichen Ende liegt mit der Oberwasserseite am Boden, die Mauerkrone stromauf gerichtet, ist also gegen den Strom gefallen. Zahlreiche Bruchstücke bis 3 m Seitengröße sind 100 m und mehr stromab getrieben. Nach dem Durchbruch sind genaue Feststellungen über die Sachlage und die Ursachen des Einsturzes vorgenommen worden. Aus den Berichten im »Engineering-Record« vom 7. und 14. Oktober 1911 ist im wesentlichen folgendes zu entnehmen: Das ganze Tal, in dem die Sperrmauer errichtet war, ist unterlagert von fast wagerecht geschichteten Sandsteinfelsen. Die Bänke haben eine Stärke von 20–90 cm, dazwischen befinden sich Verwitterungslagen. Der Fels ist sehr durchlässig und mehr oder minder geklüftet. Die Gründung ist zum Teil auf glatten verworfenen Felsflächen erfolgt. Die Bauausführung scheint nicht einwandfrei gewesen zu sein. Die in einem Steinbruch an Ort und Stelle gewonnenen Bruchsteine waren glatt und schiefrig, so daß

der Mörtel daran mangelhaft haftete. Eine auffallende Erscheinung ist das Vorhandensein von großen wagerechten Fugen im Mauerkörper nahe dem Westende. Es wurden hier Stellen ohne Zusammenhang in den Lagerfugen von 40—50 qm Größe gefunden. Es ist bemerkenswert, daß in den Bruchstellen Eisenverstärkungen, wagerechte und senkrechte Verankerungen nur in ganz geringem Umfange festgestellt sind, obwohl solche entwurfsmäßig reichlich geplant waren und ferner, daß in wenigstens drei der Hauptbruchflächen, wie die Oberfläche erweist, der Bruch entlang alten Rissen erfolgte.

Alle untersuchenden Ingenieure stimmen darin überein, daß die Talsperre zum Bruch kam infolge Gleiten auf ihrer Gründungssohle, wobei die Bewegung vermutlich durch Nachgeben der Felsbänke unter der Mauer begünstigt wurde. Der Untergrund und die Berghänge waren stark mit Wasseradern durchzogen. Der infolge dieser Durchlässigkeit des Felsens, der wagerechten Fugen und der senkrechten Risse im Mauerwerk sich entwickelnde Innendruck, sowie schlechte Beschaffenheit des Betons, scheint ein übriges getan zu haben. Der Beton war an einzelnen Stellen so mürbe, daß er in der Hand zerrieben werden konnte. Der Sand war beim Bau durch Zermahlen der Felsstücke gewonnen und mehr Staub als Sand. Wie Nachrechnungen ergaben, war die Tangente des Winkels zwischen der senkrechten und der Drucklinie etwa 0,7, genügte also nur für besten festen Untergrund und eine gute Bauausführung. Auf den dünnen Lagen des geschichteten Felsens mußte dieses zum Verschieben führen. Es scheint nicht ausgeschlossen, daß dieses Bestreben durch die ausspülende



Abb. 343.

Ansicht der Austin-Talsperre nach der Zerstörung (von unterhalb gesehen).

Wirkung der über den Überlauf strömenden Wassermassen verstärkt wurde, da die größte Ausbauchung bei der Verschiebung im Januar 1910 an der Stelle des Überlaufs eingetreten ist (s. Abb. 341). Einer der untersuchenden Ingenieure weist daraufhin, daß im vorliegenden Falle der Unterdruck des Wassers in der Rechnung berücksichtigt werden mußte und daß daher die Mauer entsprechend stärker hätte gebaut werden müssen. Man muß daran festhalten, daß Sperrmauern nur auf durchaus festem, gesundem und dichtem Felsgrunde errichtet werden dürfen. In solchem Falle ist die Berücksichtigung des Unterdrucks nicht oder nur in geringem Maße nötig. Es ist zu bezweifeln, daß der morsche Felsgrund der Austin-Sperre Widerstand geleistet hätte, auch wenn die Mauerbreite an der Sohle entsprechend größer gemacht wäre. Die Stelle war für den Bau einer Sperrmauer überhaupt nicht geeignet. Der bedauerliche Vorfall mahnt, der Sicherheit gegen Gleiten der Talsperren mehr Augenmerk zuzuwenden, als dies gewöhnlich zu geschehen pflegt. Als ein Fehler des Querschnitts fällt allerdings auf, daß der Mauerfuß an der Wasserseite nicht bis zum Grunde durchgeführt, sondern hier abgestumpft ist (Abb. 340). Die Bogenform hätte ungeachtet der sonstigen Schwächen dieser Talsperre immerhin eine gute Sicherheit gebracht und vielleicht den Umsturz verhindert. Da in der schlechten Gründungssohle sich keine ausreichende Stütze bot, wurde die im Grundriß gerade errichtete Mauer durch den Wasserdruck gleichsam als Balken beansprucht und dies erklärt die Risse und die Ausbauchung, die im Januar 1910 entstanden, ebenso wie z. B. bei der Bouzey-Talsperre in Frankreich im Jahre 1895¹⁾.

Über den Durchbruch der eisernen Talsperre von Hauser Lake in Nordamerika, der infolge Versagens der Gründung erfolgte, s. S. 341, ferner Engin. Rec. Suppl. 2. 5. 1908 u. Le Génie Civil 30. 5. 1908.

¹⁾ s. auch Zentralblatt der Bauverwaltung 1912, S. 25 u. 36, ferner Eng. Rec. v. 7., 14. Okt. u. 15. Nov. 1911, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1911, S. 2154.

Eine Reihe von Dämmen aus Erde geschüttet, sind in Amerika und England zerstört worden. Es sei unter anderen erinnert an den Erddamm von Sheffield in England, der bei 25 m eine untere Breite von 150 m hatte. Er wurde aufgeweicht und durchbrochen. Es geschah dies Ende der sechsziger Jahre des vorigen Jahrhunderts.

Vergl. auch den Literaturnachweis am Ende dieses Abschnittes.

Erfreulicherweise hat bisher der deutsche Talsperrenbau unter solchen Mißgeschicken nicht zu leiden gehabt und man muß die Hoffnung haben, daß die peinliche Beobachtung fester anerkannter Regeln verbunden mit verlässlicher Bauausführung auch fernerhin vor solchem Schicksal bewahrt. Man hat in Deutschland nur bei zwei kleinen Anlagen Unfälle zu verzeichnen. Es waren dies kleine Dämme, die einen vorübergehenden Charakter für Bauzwecke hatten, um den Fluß oberhalb der Baugrube der Hauptspermauer aufstauen und seitlich durch Stollen in den Hängen abzuleiten. (Urfttalsperre und Hochwasserschutzbecken von Mauer in Schlesien s. S. 448.)

Wenn man nach den Gründen forscht, die zur Zerstörung von Talsperren geführt haben, so sind mehrere Möglichkeiten offen. Einmal kann die Konstruktion als solche nicht die genügende Sicherheit bieten, um den auftretenden Kraftwirkungen zu widerstehen oder es mangelt an der Sorgfalt der Bauausführung, sei es, daß die Güte der Baustoffe eine ungenügende oder die Herstellung des Mauerwerks fahrlässig war, oder schließlich ist die Ursache des Umsturzes in mangelhaften Gründungsverhältnissen zu suchen. Man hat bisweilen versucht, die Schwäche unserer Theorie als Ursache ins Feld zu führen und noch in jüngster Zeit haben zwei englische Forscher auf Grund von Versuchen nachweisen wollen, daß die Stützmauertheorie nicht zutrifft und außerordentliche innere Spannungen, die vorhanden sind, nicht erkennen läßt (s. S. 283 u. f.). Aber diese Behauptungen sind durch Gegenbeweise abgetan worden. Erwies doch auch schon der Umstand, daß von mehreren nach gleichen Grundsätzen erbauten Talsperren die einen hielten, während an einer anderen die Zerstörung eintrat, daß die Ursache nicht in ungenügender oder falscher Theorie zu suchen sei. Wohl aber ist bisweilen ihre ungenügende Beachtung oder falsche Anwendung Schuld gewesen.

Eine Talsperre, die dem Verhängnis einer teilweisen Zerstörung anheimgefallen ist, wird für alle Zeiten aufgegeben werden müssen. Ein Bauwerk, das den Beanspruchungen wegen mangelnder Güte des Mauerwerks nachgegeben hat, wird kein Vertrauen mehr beanspruchen können. An der Bouzeystaumauer versuchte man es nach dem ersten Zusammenfall mit einer Verstärkung durch Strebepfeiler, wie man weiß, ohne Erfolg. Enttäuschte Hoffnungen führten zu einem noch größeren Unheil. Das gleiche war der Fall bei der oben erwähnten Austin-Talsperre. Innere Risse und Unübersichtlichkeit der noch vorhandenen Widerstandsfähigkeit werden den erfahrenen Ingenieur von Schritten zur Wiederherstellung meist abhalten. Wo aber kleine Schäden einen solchen Versuch dennoch angemessen erscheinen lassen, wird man nach dem Einzelfalle angepaßten konstruktiven Mitteln suchen müssen. Es würde hier zu weit führen, auf solche, durch die örtlichen Verhältnisse gegebenen Anordnungen und Maßnahmen einzugehen. Vornehmlich kommen in Betracht: Verstärkungen des Grundmauerwerks und der Strebepfeiler zur Abstützung der oberen Mauerteile in Verbindung mit Eiseneinlagen, Erdanschüttungen und Abdichtungsarbeiten an der Mauer, im Untergrunde und an den Berghängen oberhalb der Spermauer.

Literatur zu Abschnitt VIII.

1. Betrieb der Talsperren.

- Borchardt, Die Remscheider Stauweiheranlage 1897.
- Schmidt, Die Wupper 1902.
- Mattern, Der Talsperrenbau und die deutsche Wasserwirtschaft 1902.
- Intze, Entwicklung des Talsperrenbaues in Rheinland und Westfalen 1903. (Ergebnisse aus dem Trinkwasserversorgungsbetriebe.)
- , Die geschichtliche Entwicklung, die Zwecke und der Bau der Talsperren. 1906 (Sonderabdruck aus der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.)
- Mattern, Das Wasser- und Elektrizitätswerk der Stadt Solingen (Eine Talsperren- und Wasserkraftanlage). Zeitschr. f. Bauwesen 1904, S. 295.
- Die Regulierung des Wupperabflusses durch Anlage von Talsperren (weitere Maßnahmen). Wasserwirtschaft und Wasserrecht 1905, S. 241 usw.
- Die Wuppertalsperren (Betriebsergebnisse) a. a. O. 1906, S. 43.
- Vorschriften über die Beaufsichtigung der Ennepetalsperre a. a. O. 1905, S. 203.
- Die Jahresberichte über den Betrieb der Wuppertalsperren finden sich in jedem Jahrgang der Zeitschrift Wasserwirtschaft und Wasserrecht.
- Über die erste Anstauung der Croton-Sperre s. Scientific American 15. 4. 1905, S. 298.
- Bericht über das erste Betriebsjahr der Friedrichswalder Talsperre. Zeitschr. d. österr. Ing. u. Archit. Ver. 1907, S. 853 u. f. (Kosten u. Schaulinien).
- Mattern, Die Ausnutzung der Wasserkräfte 2. Aufl. 1908.
- Köhn, Ausbau von Wasserkraften 1908.
- Die fischereiliche Benützung der Talsperren. Die Talsperre 1908, S. 16.
- Die schlesischen Talsperren und Stauweiher und ihre fischereiliche Nutzung. Die Talsperre 1908, S. 177.
- C. Wulff, Die Talsperrenengenossenschaften im Ruhr- und Wuppergebiet 1908.
- Leistungen des öffentlichen Wetterdienstes für die Kenntnis der Wasserstandsverhältnisse. Zentralbl. d. Bauverw. 1910 S. 78.
- Der Woltmann-Wassermesser Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1910, S. 2210 (mit Literaturangabe über diesen Wassermesser).
- Über die Betriebsgestaltung der Staubecken zur Speisung des Eriekanals. Engin. News, Febr. 1912, S. 281.
- Über den Betrieb der Staubecken für die Wasserversorgung von Newyork (Ausgleichbecken in der Zuführungsleitung zur Erhöhung der Betriebssicherheit) und Einrichtung der Venturimesser in der Zuführungsleitung s. Deutsche Bauzeitung 1912, S. 795.
- Beobachtungen über die Einwirkung der Temperatur auf Mauerwerk. Giorn. genio civile 1906, S. 166; 1907, S. 570.
- Risse in Staumauern. Engin. Record, März 1907, S. 371.
- Einfluß der Wärmeschwankungen auf die Boonton-Talsperre in Jersey-Stadt (Beschreibung der Wärmemeßeinrichtungen, Ergebnisse). Engin. Record Sept. 1908, S. 267.
- Über Ausdehnungsfugen, Messungen der Bewegung der Bogentalsperren in Australien, aufgelöste Bauweise für die Ermöglichung der Bewegungen usw. s. Minutes of Proceedings of The Institution of Civil Engineers London Band 178 Sess. 1908/09 Teil IV, Zentralbl. d. Bauverwaltung 1911, S. 282 u. 362.
- Versickerungen am Cold-Springs-Damm. Amer. Soc. Civ. Engin. Transactions Dezember 1911, S. 38 u. f.
- Die Ausdehnungsfugen der Kensico-Staumauer. Engin. News April 1912, S. 772, Deutsche Bauzeitung 1912, S. 762, u. f.
- Über Untergrundsperrn zur Aufspeicherung des Grundwassers s. S. 430, ferner Journ. f. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1912, S. 543.
- Betriebsanlagen der Wasserversorgung von Chemnitz (Talsperren). Deutsche Bauzeitg. 1913, S. 185.

2. Nachträgliche Aufhöhung und Vergrößerung der Talsperren.

- Aufhöhung des Walden-Weiherdammes. Engin. Rec. Dez. 1903, S. 760.
- Die Möglichkeit der Vergrößerung der Talsperren mit besonderer Berücksichtigung der Veesesperre. Wasserwirtschaft und Wasserrecht 1907, S. 173.
- Erhöhung der Assuan-Sperre am Nil. Engin. News Suppl., Mai 1904, S. 47. The Engineer 1905, I. S. 360 u. 570. Engin. Rec. Juni 1905, S. 456. Österreich. Wochenschr. f. d. öffentl. Baud. 1907, S. 827. Engineer 1908, S. 184. Deutsche Bauzeitung 1907, S. 301. Engin. News Sept. 1909, S. 338.
- Strebepfeiler aus Eisenbeton zur Erhöhung von Staumauern. Annal. Trav. Belgique 1906, S. 1198.
- Erhöhung einer Staumauer zur Wasserversorgung von Neu-York (um 3 m mit Hilfe von Strebepfeilern). Zement und Beton 1907, S. 404.
- Erhöhung und Verstärkung der Staumauer bei Matteawan, N. Y. Engin. Record Aug. 1907, S. 214.
- Aufhöhung der Dhukwa-Sperre mittels Klappwehr. The Engineer 17. 5. 1907.

Zweite Erhöhung der Marshall-Lake-Sperre. Engin. Rec. Dezember 1910, S. 745.

Erhöhung der Goat-Rock-Sperre, Ga. (Betonmauer, vorbereitende Maßnahmen zur Aufhöhung durch Verstärkung der Grundbreite). Engin. Record. April 1911, S. 395.

Erhöhung des Tansa-Staudammes (Indien) Engineer 26. 7. 1912.

3. Zerstörung von Talsperren.

Bruch des Staudammes bei Bradfield für die Wasserversorgung von Sheffield. Zeitschr. f. Arch. u. Ing. zu Hannover 1864, S. 402.

Der Bruch der Johnstown-Sperre. Zentralbl. d. Bauverwalt. 1889, S. 250 u. f., Bellet a. a. O. S. 26.

Über Dammbüche an Wasserbehältern. Eng. Rec. Sept. 1902, S. 290.

Bruch des Staudammes zu Utica N. Y. Eng. News Okt. 1902, S. 290.

Der Dambruch zu Shelton, Conn. (Erddamm). Engin. Rec. Febr. 1903, S. 224.

Bruch des Oakford-Park und Fort-Pitt-Dammes (Erddämme, Zerstörung infolge Überströmung) Eng. News Juli 1903, S. 76.

Über 3 Dammbüche im Westen von Nordamerika. Eng. News April 1903, S. 337.

Bruch des Dammes zu Roxbury (Amerika). Eng. News Juni 1903, S. 504.

Bruch und Wiederherstellung der Portman-Staumauer bei Anderson. Eng. Rec. April 1904, S. 408.

Die Zerstörung am Fuß der Assuan Staumauer. Engineering 27. Okt. 1905.

Verstärkung der Talsperre zu Grosbois (Frankreich). Ann. d. P. et Ch. 1905. III, S. 204.

Über den Bruch der Talsperre bei Austin (Texas) im Jahre 1903 s. Bellet a. a. O. S. 215 u. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1911, S. 1773.

Wiederherstellung des Staudammes bei Julesbury, Col. Eng. Rec. April 1911, S. 467.

Bruch der Talsperre bei Black River Falls, Wis. Zentralbl. d. Bauverw. 1912, S. 274. Über die Wiederherstellung s. Eng. Record 27. 7. 1912.

Umbauten am Amity-Damm im Arkansas-Fluß, Co. (Holzbau mit Steinfüllung). Eng. Rec. 16. Nov. 1912.

C) Wirtschaftliche Grundlagen.

I. Allgemeine wirtschaftliche Betrachtungen.

§ 78. Die wirtschaftliche Bedeutung der Talsperren. Die wirtschaftliche Bedeutung der Talsperren besteht darin, daß sie den natürlichen Wasservorrat eines Bezirks durch Ausgleich des Abflusses für die Verwertung zu Zwecken des menschlichen Bedarfs günstiger gestalten. Sie vermögen im ganzen neue Werte naturgemäß nicht zu schaffen, aber sie bringen vorhandene Energien in eine dem Verbrauch besser angepaßte Form oder zeitlich zu größerer Wirkung. Insofern sind sie unmittelbar produktiv. Während ohne den Wasserausgleich die fließende Welle nur in einem gewissen Maße und zeitweilig der Arbeit des Menschen dienstbar gemacht werden kann, am vorteilhaftesten in den Zeiten, in denen die Wasserführung wenig unter oder über dem Mittelwasser liegt, wird der Abfluß durch den Ausgleich auf eine größere Spanne des Jahres besser verteilt. Hiernach können die Einrichtungen der Kraftwerke getroffen werden, und die das gewerbliche Leben störenden Unterbrechungen sowohl in Hochwasserzeiten wie bei dem Mangel der Trockenheit werden gemildert. Der Schifffahrt wird eine längere Betriebsdauer gewährleistet, und der Landwirtschaft Bewässerungswasser in regenarmen Zeiten sichergestellt. Je mehr sich der Ausgleich dem mittleren Jahresabfluß nähert, eine um so vorteilhaftere Leistung bringt das Wasser den Gewerben und der Industrie, wenn zwar einem solchen mittleren Ausgleich manche Interessen der Landwirtschaft entgegenstehen. Diese wird von einem andauernden Mittelwasser gegebenenfalls eine Hebung des Grundwassers in den angrenzenden Ländereien befürchten, wodurch Wachstum und Ernten beeinträchtigt würden. Andererseits legt die Landwirtschaft bis zu einem gewissen Grade Gewicht auf die düngenden Hochfluten, die die Sinkstoffe fruchtbringend auf den Vorländern zum Niederschlag bringen. Wenn hier-

nach die volle wirtschaftliche Wirkung der Wasseraufspeicherung nicht zu erzielen ist, so ist auch technisch ein vollkommener Ausgleich nicht möglich, indem nur sehr selten die ganzen Niederschlagsgebiete abgesperrt werden können, sei es, daß sich nicht geeignete Talbecken finden, sei es, daß Ansiedlungen und landwirtschaftlicher Anbau derartigen Plänen entgegenstehen. Nur in einer Hinsicht kann man es aussprechen, daß die Sammelbecken einen neuen Wert hervorbringen, nämlich bei der zentralen Kraftausnutzung. Es ist dies das Gefälle, das in den Becken durch den Aufstau der Wassermassen gewonnen wird. Der Schwerpunkt des stauenden Wassers hebt sich mit der anschwellenden Stauhöhe und die höhere Lage des Schwerpunktes als Mittel der wechselnden Stauhöhen führt selbst bei gleichbleibendem Zufluß eine Vergrößerung der Wasserkraft herbei. Aber ihre Nutzbarkeit ist noch eine weitere, indem sie den gefährbringenden Abfluß an den Bächen und Flüssen zurückhalten. In dieser vorbeugenden Wirkung zur Verhütung von Hochwassergefahren und Hochwasserschäden besteht der mittelbare Nutzen der Talsperren.

Die verschiedenen Wirtschaftsgebiete, denen die Wasseraufsammlung in Talsperren nutzbar gemacht werden kann, sind bereits in der Einleitung bei der Besprechung der Zwecke der Talsperren § 1 bis 7 allgemein erörtert worden, worauf hier Bezug genommen werden möge. Als Ergänzung zu jenen Ausführungen mögen noch einige Bemerkungen folgen.

Die wirtschaftliche Bedeutung der Sammelbecken als Quelle der Trinkwasserversorgung besteht vornehmlich darin, daß sie die Wasserspeisung von Städten und Gemeinden ermöglichen, wo die sonst anwendbaren Mittel der Wasserbeschaffung versagen. Damit gewähren sie die Unterlage und unerläßliche Vorbedingung, daß sich Gemeinwesen und Industrien halten und entwickeln können, deren Dasein sich andernfalls in engen Grenzen bewegen müßte. Als ein treffendes Beispiel einer derartigen Entwicklung sind die Städte und Gemeinden auf den Höhen des Bergischen Landes zu bezeichnen (s. S. 11 und 38). Diese Städte und ihre Gewerbe verdanken ihre heutige Blüte nicht zuletzt der gesicherten Wasserversorgung aus Talsperren. Der Wert der Wasseraufspeicherung ist hier ein doppelter. Einmal bildet der Erlös aus dem Verkauf des Wassers des städtischen Wasserwerkes eine gute Einnahmequelle für die Stadt. Weiterhin aber tritt ihre staatswirtschaftliche Bedeutung darin zu Tage, daß sie die Lebens- und Erwerbsfähigkeit großer Bevölkerungszentren gewährleisten. Damit werden sie zu einem bedeutsamen Mittel des Kulturlebens überhaupt.

Für die Kraftgewinnung besteht ihre Bedeutung darin, daß der verbesserte Wasserabfluß die Arbeitsfähigkeit der Triebwerke erhöht. Nicht nur ihre Stärke wird vermehrt, die Triebwerke bleiben auch während einer größeren Zeitdauer im Jahre betriebsfähig. Das bedeutet aber eine bessere Ausnutzung der in den Werken angelegten Kapitalien und der mit den Werken verbundenen menschlichen Arbeitskraft. Die vermehrte Kraftmenge stellt sich in der Regel billiger. Die Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markte wird in doppelter Weise gehoben, einmal durch Verbilligung der Produktion und zum andern durch eine größere Gleichmäßigkeit. Die Talsperren haben infolgedessen in den Tälern des deutschen Westens eine starke Belebung der Kleinindustrie herbeigeführt. Die Bedeutung für den Kraftgewinn liegt fernerhin in der Ermöglichung zur Errichtung zentraler Kraftwerke, sei es, daß diese unmittelbar am Fuße der Sperrmauern errichtet werden, so daß lediglich das Eigengefälle ausgenutzt wird, sei es, daß durch eine anschließende Druckleitung das Gefälle vermehrt und für den Turbinenbetrieb günstiger gestaltet wird. Dadurch sind die Wasserkräfte zum Teil zu gewerblichen

Mittelpunkten geworden, indem sich Industrien, im besonderen elektrochemische Fabriken dort angesiedelt haben, wo billige Kräfte erschlossen werden konnten. In anderen Betrieben wird die in den Zentralanlagen gewonnene elektrische Energie in kleine Einheiten aufgelöst, und ferngeleitet dient sie kleinen Werkstätten für Kraft- und Lichtzwecke oder allgemein dem gesteigerten Bedürfnis nach Licht in Wohn- und Wirtschaftsräumen, auf öffentlichen Straßen und Plätzen u. a. m. In dieser zentralen Kraftverwertung an den Talsperren ist einerseits ein hervorragendes Mittel gegeben, diese Unternehmungen wirtschaftlich günstig zu gestalten und bei Sammelbecken, die gemeinschaftlichen Zwecken dienen, vermag der Kraftabsatz meist allein die notwendige Deckung für die in den Unternehmungen aufgewendeten Kapitalien zu sichern.

Aber andererseits hat man auch das soziale Moment, das in dieser Kleinverteilung der Kraft ruht, zu beachten. Den Kleingewerbetreibenden wird die Arbeitskraft billiger geliefert, als sie sich solche in eigenen Kraftanlagen beschaffen können. Sie werden leistungsfähiger und vermögen in dem Wettbewerb mit großen Fabriken besser zu widerstehen. Insofern dienen diese Überlandzentralen zur Erhaltung des gewerblichen Mittelstandes und wirken im Gegensatz zu den Konzentrationsbestrebungen der großen Fabriken auf eine Dezentralisierung der Industrien hin. Wo es bei manchen Unternehmungen dieser Art nötig geworden ist, den Grundbesitz mit den vorhandenen Gehöften und Dörfern für die Überstauung zu erwerben, haben die Besitzer ihre altererbte Scholle verlassen müssen. Es bringt ein solches Vorgehen immer einige Beunruhigung in die Bevölkerung und hat sozialpolitische Bedenken hervorgerufen, wenn eine Aufhebung menschlicher Ansiedlungen in großem Umfange notwendig wird, wie z. B. durch den Bau der Waldecker Talsperre. Hier sind drei Dörfer vom Erdboden verschwunden. Es kann als ein wirtschaftlicher Ausgleich angesehen werden, wenn aus der Wasserstauung billige Kraft hergegeben werden kann, um den ihres Grund und Bodens Beraubten die Begründung einer neuen beruflichen Tätigkeit auf veränderter Grundlage zu erleichtern. Aber nicht minder hat diese Kleinverteilung Bedeutung für die Landwirtschaft. Die Landwirtschaft hat einen steigenden Bedarf für die Beleuchtung der Wirtschaftsräume, den Betrieb der Kleinmaschinen, der Dresch- und Häckselmaschinen, Holzsägemaschinen, Schleifsteine, Buttermaschinen, Maschinen zur Erzeugung künstlicher Kälte u. a. m. Dafür können die aus den Talsperren gewinnbaren Wasserkräfte herangezogen werden, die hier einen um so größeren Wert haben, als die Kräfte oft in abgelegenen schwer zugänglichen Tälern erschlossen werden, wohin die Kohlen für den Betrieb von Dampfwerken nur schwer und kostspielig hingefördert werden können. Die Anteilnahme an den Fortschritten der Kultur regt den Landmann an, und die Einführung des Maschinenbetriebes in die Landwirtschaft bringt mancherlei Ersparnisse gegenüber der Verwendung menschlicher Arbeitskraft ein. Sein Einkommen kann gehoben werden und er wird Geld frei bekommen für andere Zwecke des Lebens. Der Gebrauch der elektrischen Beleuchtung im Hause und in den Wirtschaftsräumen wirkt auf sein Gemüt aufmunternd ein, und bringt den Landwirt den Annehmlichkeiten näher, die dem Städter zur Verfügung stehen. Man kann hoffen, durch solchen intensiveren Betrieb die schwierige Lage der Landwirtschaft, in die sie durch den Wettbewerb des billiger produzierenden Auslandes gebracht ist, besser zu überwinden¹⁾.

Der Entwicklung der Kleinverteilung der Kräfte durch die Überlandzentralen und der elektrochemischen Verwertung des Stromes hat sich in neuester Zeit die Nutz-

¹⁾ Vergl. u. a. *Nouvelles annales de la construction* 1904, S. 189.

barmachung der Wasserkräfte zur Gewinnung von Stickstoff aus der Luft für die landwirtschaftliche Düngung angeschlossen. Dieses letztere Verfahren setzt das Vorhandensein besonders billiger Kraft voraus. Es soll an dieser Stelle auf diese interessanten Betrachtungen nicht näher eingegangen werden; es sei vielmehr auf die Ausführungen des Verfassers in seiner Schrift »Die Ausnutzung der Wasserkräfte« II. Aufl. 1908 S. 502 u. ff. verwiesen.

Der Wert der sich immer wieder erneuernden Energie der Wasserkräfte wächst mit dem gesteigerten Aufbrauch und der Abnahme der Kohlenvorräte der Erde. Schon die zunehmende Schwierigkeit bei der Gewinnung der Steinkohle ist hierauf nicht ohne Einfluß. Die Fördertiefen werden immer größere. Die Preisstellung der Kohle zeigt bei allen Schwankungen im einzelnen eine stetige Steigerung in den letzten Jahrzehnten und eine Erniedrigung ist kaum jemals zu erhoffen. Die Vorräte in Deutschland werden, wenn man annimmt, daß die Förderung langsam auf das Doppelte steigen wird, bei einer Teufe bis 1500 m, nach neueren Berechnungen noch genügen, um den Bedarf auf 900 bis 1000 Jahre zu decken. Die Lebensdauer des englischen Steinkohlenbergbaues wird auf nur noch 300 Jahre angegeben¹⁾.

Die wirtschaftliche Bedeutung der Wasseraufspeicherung für die Landwirtschaft besteht ferner darin, daß die Gewähr geschaffen wird für eine gleichmäßige Bewässerung auch in trockenster Zeit, wenn die natürlichen Zuflüsse — besonders in den Gebirgstälern — zu versagen pflegen. Die Durchschnittsernte wird erhöht²⁾ und, was vielleicht von noch größerem Werte ist, es wird eine Gleichmäßigkeit der Ernten gewährt, also die beste Grundlage für eine Beständigkeit des Wirtschaftslebens geschaffen. Das Wachstum wird vermehrt und insofern entstehen neue Werte. Der Nutzen der Talsperren kommt also in dieser Richtung der Allgemeinwirtschaft zu gute, wenn auch naturgemäß die Anlieger des verbesserten Wasserlaufs die ersten Nutznießer sind. Abgesehen von dem eigentlichen Hochwasserschutz zieht die Landwirtschaft ferner auch den Nutzen aus den Stauweihern, daß diese die gefährlichen Versandungen, die durch hohe Fluten herbeigeführt werden können, hinhalten, während es andererseits möglich ist, den Vorländern die düngenden Hochfluten zukommen zu lassen (s. § 6 S. 28).

Die Schifffahrt gewinnt aus den Talsperren unmittelbaren Vorteil, wenn der Zuschuß nach dem fließenden Strome abgelassen wird, um die Wasserstände in trockener Zeit aufzuheben. Sie dienen hier zur Verbesserung der Verkehrsbedingungen und insofern auch allgemein zur Verbilligung des Verkehrs und der Gütererzeugung. Es bedarf keiner weiteren Ausführung, welche Bedeutung die Vermehrung der Fahrtiefe zu Niedrigwasserzeiten für die Schifffahrt als solche und für das gesamte Wirtschaftsleben hat. Man darf sich nur die Mißstände vergegenwärtigen, die fortgesetzt in Zeiträumen von einigen Jahren, in der Regel in der Spätsommerzeit, an unseren Strömen bemerkbar werden und die zu lauten Klagen Veranlassung geben. Auf der einen Seite ist durch Regulierung der Fahrrinnen mittels künstlicher Einbauwerke das Notwendige und zum großen Teil das überhaupt Erreichbare geschehen. Die Regulierung der Abflussmengen eines Stromsystems muß angestrebt werden, soweit die natürlichen Verhältnisse dies irgend ermöglichen, und es ist das erfreuliche, je mehr der Ausbau der Talsperren in den oberen Niederschlagsgebieten sich vollzieht, sei es, welchen Zwecken auch immer die Becken dienen, umso mehr wird damit auch eine allgemeine

¹⁾ Technik und Wirtschaft 1911, S. 680 u. f.

²⁾ Handbuch der Ingenieur-Wissenschaft, 1897, Bd. III, Kap. IX.

Ausgleichung des Wasserhaushaltes herbeigeführt, die in allen Fällen der Schifffahrt in den unteren Flußgebieten zu gute kommt. Naturgemäß ist der Erfolg ein unmittelbarer und stärkerer, wenn eigens Talsperren für die Aufhöhung der schiffbaren Wasserläufe errichtet werden.

Bei der Kanalspeisung dienen die Talsperren gleichfalls dem Verkehr. In der Wasserscheide, über die die Scheitelhaltung geht, sind meist keine natürlichen Gerinne vorhanden. Das Wasser muß aus tiefer gelegenen Flußläufen gehoben werden. Wirtschaftliche Aufrechnungen müssen erweisen, ob das Speisungswasser durch eine Wasserhebungsanlage aus tiefer gelegenen Flußläufen zu gewinnen ist, wie dies z. B. für die Speisung des Dortmund-Ems-Kanals durch das Pumpwerk bei Olfen geschieht (Hubhöhe 16 m) oder ob es günstiger ist, die Speisung aus Talsperren durch besondere Zuleitungen zu beschaffen. Erwägungen dieser Art sind u. a. bei den Voruntersuchungen für die Speisung des Rhein-Hannoverkanals angestellt worden¹⁾. Alle solche Aufrechnungen können naturgemäß keine allgemeine Bedeutung haben, weil die Ergebnisse zu sehr von den örtlichen Verhältnissen abhängen. Sie müssen den Einzelfall behandeln. Die Sicherung der Speisung eines Schifffahrtskanals kann unter Umständen eine ernste Frage bei der Prüfung seiner technischen Ausführbarkeit sein.

Die Notwendigkeit des Hochwasserschutzes durch Talsperren ist nicht in allen Stromgebieten vorhanden. Vornehmlich erstrecken sich die Schädigungen auf die Quellgebiete. Die früher bezweifelte Möglichkeit, diesen Schutz in wirtschaftlich vorteilhafter Weise, d. h. derart zu schaffen, daß die aufgewandten Kapitalien durch den Wert der vor Vernichtung gesicherten Gütermengen gedeckt werden, ist heute anerkannt. Die Erfahrung hat erwiesen, daß es einen besseren Erfolg verspricht, bedrohte Täler durch Schutzbecken vor ferneren Verlusten zu bewahren, als die Bewohner durch bare Geldzahlungen für Hochwasserschäden abzufinden. Das Geld wird gern hingenommen, aber leider meist verbraucht, ohne nachhaltige Meliorationen vorzunehmen. Naturgemäß kann es sich im allgemeinen nur um Beseitigung örtlicher Mißstände handeln, und nur in besonders geeigneten Fällen wird sich der Schutz ausgedehnter Niederungen durch geräumige Becken ermöglichen lassen. Aber man sollte sich davor hüten, von vornherein und ohne eingehende Prüfung die Möglichkeit des Hochwasserschutzes auch für ausgedehntere Bezirke zu verneinen. Eine solche allgemein ablehnende Auffassung muß eine Abwehr erfahren, denn die Erfahrung hat bereits gezeigt, daß auf diesem Gebiet Erfolge zu verzeichnen sind, die früher bezweifelt wurden.

Die Bedeutung der Vereinigung der verschiedenen Aufgaben der Talsperren in einer Anlage ist in wirtschaftlicher Hinsicht darin zu suchen, daß es auf diese Weise möglich ist, die Lasten auf mehrere Schultern zu verteilen. Dieser Gesichtspunkt tritt bei den Talsperrenunternehmungen um so mehr in den Vordergrund, als ihre Kosten meist große sind. Aber nicht nur dies. Es muß auch mehr ansprechen mit einem Unternehmen die wirtschaftliche Lage eines ganzen Bezirks zu fördern, als nur einzelne Interessentengruppen zu beteiligen. Und darin scheint der vornehmlichste Wert der Nutzung aus den Sammelbecken zu liegen, daß sie nach ihrer Natur geeignet sind, mit den von ihnen geschaffenen Verbesserungen der Allgemeinheit zu dienen.

Die späteren Angaben und Beispiele aus dem Betriebe neuerer Talsperrenanlagen (§ 84—90) sollen durch Zahlen die hier allgemein gehaltenen Ausführungen im einzelnen

¹⁾ Haus der Abgeordneten. Kommissionsbericht über die preuß. Wasserstraßenvorlage des Jahres 1904, S. 40, 76 u. 183.

verständlich machen und begründen. Im übrigen sei zur Beurteilung der wirtschaftlichen Bedeutung des Talsperrenbaues auch hingewiesen auf die Ausführungen des Verfassers in seiner Schrift: Der Talsperrenbau und die deutsche Wasserwirtschaft. Berlin 1902. S. 27 u. f. Vergleiche ferner Esterer, Die wirtschaftliche Bedeutung der Talsperren. Halle 1911.

§ 79. Wirtschaftspolitische Momente. Wirtschaftliche Form der Unternehmung. Die großen Talsperrenunternehmungen der neuen Zeit erfordern Geldaufwendungen, die meist über das Können des Einzelnen hinausgehen. Auch ihre Zwecke und die aus ihnen zu ziehenden Vorteile sind kaum geeignet für die Interessen eines Einzelbetriebes. Es ginge noch hin, wo es sich lediglich um die zentrale Kraftgewinnung handelt, aber hierin liegt, wenn auch eine wesentliche, doch immerhin nur eine Teilnutzung der Talsperren. Die anderen früher erörterten Wirtschaftsgebiete gehören der Allgemeinwirtschaft an. Man ist deswegen auch nicht im Zweifel gewesen, die Talsperren in den Dienst der Allgemeinheit zu stellen, dort wo sie berufen waren, den Zielen der Gesamtwirtschaft zu dienen. Es hat die nicht allzulange Praxis des modernen Talsperrenbaues schon erwiesen, daß die Staatsverbände es als ihre Aufgabe betrachtet haben, die Sammelbecken auf Kosten des Staats zu errichten, wo es sich um Bewässerung ausgedehnter Landbezirke handelte. Es sei darauf hingewiesen, daß die Stauanlage in Ägypten für die düngende Bewässerung des Niltales von der englischen Regierung mit einem sehr ansehnlichen Geldaufwand errichtet ist, und die Regierung der Vereinigten Staaten von Nordamerika hat im Westen des Landes ebenfalls auf Staatskosten sehr bedeutende Stauweiheranlagen in Angriff genommen oder bereits fertiggestellt (s. S. 3 u. f.).

Die Förderung der Schifffahrt auf den natürlichen Strömen hat seit jeher und überall als eine Aufgabe des Staates gegolten. Es ist als eine natürliche Folge dieser Auffassung anzusehen, daß überall dort, wo man Talsperren im Schifffahrtsinteresse errichtet hat, dies von Staatswegen geschah. Es sei erinnert an die Unternehmungen Frankreichs für die Speisung des Rhein-Marne und Marne-Saône-Kanals, des Kanals du Centre, des Burgunder-Kanals u. a. m. Neue Ausführungen dieser Art sind die Staubecken beim Erneuerungsbau des Marne-Saône-Kanals (s. S. 20 und Le Génie Civil 1908, S. 396), ferner an die Staubecken im oberen Wolgagebiet in Rußland und an die Wasseraufspeicherungsanlagen am Mississippi zur Verbesserung seiner Schifffahrt (s. S. 20 u. 21). Der preussische Staat führt auf Grund des Wasserstraßengesetzes vom 1. April 1905 im oberen Wesergebiet mehrere große Talsperren für die Aufhöhung des Niedrigwassers der Weser zu Schifffahrtzwecken und zur Speisung des Rhein-Hannover-Kanals aus (s. S. 22).

Die gleiche Auffassung gilt für den Hochwasserschutz. Die in Schlesien für diesen Zweck zur Ausführung gelangten oder im Bau begriffenen Talsperren werden auf Kosten von Staat und Provinz errichtet. Der preußische Staat trägt $\frac{4}{5}$, die Provinz Schlesien $\frac{1}{5}$ der Gesamtkosten der Sammelbecken und der sonstigen Regulierungskosten an den Gebirgsflüssen, während die späteren Unterhaltungskosten von den Interessenten aufgebracht werden. Wie die städtische Wasserversorgung als eine Aufgabe der Gemeinden gilt, so ist auch der Bau von Talsperren, die diesem Zwecke dienen, im allgemeinen Sache der Städte und größerer Gemeinwesen. Als Beispiel seien hervorgehoben die Anlagen von Remscheid, Barmen, Königsberg i/Pr., Chemnitz, Plauen, Solingen u. a. m. Bei einigen Unternehmungen dieser Art haben sich verschiedene Zwecke vereinigen lassen, um die Lasten zu erleichtern oder es haben sich mehrere Gemeinden zu gemeinsamem Vorgehen entschlossen. Nur wo die Unternehmungen einen sehr großen

Umfang erreichten und wo es galt, die Trinkwasserversorgung der Gemeinden fast eines ganzen Stromgebietes, wie im Ruhrkohlengebiet, zu ermöglichen haben diese Verhältnisse zu einem Zusammenschluß im großem Maßstabe geführt. In dieser Auffassung ist der Ruhrtalsperrenverein als ein Zweckverband großen Stiles begründet, dessen Mitglieder Städte, Dörfer, Zechen, Industrierwerke, Einzelinteressenten usw. sind. Im Landkreise Aachen haben sich die Kreisverwaltung und die im Kreise belegenen Gemeinden auf dem Boden einer Gesellschaft mit beschränkter Haftung zur Durchführung eines Gruppenwasserversorgungsunternehmens zusammen gefunden. Das Gesellschaftskapital beträgt 5,2 Mill. Mk., und es sind daran der Kreis und 17 Städte und Gemeinden nach der Zahl ihrer Einwohnerschaft beteiligt. Den Gemeindevertretungen ist durch Sitz im Aufsichtsrat Einfluß auf den Betrieb gewährt. Jede einzelne Gemeinde nimmt Teil an dem etwaigen Gewinn, so daß jeder solcher Verband Interesse hat an einem möglichst großen Absatz. Die Wassergewinnungsanlagen umfassen die Dreilägenbachsperre zu Rötgen von 4 Mill. cbm Stauinhalt, die Filteranlage und ein ausgebreitetes Verteilungsnetz mit mehreren Hochbehältern. Im Versorgungsgebiet wohnen etwa 90000 Menschen. Daneben wird das Brauchwasser für die Industrie des Bezirks geliefert¹⁾.

Während auch im Auslande die Wasserversorgung im allgemeinen Angelegenheit der interessierten Gemeinden ist, hat in Neusüdwaales (Australien) der Staat diese Fürsorge selbst in die Hand genommen. Der Wasserbezug erfolgt zum großen Teil aus Staubecken. Parlamentsakte stellen die Mittel zur Verfügung, aus denen wenig leistungsfähige Gemeinwesen Geld zu niedrigen Zinssätzen erhalten. Zwar steht den Gemeinden das Recht zu, selbst zu bauen, tatsächlich hat sich die Praxis jedoch so gestaltet, daß die Public Works Department, eine staatliche Behörde, die Anlagen einrichtet. Der Betrieb ruht in den Händen der Gemeinden²⁾.

Auf allen diesen Verwendungsgebieten der Talsperren war die wirtschaftliche Form der Unternehmung ohne weiteres gegeben oder es führten doch die Verhandlungen ohne Erörterung großer grundsätzlicher Fragen zur Einigung. Auch dort, wo die Talsperren der Kraftgewinnung durch Aufhöhung des Triebwassers mittels Zuschußwasser dienen, hat man im allgemeinen bald den Weg gefunden. Die Stauweiher im Elsaß, deren Wasser der landwirtschaftlichen Bewässerung und gewerblichen Triebwasservermehrung zu gute kommt, sind aus Staatsgeldern mit einem geringen Beitrage der Beteiligten erbaut. Sie wurden bald nach der Besitznahme von Elsaß-Lothringen errichtet und als ein Unternehmen von öffentlichem Nutzen ins Leben gerufen, um die darniederliegenden wirtschaftlichen Verhältnisse der Vogesentäler aufzubessern³⁾. Das Bestreben, in den neuerworbenen Länderteilen gemeinnützige Werke zu schaffen, kam als ein politischer Beweggrund hinzu.

Die Talsperren und die zugehörigen 3 Ausgleichsweiher im Wuppergebiet sind, soweit sie der Vermehrung des Triebwassers und zur Lieferung von Wasser für andere gewerbliche Zwecke (Färbereien u. a. m.) dienen, auf dem Wege genossenschaftlicher Vereinigung mit Beitrittszwang aus eigener Kraft der Beteiligten ohne staatliche Unterstützung entstanden. Die Kosten, rund 3 Mill. Mark, sind von der Gesamtheit der Genossen aufgebracht; im übrigen wird die Höhe der jährlichen Beiträge nach der Nutzleistung des Sammelbeckenwassers für den einzelnen berechnet, sei es, daß das Wasser dem Flusse unmittelbar entnommen (geschöpft), sei es, daß es als Aufschlagwasser

¹⁾ Deutsche Wasserwirtschaft 1912, S. 261.

²⁾ Minutes of Proceedings of The Institution of Civil Engineers London. Bd. 178. Sess. 1908/09 Teil IV.

³⁾ Näheres s. Fecht, Stauweiher in den Vogesen.

der Triebwerke benutzt wird. Der dieser Verteilung zugrunde liegende Einheitssatz wird durch die jährlichen Betriebs-, Unterhaltungs-, Verzinsungs- und Tilgungskosten bedingt, so daß jeder Interessent die Leistung zum Selbstkostenpreise erhält und zu den entstehenden Kosten nur insoweit herangezogen wird, als er tatsächlichen Vorteil hat. Die Städte Elberfeld und Barmen zahlen für Hochwasserschutz aus diesen Becken sowie für die Aufbesserung der Niedrigwasserstände aus gesundheitlichen und ästhetischen Rücksichten jährliche Beiträge¹⁾. Auf gleicher Grundlage sind die Talsperren an der oberen Ruhr errichtet, die neben der Vermehrung des Triebwassers zum Teil der Wasserversorgung von Gemeinden dienen. Den in den Ruhrgenossenschaften vereinigten Gemeinden leistet meist der Ruhrtalsperrenverein einen Zuschuß, da die Abgabe von Wasser zugleich den Interessen der Wasserentnahme aus dem Grundwasserbett an der unteren Ruhr dient (s. S. 19)²⁾. Unternehmungen ähnlicher Art sind neuerdings auch im Königreich Sachsen an der Weißeritz entstanden.

Mehr umstritten aber ist die Frage der Unternehmungsform bei den Talsperren für zentrale Kraftgewinnung. Dieses Thema hängt enge zusammen mit der Ausnutzung der Wasserkräfte überhaupt. Die Frage, ob die Wasserkräfte verstaatlicht werden sollen oder der privaten Ausnutzung zu überlassen sind, ist in den letzten Jahren viel erörtert worden. Sie ist um so mehr in den Vordergrund getreten, je mehr unsere Kenntnis und die Erforschung der hydrographischen Verhältnisse den mehr oder minder großen Wasserreichtum in den einzelnen Ländern nachwies und einsehen ließ, daß durch Nutzbarmachung des Wasserabflusses und der natürlichen Geländegefälle auf billige Weise — billiger als durch die Dampfkraft — bedeutende mechanische Kraftleistungen der produktiven Tätigkeit erschlossen werden könnten. Diese neuere Erkenntnis von der produktiven Arbeit des Wassers hat zugleich den Streit der Interessen wachgerufen. Es würde zu weit führen, hier auf dieses große Thema näher einzugehen. Es sei nur bemerkt, daß dieser Gegenstand am gründlichsten erörtert worden ist in der Schweiz, deren großer Vorrat an Wasserkräften einerseits und dessen Mangel an Kohlen andererseits die Frage zu einer brennenden machten, die noch nicht voll zum Abschluß gelangt ist. Aber man neigt hier sehr der Verstaatlichung der Wasserkräfte zu. Neuerdings sind die Erwägungen dieser Art besonders scharf in Schweden und Norwegen hervorgetreten³⁾. Hier liegen die Verhältnisse ähnlich wie in der Schweiz. Aber da dem Lande droht, daß vornehmlich ausländisches Kapital sich die Vorteile aus den Wasserkräften zu nutze macht, wird das nationale Moment stark betont, vielleicht noch stärker als in der Schweiz. Man versucht in diesen Ländern durch Gesetz ausländische Unternehmungen mit fremdem Gelde zu erschweren. Die Ausfuhr der Kräfte durch elektrische Fernübertragung soll unmöglich gemacht werden. Auch in Österreich, Frankreich, Italien, Amerika⁴⁾ sind Pläne dieser Art aufgeworfen worden. Es sei jedoch für eingehendere Orientierung über diesen Gegenstand auf die Ausführungen des Verfassers in seiner Schrift »Die Ausnutzung der Wasserkräfte«. II. Aufl. S. 501 u. f. hingewiesen.

In Deutschland ist im allgemeinen die Meinung vorherrschend, daß der Talsperrenbau für Kraftzwecke der privaten Tätigkeit zu überlassen sei. Dabei ist allerdings der Begriff »Private« im weiteren Sinne aufzufassen, daß also darunter auch die städtischen, genossenschaftlichen usw. Unternehmungen im Gegensatz zu rein staat-

¹⁾ Intze, Über die Wasserverhältnisse im Gebirge. ²⁾ Einzelheiten über die Verteilung der Kosten, Unterstützung durch Staat, Provinzen und Kreise s. Wulff, Die Talsperrengenossenschaften. S. 59 u. f.

³⁾ Mattern, Die Wasserkräfte Schwedens und ihre Ausnutzung. Zeitschr. f. Bauwesen 1911. S. 575.

⁴⁾ s. u. a. Electrical World 8. 2. 1913.

lichen Bauten gemeint sind. Eine Reihe unserer großen Werke für industrielle Unternehmungen halten Umschau nach Plätzen, wie und wo sie ihren Geschäftsgeist betätigen, und ihr Kapital nutzbringend und werbend anlegen können. Es ist zu verstehen, daß sie in erster Linie nach großen Kraftquellen suchen. Nun ist aber leider Deutschland nicht im Übermaß reich an großen Wasserkraften und kann sich in dieser Hinsicht den Ländern wie Norwegen, Schweden, Nordamerika u. a. nicht an die Seite stellen. Aber wir haben eine reiche Gelegenheit zu gut nutzbaren mittleren Kräften. Und sie haben den Vorzug, daß sie inmitten eines regen werktätigen Lebens und einer aufnahmefähigen Industrie liegen. Den Ausbau dieser mittleren Wasserkraft zu fördern — gegebenenfalls im Eigenbau — sollte der Staat als eine seiner vornehmlichsten Aufgaben ansehen.

Die zentrale Kraftausnutzung hat sich den deutschen Talsperren vielfach sozusagen als ein Nebenprodukt, das aber für die wirtschaftliche Verwertung sehr ins Gewicht fällt, angeschlossen. So war z. B. die Solinger Talsperre in erster Linie für die Wasserversorgung dieser Stadt gebaut und erst im Laufe der Voruntersuchungen zeigte sich, daß in vorteilhafter Weise eine Kraftausnutzung mit ihr verbunden werden konnte, die dann die Stadt selbst übernahm. Einen ähnlichen Entwicklungsgang nahm die Talsperre der Stadt Nordhausen. Sie dient in erster Linie der Trinkwasserversorgung, aber sie ist dadurch bemerkenswert, daß sie, wohl als die erste in Deutschland, wenn auch nur mittelbar, staatliche Zwecke erfüllt, indem die gewonnene Kraft zur Beleuchtung und für den Werkstättenbetrieb des Staatsbahnhofes Nordhausen herangezogen ist. Die Talsperre an der Urft (Eifel) mit dem Elektrizitätswerk Heimbach ist ein gesellschaftliches Unternehmen. Es haben sich die Stadt Aachen und die Landkreise Aachen Düren und Schleiden zu einer Gesellschaft mit beschränkter Haftung zusammengeschlossen. Die Überlandzentrale versorgt umliegende Städte und Ortschaften. Es war dies das erste Talsperrenunternehmen in Deutschland, das allein in der gewerblichen Ausnutzung der Energie des aufgespeicherten Wassers seine Erträge und seine wirtschaftliche Daseinsberechtigung suchte und findet.

Wenn man zwar die Bereitstellung größerer staatlicher Mittel zur Errichtung von Talsperren für gewerbliche Zwecke bisher bei uns vermieden hat, so ist doch die Durchbrechung dieses Grundsatzes bei den schlesischen Hochwasserbecken insofern zu bemerken, als diese zum überwiegenden Teil von Staatsgeldern errichteten Talsperren in Marklissa und in Mauer mit Kraftwerken ausgerüstet sind, die mittels Überlandzentralen die Kraft für Licht- und Kraftzwecke in weitem Umkreise zur Hebung des gewerblichen Wohlstandes verteilen¹⁾. Man hat im übrigen befürchtet, daß die Bereitstellung staatlicher Mittel für diese Zwecke den Unternehmungsgeist privater Kreise unterbinden oder mindestens lahmlegen könne. Oft hat man allerdings zur Förderung dieser Unternehmungen die Kosten der Vorarbeiten auf den Staat übernommen. Die weitere Entwicklung muß lehren, ob sich das Gebiet staatlicher Tätigkeit nach dieser Richtung hin weiter ausdehnen wird. Es soll hier auf das Für und Wider der Frage, ob die Wasserwirtschaft in den Gebirgen und im besonderen der Talsperrenbau der staatlichen Wirtschaftstätigkeit unterstellt werden soll oder nicht, nicht näher eingegangen werden. Der Verfasser hat dieser Frage an anderer Stelle¹⁾ Betrachtungen gewidmet, auf die verwiesen werden möge. Einige Bemerkungen über die Form der Unternehmungen dieser Art finden sich auch in dem Abschnitt »Ertragsberechnungen« (§ 85).

¹⁾ Der Talsperrenbau und die Deutsche Wasserwirtschaft. Berlin 1902, S. 74.

Vor allem aber sollte man nicht den Gesichtspunkt verlieren, daß die Talsperren — in welcher wirtschaftlichen Form auch sie immer zur Ausführung gelangen — dem einheitlichen Rahmen der Gesamtwasserwirtschaft angepaßt werden müssen. Es dürfen nicht einzelne Teile eines Niederschlagsgebietes in unzureichender Weise lediglich nach den Interessen, wie sie der einzelne Unternehmer hat, abgesperrt werden. Es ist dem einzelnen, der nicht das Wohl des großen Ganzen übersieht, nicht zu verübeln, wenn er von dem Wasservorrat eines Niederschlagsgebietes nur soviel in Anspruch nimmt, als er braucht. Damit droht aber unter Umständen die Vergeudung eines nationalen Gutes. Zu klein angelegte Talsperren können nur mit unverhältnismäßiger Schwierigkeit nachträglich vergrößert werden. Es muß also unter allen Umständen die Forderung gestellt werden, daß die Staubecken ihrer Größe nach dem in einem Niederschlagsgebiet vorhandenen Wasservorrat angepaßt werden, sodaß für alle Zeit eine wirtschaftliche vorteilhafte Ausnutzung stattfinden kann. Mit anderen Worten, der Ausbau der Wasserwirtschaft im Gebirge — auch wenn er durch private Unternehmungen geschieht — sollte einheitlich auf der Grundlage eines großen Programms erfolgen, das den Bestrebungen die Richtung festlegt, ohne doch die Entwicklung und Ausbildung im einzelnen zu hemmen. Die Aufstellung eines solchen Systems wird immer die Aufgabe staatlicher Fürsorge sein müssen und muß dem praktischen Vorgehen voraneilen. Die dabei festzulegenden leitenden Gesichtspunkte hat sich dann das Genehmigungsverfahren zur Richtschnur zu nehmen. Die Kostenaufbringung muß nach Maßgabe des Vorteiles geschehen, den der einzelne aus dem Unternehmen zieht.

Die Anzeichen, das sich ein Umschwung der Meinungen anzubahnen beginnt, mehren sich. Während in Süddeutschland die großen Kraftanlagen von Rheinfeldern, und in der neuesten Zeit die Werke von Augst-Wylen (40000 PS., fertiggestellt 1912) und Laufenburg (50000 PS., 1912 im Bau) von Privatgesellschaften mit staatlicher Genehmigung finanziert, errichtet und betrieben werden, hat die Entwicklung in Preußen neuerdings einen anderen Weg genommen. Die Überlandzentralen der Talsperren von Mauer und Marklissa (s. S. 31) sind von der Provinz Schlesien eingerichtet und stehen in ihrem Betriebe. Weitere Unternehmungen dieser Art auf kommunaler Grundlage sind in dieser Provinz im Entstehen begriffen. Die Talsperre und das Überlandkraftwerk von Straschin-Prangschin bei Danzig sind ein Unternehmen des Kreises. Des Elektrizitätswerkes der Urftalsperre als eines Unternehmens, an dem ebenfalls die umliegenden Kreise beteiligt sind, ist schon an anderer Stelle (S. 27) gedacht. Der Ruhrtalsperrenverein hat in Verbindung mit den Talsperren an der Möhne und Lister gleichfalls eigene Kraftwerke erbaut und in Betrieb genommen¹⁾.

Ein Kraftwerk des Preussischen Staates ist an der Weser in Verbindung mit dem Wehr bei Dörverden errichtet. Die gewonnene Wasserkraft wird nach Umsetzung in elektrische Energie auf 80 km ferngeleitet, um bei Minden das Pumpwerk zu treiben, das einen Teil des Speisungswassers aus der Weser in den Rhein—Hannover Kanal hebt. Der Rest der insgesamt jährlich erzeugten 20 Mill. Kilowattstunden soll an die umliegenden Landkreise, die Eisenbahnverwaltung und einige Städte abgegeben werden. Ferner errichtet Preußen an der Waldecker Talsperre in der Eder, an der Diemeltalsperre bei Helminghausen und in der Weser unterhalb Münden 3 Wasserkraftwerke, die mit Überlandzentralen verbunden werden. Es soll ein Gebiet von 6500 qkm mit 600000 Einwohnern sowie der Eisenbahnbetrieb mit elektrischem Strom versorgt werden. Im ganzen können jährlich etwa 41 Mill. Kilowattstunden gewonnen werden. Die Gesamtkosten sollen 9 Mill. Mark betragen. Das Unternehmen wird in staatlichem Betriebe stehen²⁾.

Aber auch die süddeutschen Staaten haben zum Teil den Entschluß zum Vorgehen in gleichem Sinne gefaßt. Die bayerische Regierung hat von den in staatlichem Eigentum befindlichen Wasserkraften rund 100000 PS. im Jahresdurchschnitt zum elektrischen Betrieb der Staatsbahnen für sich vorbehalten. Darunter sind besonders bemerkenswert eine Kraft am Lech mit 15000 PS., am Inn

¹⁾ Beschreibung s. Zeitschr. f. Turbinenwesen 1913, S. 106. ²⁾ Näheres s. Zentralbl. d. Bauverwaltung 1913 S. 5 und Kraetzer, Denkschrift über die Elektrizitätsversorgung des oberen Flußgebietes der Weser.

mit 37000 PS., an der Isar mit 8500 PS. und vor allem das Walchensee-Kraftwerk mit vorläufig 25000 PS. Der Staat hat mit dem Bau des Saalachwerkes bei Reichenhall (3200 PS.) die Durchführung dieser Unternehmungen begonnen¹⁾. Der badische Staat hat im Jahre 1912 nach den Beschlüssen der gesetzgebenden Körperschaften den Ausbau des Murgwerkes (in Verbindung mit Talsperren) mit einem Aufwande von nahezu 21 Mill. Mk. (ohne Fernleitungsnetz) übernommen. Bau und Betrieb liegt in den Händen des Staates²⁾.

Der leitende Gesichtspunkt aller dieser Unternehmungen ist, das Land mit elektrischer Energie zu versorgen, soweit die natürlichen Kraftvorräte reichen. Es kann dadurch bis zu einem gewissen Grade eine staatliche Beeinflussung und Preisregelung erfolgen und verhindert werden, daß die Preise für den elektrischen Strom zu sehr gesteigert werden. Einem Privatmonopol in der Versorgung des Landes wird gesteuert. Die Überlandzentralen stehen in ihrer wirtschaftlichen Bedeutung kaum nach der des Eisenbahnnetzes und der Verkehrswege, und es ist nicht uninteressant zu erkennen, wie sich hier gegenwärtig der Vorgang der Verstaatlichung in ähnlicher Weise wiederholt, wie um die Mitte des vorigen Jahrhunderts bei der Umwandlung des Privatbahnbetriebes in die staatliche Verwaltung der Eisenbahnen.

§ 80. Geldaufbringung. (Finanzierung.) Die Frage der Geldaufbringung für die kostspieligen Talsperrenunternehmungen hängt eng zusammen mit der vorhin erörterten wirtschaftlichen Form der Unternehmung. Je nachdem das Unternehmen ein staatliches, provinZIALES oder städtisches ist, erfolgt die Bereitstellung des Baugeldes durch die dazu zuständigen Stellen (Landtag, Stadtverordnetenversammlung usw.), sei es durch Aufnahme einer Anleihe und aus vorhandenen Beständen für außerordentliche Ausgaben. Für genossenschaftliche Unternehmungen, Gesellschaften m. b. H. Aktiengesellschaften, wird meist die Geldbeschaffung für den Bau durch eine Anleihe der gebotene Weg sein. Bei Genossenschaften und den Ruhrtalsperren erfolgt die Geldaufbringung zur Deckung der jährlichen Ausgaben durch Umlage. Die Einzelheiten dieser Beitragsaufrechnungen werden später besprochen werden. In allen Fällen muß diese Ermittlung nach dem Grundsatz der Gleichwertigkeit von Leistung und Gegenleistung vor sich gehen, wenn das Unternehmen ein wirtschaftlich gesundes sein soll.

Es ist oft nicht leicht, die Fernerstehenden für ein wasserwirtschaftliches Unternehmen zu erwärmen, auch wenn es ein vollauf gesundes ist, weil sich in der Regel sehr verschiedenartige Interessen gegenüberstehen. Es ist auch zuzugeben, daß ein Laie oft nicht ohne weiteres die Tragweite des Entschlusses — wie es in der Natur der Dinge liegt — übersehen kann. Ein vermittelnder Weg für den Ausgleich aller berechtigten Ansprüche muß gefunden werden, und das Vertrauen zu der führenden Persönlichkeit ist hier wie bei allen großen Unternehmungen oft das ausschlaggebende Moment. Große Unternehmungen erfordern Wagemut. Man kann sie oft nicht aufbauen auf fein ausgeklügelte wirtschaftliche Berechnungen. Man kann nur das Ziel im Auge haben und, sofern dies technisch erreichbar, wird man bisweilen zunächst unter Hintanstellen der Kostenfrage den Weg bahnen müssen, wenn es sich darum handelt, Pläne zu verwirklichen, die einen großen Fortschritt in der Entwicklung der Kultur bedeuten. In der Aufmunterung zur Tat liegt oft nicht der geringste Anteil des Gesamterfolges.

Die Bemühungen eines Ingenieurs bei der Vorbereitung von großen Unternehmungen sind daher nicht immer von Erfolg begleitet und gewiß selten ist dies sogleich beim ersten Anlauf der Fall. Es hängt von dem Geschick des einzelnen ab, seine Gedanken zur Anerkennung und Verwirklichung zu bringen und hierin ist der Erfolg einzelner Persön-

¹⁾ s. u. a. Deutsche Bauzeitung 1912, S. 683.

²⁾ Näheres Zentralbl. d. Bauverwalt. 1912, S. 422 u. 656; ferner L u d i n, Wirtschaftlichkeit von Wasserkraftzentralen, Deutsche Bauzeitung 1912, S. 774.

lichkeiten begründet. Es ist eine große und interessante Aufgabe, im Parlament oder in den Kreisen der Interessenten für einen Plan eine Mehrheit zu gewinnen, die das Geld kraft ihrer Zuständigkeit bewilligt oder aus freiem Entschluß zur Verfügung stellt. Mitunter sind die Lasten allerdings außerordentliche und für einen engen Kreis von Interessenten schwer zu tragen, so daß bei aller besseren Erkenntnis von der Möglichkeit eines Unternehmens die Verhandlungen daran scheitern, daß leistungsfähige finanzielle Unterstützungen nicht zu finden sind. Wirtschaftliche und politische Interessen greifen hier oft ineinander über. Der Ingenieur hat diesem Teile der Gesamtaufgabe — der Arbeit der Finanzierung — bisher im allgemeinen etwas fremd und ablehnend gegenüber gestanden. Aber er sollte es mehr und mehr als seine Aufgabe ansehen, nachdem die grundlegenden Vorarbeiten, die Projektaufstellung, die Kostenveranschlagung, die wirtschaftlichen Aufrechnungen von ihm ausgearbeitet sind, nun auch vor der Allgemeinheit diesen schlußlegenden Teil der vorbereitenden Arbeiten selbst in die Hand zu nehmen und zu vertreten. Jedenfalls muß man die Aufgabe des Ingenieurs heute nicht nur in der Lösung technischer Probleme und Konstruktionen erblicken, sondern es muß auch sein ernstes Bestreben darin bestehen, wirtschaftlich richtige Ingenieurunternehmungen dem Verständnis und der Anteilnahme der Öffentlichkeit näher zu bringen und ihre Verwirklichung durchzusetzen. Die Kraft der Überzeugung, die ihm inne wohnt, läßt ihn als den natürlich gegebenen Führer erscheinen.

Es würde hier zu weit führen, das Verfahren der Geldaufbringung und Geldbewilligung im einzelnen zu erörtern und alle jene maßgebenden Gesichtspunkte, die bei der Kapitalbeschaffung, Verzinsung, Tilgung u. a. m. obwalten müssen, aufzurollen. Der Gang derartiger Arbeiten ergibt sich vielfach nach Maßgabe gesetzlicher Bestimmungen, Satzungen, behördlichen Genehmigungen und bildet ein eigenes Gebiet, das nicht Gegenstand dieser Untersuchung sein kann.

II. Die Kosten der Talsperren.

Die notwendigen Unterlagen und Bestandteile eines Entwurfs für eine Talsperre sind früher (§ 16) erörtert worden, im besonderen auch alle die Einzelheiten des Unternehmens, die in den Plänen, Zeichnungen und im Erläuterungsbericht in die Erscheinung zu treten haben. Bei der nachfolgenden Besprechung der Kosten soll vorausgesetzt werden, daß der Entwurf fertig vorliegt.

§ 81. Die Massenberechnung. Die erste, den Kostenanschlag und die Bauausführung vorbereitende Arbeit ist die Massen- und Baustoffberechnung. Es soll hier nicht eingegangen werden auf die Einzelheiten derartiger Berechnungen, die wie bekannt, auf der Raum- und Flächenermittlung der Baukörper fußen. Ebenso wird der allgemeine Aufbau der Massenberechnung als bekannt vorausgesetzt. Es empfiehlt sich, die Massenberechnung mit der Kostenveranschlagung in Übereinstimmung zu bringen, derart, daß die einzelnen Teile beider Aufstellungen sich entsprechen. Für einen derartigen Aufbau werden die in § 83 mitgeteilten Gesamtkostenzusammenstellungen einiger neuer Talsperrenauführungen einen guten Anhalt bieten. Die Massenberechnung eines einheitlichen Baues, wie der einer Sperrmauer, gliedert sich im allgemeinen nur nach Positionen. In einer größeren Gesamtanlage, wie z. B. in einem Talsperren-Wasserkraft-, Wasserversorgungs- oder Landbewässerungsunternehmen, das sich aus einer Reihe von Einzelbauten zusammensetzt, wird jeder Bau eine besondere Abteilung bilden, innerhalb deren eine weitere Einteilung nach Titeln usw. für die einzelnen wesentlichen Zweige des

Werkes eintreten kann. An die Massenermittlung schließt sich die Baustoffberechnung, die dazu dient, für die Bauausführung die Grundlage zum Ankauf der Materialien zu beschaffen. Sie fußt in ihren Einzelheiten auf Erfahrungssätzen des Baubetriebes.

Die Berechnung der Massen einer Sperrmauer soll hier nur insoweit besprochen werden, als sie eine diese Bauwerke kennzeichnende Eigenart besitzt. Diese Besonderheit der Aufrechnung betrifft den Inhalt der für die Fundamente auszuhebenden Baugrube — die Fels- und Erdmassen — und den Inhalt des Mauerklotzes selbst. Die Schwierigkeit dieser Feststellung, um ein genaues Ergebnis zu erzielen, tritt umso mehr hervor, als die Mauern meist im Grundriß gekrümmt gebaut werden und als bei den großen Querschnitten und Längen schon kleine Unstimmigkeiten einem bedeutenden Ausschlag geben. Dieser Gegenstand hat also ein wesentliches Interesse hinsichtlich der Kosten. Man kann zwei Arten unterscheiden:

1. Die Aufrechnung der Massen für den Kostenanschlag, und
2. » » » » » die Abrechnung;

die Ermittlung zu 2 muß genau sein, während dies zu 1 nur bis zu einem gewissen Grade nötig ist.

Die Massenberechnung der geraden Talsperren soll hier nicht erörtert werden, weil sie nur einen Sonderfall der nachstehenden Aufrechnung bildet und nach den Regeln der gewöhnlichen Raumberechnung vorzunehmen ist.

Die Massenberechnung der gekrümmten Talsperren für den Kostenanschlag. Auf Grund der Geländeaufnahmen und Schürfungen kann man die Höhe der Geländeoberfläche, der Felsoberfläche und die vermutliche Gründungssohle bestimmen. Diese Ergebnisse werden in einem abgewinkelten Querschnitt der Talsperre eingetragen (s. Abb. 344). Es werden ferner eine Anzahl senkrechter Schnitte im allgemeinen radial gelegt (1 bis 36 in der Abb.) und danach der Querschnitt für die Ausschachtung aufgetragen. Der Abstand der Querschnitte kann zu etwa 5 m angenommen werden. Das Maß b ist von der Breite a des Mauerfußes, t von der Höhe der Erldage abhängig. Die Fläche des Erdquerschnittes ergibt sich dann zu

$$F = \frac{(b + b + t) t}{2}.$$

Die Aufrechnung der Erdmassen geschieht zweckmäßig in tabellartiger Form nach Tab. 85

Abb. 85. Kopf für die Erdmassenberechnung.

Nr. der Schnitte	b m	t m	$F = \frac{(b + b + t) t}{2}$ qm	$\frac{F_n + F_{n+1}}{2}$ qm	J cbm	Bemerkungen

Der Abstand zwischen F_n u. F_{n+1} ist = 5,0 m, $b = a + 1,00$, $c = a + 1,00$ t. Zu der Hauptmasse des Erdaushubes tritt noch der Aushub für den Überlauf an der Kaskade usw. Die Berechnung geschieht nach dem Körperinhalt.

Die Ermittlung des Felsaushubes erfolgt am besten auf Grund wagerechter Schnitte, um eine Übereinstimmung mit der Berechnung der Mauermassen herbeizuführen. Diese Schnitte werden in 1,0 m Höhenabstand gelegt. (Abb. 344). Daher ist l , die

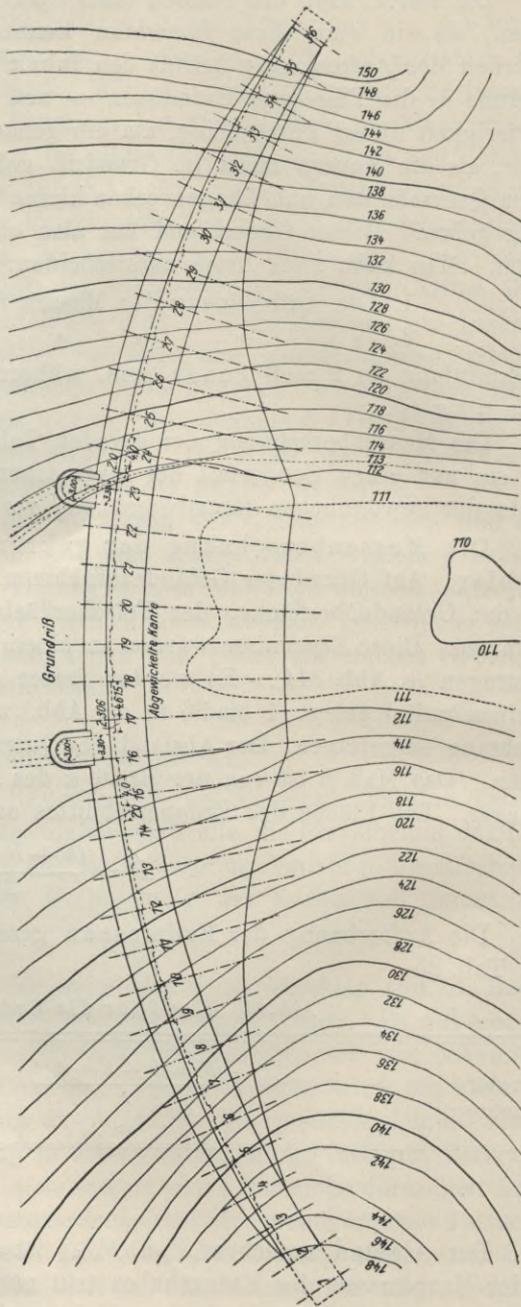
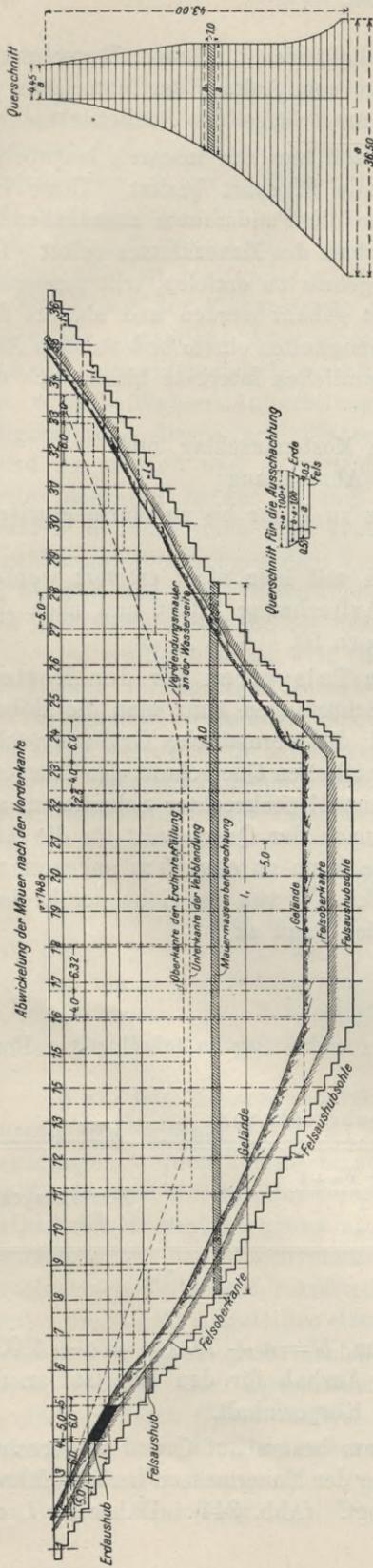


Abb. 344. Die Massenberechnung der gekrümmten Talperrn für den Kostenanschlag.

wagerechte Länge der Felslamelle, ein wechselndes Maß, etwa von 1 bis 3,5 m je nach der Böschung des Hanges und der notwendigen Eingriffstiefe t_1 in den Fels, die z. B. beim Solinger Talsperrenbau zwischen 2,50 m an den Hängen und 3,50 m in der Talsohle schwankte.

Der Felsaushub J berechnet sich auf Grund dieser wagerechten Schnitte nach $J = l \cdot a \cdot t_1$ (l = Länge der Felslamelle).

Für die Massenzusammenstellung kann der folgende Kopf benutzt werden.

Kopf der Felsmassenberechnung.

Nr. der Absätze	l	a	J	Bemerkungen

Zu dem Felsaushub der Gründungssohle kommt noch solcher für Überlauf, Kaskade usw. hinzu.

Die Aufrechnung der Mauermassen geschieht nach dem gleichen Vorgange wie eben beschrieben aus wagerechten Lamellen (s. Abb. 344). Es ergibt sich der Inhalt J einer Lamelle zu

$$J = l_1 \frac{(a + a_1)}{2} \cdot 1,0$$

worin a und a_1 die Breiten der Mauer für die betreffende Lamelle und l_1 die Länge der Lamelle bedeutet. Die Summe des Lamelleninhalts ergibt den Gesamtmauerinhalt der Talsperre. Für die Zusammenstellung kann der nachstehende Kopf benutzt werden.

Kopf der Mauermassenberechnung.

Nr. der Lamelle	Länge der Lamelle (aus der Zeichnung zu entnehmen)	Querschnitt (mittlere Breite \times 1)	Inhalt	Bemerkung
				Höhe der Lamellen = 1,0 m

Bei der Berechnung der Mauerwerksmassen aus lotrechten Querschnitten kann man Schnitte zugrunde legen, die senkrecht zur Sehne des Bogens in etwa 10 bis 20 m Entfernung stehen. Ihre Flächen werden aus den radialen Schnitten berechnet, entsprechend der jeweiligen Lage des zur Sehne senkrechten Schnittes zu der radialen Richtung. Die Flächen von je 2 Schnitten werden gemittelt und der Inhalt des zwischenliegenden Mauerstückes durch Multiplikation ihres Abstandes mit der gemittelten Fläche gewonnen.

Zu der Hauptmasse des Mauerwerkes in der Sperrmauer selbst tritt noch der Körperraum der vorgekragten Gewölbe, Pfeiler, Schiebehäuser, Zuleitungsstollen, Einsteigeschächte, Überlauf, Kaskaden usw.

In einfacher Weise berechnen sich bei Einteilung der Flächen in Streifen von 1,0 m Höhe nach Maßgabe des Mauerquerschnittes und der abgewickelten Länge die Flächen eines etwaigen Putzes an der Wasserseite, des Fugenputzes an der Luftseite, der Verblendmauer an der Wasserseite (Abb. 344) u. a. m.

Für die vorläufige Ermittlung des Mauerinhaltes der Staumauern z. B. als Grundlage für überschlägliche Kostenschätzungen hat Rehbock folgende Näherungsformel angegeben ¹⁾:

$$V = \frac{(t + g)^2}{V_{y_0}} \cdot \left\{ 0,08 \cdot b + 0,44 b' + e \right\} + t \cdot b \cdot 1.$$

Hierin bedeutet: (s. Abb. 345)

V = Mauerwerksinhalt der Talsperre in cbm;

t = größte Wassertiefe im Staubecken beim höchsten vorkommenden Wasserstand in m;

b = Talbreite in Höhe des höchsten vorkommenden Wasserstandes, gradlinig gemessen, in m;

b' = Talbreite in Höhe $\frac{t}{5}$ über dem Talgrund, gradlinig gemessen, in m;

g = Gründungstiefe der Mauer im Talgrund in m;

e = mittlere Einbindungstiefe der Mauer in die Talhänge, wagrecht gemessen, in m;

y_0 = Raumgewicht des Mauerwerks in t/cbm.

Die Formel ist für große Staumauern und mäßige Gründungs- und Einbindungstiefen von nicht über 8 m und für im Grundriß mit dem Krümmungshalbmesser $R = b$

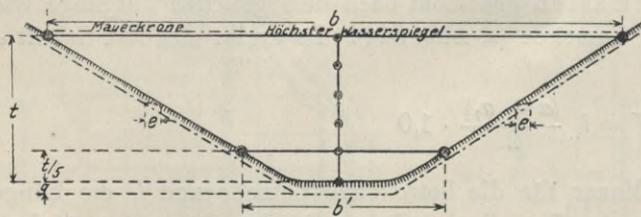


Abb. 345. Überschlägliche Ermittlung des Mauerinhaltes der Sperrmauern.

gebogene Staumauern aufgestellt. Eine besondere Schutzschicht von Mauerwerk vor dem Verputz an der Wasserseite wurde nicht angenommen. Dagegen sind in dem Wert V auch die für die Überläufe und Entnahmeverrichtungen erforderlichen Mauerwerksmengen

mit enthalten. Bei Feststellung des der Formel zugrunde gelegten Mauerquerschnittes wurde von der Forderung der Annahme klaffender, unter Wasserdruck stehender Fugen abgesehen. Sollen solche unter dem vollen Wasserdruck stehende Fugen berücksichtigt werden, so erhöht sich der Mauerinhalt V um etwa 10 v. H.

Für allgemeine Entwürfe genügt es meistens, wenn die Talbreite b in Höhe des höchsten Wasserspiegels aus den Meßtischblättern 1 : 25000 entnommen wird, da kleine Abweichungen in der Größe des Wertes b nicht allzustark ins Gewicht fallen. Bei der Talbreite b' in $\frac{1}{5}$ der größten Stauhöhe über dem Talgrund würden Fehler dagegen einen erheblich stärkeren Einfluß auf das Ergebnis ausüben. Es ist daher bei diesem Wert auch bei allgemeinen Vergleichsentwürfen eine Nachprüfung zu empfehlen, die sich bei der Kürze und der geringen Höhenlage der zu messenden Linie über dem Talgrund meist auch viel schneller und leichter ausführen läßt, als die Bestimmung der Länge b , bei der die Hänge bis zur fünffachen Höhe vermessen werden müßten.

Für allgemeine Entwürfe wird die Größe der Werte g und e meist nicht feststehen, da die zur zuverlässigen Bestimmung dieser Werte erforderlichen umfangreichen Schürfungsarbeiten kostspielig und zeitraubend sind. Für diese Werte müssen daher bei Verwendung der Näherungsformel Schätzungen vorgenommen werden, für welche der Augenschein vielfach gute Anhaltspunkte liefert.

¹⁾ Schweizerische Wasserwirtschaft 25. 9. 1911, Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1911, S. 1189.

Die Massenberechnung für die Abrechnung. Das vorher beschriebene Verfahren ist im allgemeinen für die Kostenabrechnung nicht genau genug; denn die rechtwinkligen Einschnitte an den Hängen sind in solcher Regelmäßigkeit nicht vorhanden, wie vorstehend angenommen. Für die Abrechnung ist aber eine volle Genauigkeit nach der wirklichen Ausführung nötig, weil davon die Bezahlung an den Unternehmer abhängt. Man kann für die Abrechnung folgende Rechnungsverfahren einschlagen.

Berechnung des Baugruben- und Mauerwerksinhaltes gekrümmter Tal-sperren aus senkrechten Schnitten. Der Mauerkörper einer bogenförmigen Tal-sperre ist ein Umdrehungskörper, entstanden durch Rotation des Mauerquerschnittes um eine im Mittelpunkt des Kreisbogens errichtete lotrechte Achse. Der Inhalt J eines solchen Umdrehungskörpers ist nach der Guldin-schen Regel gleich dem Produkte aus dem Inhalt F der Fläche und dem Wege s ihres Schwerpunktes, vorausgesetzt, daß die $J = F \cdot s$ erzeugende Fläche auf einer Seite der Achse liegt. Das letztere ist der Fall und der Mauerinhalt würde sich hiernach theoretisch genau berechnen lassen, wenn der Querschnitt der Tal-sperre gleichbleibend und somit die Lage des Schwerpunktes in der ganzen Länge einheitlich wäre. Dieses würde der Fall sein, wenn die Gründungssohle eine ebene Fläche und die beider-seitigen Hänge aus lotrechten Wänden gebildet würden. In Wirklichkeit ist aber schon in der Talsohle das Mauerprofil nicht vollkommen gleichbleibend; hier immerhin aber doch innerhalb gewisser Grenzen und man wird daher bei breiten Tälern mit Vorteil von dieser Berechnungsart Gebrauch machen können. An den steigenden Hängen aber wechselt der Mauer-querschnitt ständig; also auch die Lage des Schwer-punktes und dieser wird um den Mittelpunkt der Sperrmauer nicht mehr im konzentrischen Kreise sich bewegen, wie es bei gleich-bleibendem Profil der Fall wäre.

Doch hat man von diesem Rechnungsverfahren bei gekrümmter Mauer zur Be-stimmung des Mauerinhaltes für den Kostenanschlag wie für die Abrechnung vielfach Gebrauch gemacht, wobei man gewisse Annahmen zugrunde legte, um den Gang des Verfahrens zu vereinfachen. Man steckt zur Bestimmung der Rauminhalte Querschnitte über die Geländefläche der herzustellenden Sperrmauer ab. Diese Schnitte erhalten eine radiale Lage. Ihr Abstand voneinander auf der Tangente in einem beliebigen, jedoch zweckmäßig möglichst in der Mitte des Tales belegen Punkte eines meist ebenfalls beliebig gewählten konzentrischen Kreises beträgt etwa 5 m. Es sind dies die ent-sprechenden Schnitte, wie sie für die Absteckung gelegt werden s. Abb. 315 auf S. 522. Indem man in diesen Profilen zunächst die ursprüngliche Geländesohle, dann nach Beseitigung des Erd- und Geröllbodens die Oberkante des Felsens und schließlich die in den Felsen eingesprengte endgültige Fels- und Gründungssohle einmißt, ein-nivelliert und zeichnerisch aufrägt, hat man die äußeren Grundlagen der Berechnung festgelegt, aus denen sich in den einzelnen Querschnitten die jeweilige Fläche des Erd-

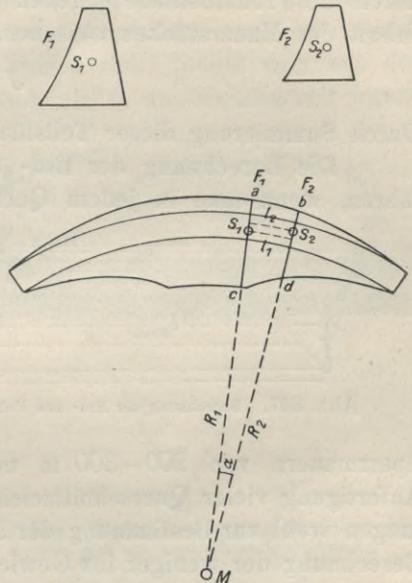


Abb. 346. Massenberechnung des Mauerwerks der Sperrmauern aus senkrechten Querschnitten.

bodens, des Felsens und — nach Eintragung des Mauerquerschnittes — der Mauerfläche ausrechnen läßt. Die Berechnung des Mauerinhalts ist am wichtigsten, weil die Mauermaße bei den Kostenaufstellungen am meisten ins Gewicht fällt. Man berechnet hierfür in jedem Mauerquerschnitt die Fläche und den Schwerpunkt — letzteren graphisch —. Das weitere gestaltet sich wie folgt:

Es seien F_1 und F_2 (Abb. 346) die Flächen zweier nebeneinander liegender Querschnitte, S_1 und S_2 ihre Schwerpunkte, die auf einem Halbmesser R_1 und R_2 liegen, der durch die zeichnerische Ermittlung des Schwerpunktes gegeben ist. Für die Rotationsbewegung des Schwerpunktes legt man dann einen mittleren Weg zugrunde und setzt dafür $\frac{l_1 + l_2}{2}$, wobei l_1 und l_2 als Bogenlängen aus den Radien R_1 und R_2 und dem durch die Profilabstände gegebenen Winkel α zu berechnen sind. Dann findet man den Inhalt des Mauerstückes zwischen den lotrechten Schnittflächen $a c$ und $b d$ zu

$$J = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot \frac{l_1 + l_2}{2}.$$

Durch Summierung dieser Teilstücke gelangt man zum Gesamtmauerinhalt.

Die Berechnung der Erd- und Felsmassen kann man in gleicher Weise durchführen, wenn man in jedem Querschnitt die Erdbodenfläche, die Felsfläche und die dazu gehörigen Schwerpunkte S bestimmt (Abb. 347).

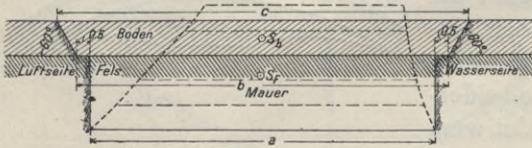


Abb. 347. Berechnung der Erd- und Felsmassen.

Die Bestimmung von je drei Schwerpunkten in jedem Schnitt, die in je 5 m Entfernung, aber in stark wechselndem Gelände noch öfter gelegt werden müssen, ist bei der erheblichen Länge der

Sperrmauern von 200—300 m und mehr eine umständliche Arbeit und verlangt die Anfertigung vieler Querschnittzeichnungen. Während man diese zeichnerischen Ermittlungen wohl zur Bestimmung der Mauermassen durchgeführt hat, begnügt man sich zur Berechnung der weniger ins Gewicht fallenden Erd- und Felsmassen mit vereinfachenden Annahmen und legt einen mittleren Kreisbogen, etwa den Halbmesser der Talsperre in Kronenhöhe, zugrunde. Immerhin ist dies Willkür, da hierbei die Abrechnung bei Ausführung durch Unternehmer leicht zur Schädigung der einen oder anderen Partei und Meinungsverschiedenheiten führen kann.

Diese Anwendung der Guldinschen Regel hat unter den obwaltenden Umständen, wie dargetan, nur den Wert einer gewissen Annäherung, wenn zwar dieses Verfahren für die Massenberechnungen des Kostenanschlages neben den oben angegebenen Arten vollkommen ausreichend erscheint. Es ist überdies ein mühsames Verfahren, das an einer Unübersichtlichkeit leidet, die die Rechnung für jemand, der mathematisch weniger vorgebildet ist, leicht unverständlich macht. Es ist daher für die Abrechnung der Bauausführung weniger geeignet. Bedeutende Unterschiede in den Aufstellungen der Verwaltung und des Unternehmers pflegen hierbei vorzukommen und zu langwierigen Verhandlungen Anlaß zu geben, die dann in Vereinbarungen ihren Abschluß finden.

Berechnung aus wagerechten Schnitten nach Maßgabe der Bauausführung. Leichter und für jedermann zweifelsfrei verständlich läßt sich der Mauerwerksinhalt einer bogenförmigen Talsperre bestimmen, wenn man die Schnitte nicht lotrecht, sondern wagerecht legt, also die Mauer in horizontale Lamellen teilt. Diese Schnitte legt man zweckmäßig in Höhenabständen von 1,0 m (vergl. Abb. 344). Es

sei ACA_1 und B_1C_1B ein solcher Horizontalschnitt (Abb. 348). Die Festlegung der Größe der Schnittfläche muß während des Baues jeweilig mit der fortschreitenden Mauer erfolgen und geschieht zweckmäßig folgendermaßen unter Zuhilfenahme des Theodolithen. In Höhe der jeweilig fertigen Maueroberfläche werden die Linien A_1-A und B_1-B nach dem sichtbaren Mittelpunkt der Mauer M durchgeflichtet. Diese Sichtbarkeit wird meist vorhanden sein, sie kann noch erhöht werden durch Aufrichten einer hohen lotrechten Stange im Bogenmittelpunkt. Der Winkel α in M wird mittels Theodolith gemessen. Die Halbmesser der Bögen AB und A_1B_1 sind durch die bei Absteckung der grundlegenden Achsen genau festgelegte Lage der Mauer im Gelände und durch den Mauerquerschnitt für jede Höhe gegeben. Die Fläche $A A_1 B_1 B$ läßt sich also als Unterschied zweier Kreisabschnitte genau berechnen. Die Endstücke $AC A_1$ und $BC_1 B_1$ sind die Anschlüsse an den Fels, sie werden durch Flächenaufnahme nach üblichen und bekannten Verfahren von den Standlinien AA_1 und BB_1 bestimmt. Diese Endflächen lassen sich, indem man mit den Radien AA_1 und BB_1 soweit an die Hänge herangeht, als es die Sichtbarkeit irgend gestattet, auf wenige Quadratmeter beschränken, während die mathematisch genau zu berechnende Fläche $A A_1 B_1 B$ der bei weitem ausschlaggebende Teil ist. Es sei noch bemerkt, daß es durchaus vorteilhaft ist, die Stücke $A_1 B_1$ und AB , die man z. B. für die Ermittlung der äußeren sichtbaren Flächen der Talsperren braucht, durch Winkelmessung und Berechnung festzulegen, anstatt durch unmittelbare Messung auf der Mauer. Letztere ist zwar möglich; allein bei den vielen Unebenheiten und Absätzen, welche die Maueroberfläche in der Zeit der Ausführung stets aufweist und bei einem flotten Mauerbetriebe, in dem die Mauer mit vielen Maurern, Gleisen usw. stark besetzt ist, ist diese Messung umständlich und wird leicht ungenau. Die Mauer-
 masse bestimmt sich nun aus dem Produkt des Mittels zweier angrenzenden Horizontalschnitte und ihres Höhenanstandes (1,0 m).

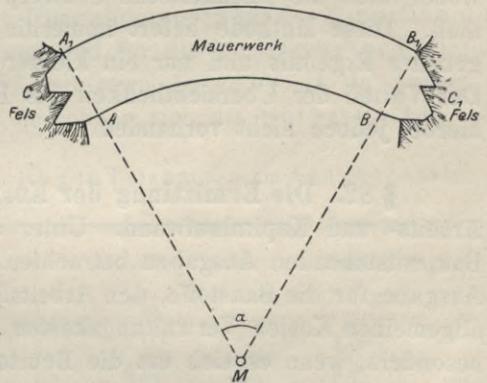


Abb. 348. Massenberechnung des Mauerwerks der Sperrmauern aus wagerechten Querschnitten.

Diese Rechnungsweise, die der Verfasser zuerst für die Abrechnung der großen Solinger Talsperre anwandte, läßt sich nur für die Bestimmung der Mauermassen durchführen. Die Feld- und Erdmassen werden auch hier, zweckmäßig aus senkrechten Querschnitten, wie früher angedeutet, ermittelt. Bei den geringeren Einheitskosten und verhältnismäßig kleinen Massen sind hier näherungsweise Rechnungsarten schon mehr am Platze. Und diese erscheinen auch für die Massenberechnung von Erddämmen zutreffend.

Voraussetzung dieses Verfahrens der Aufrechnung der Massen aus wagerechten Schnitten, ist, daß die Aufnahme der Horizontalschnitte der Mauerausführung unmittelbar folgt. Diese Meßarbeit ist keineswegs zeitraubend und jedesmal in einigen Stunden zu erledigen. Sie wiederholt sich, je nach der Schnelligkeit des Baubetriebes in 8—14 Tagen, und gegenseitige Anerkennung der Aufnahmen bietet während der Ausführung den nicht zu unterschätzenden Vorteil, daß man die Möglichkeit hat, sich in jedem Augenblick schnell klar zu werden über die geleistete Mauer-
 masse. Durch Vergleich mit der Massenberechnung des Anschlags hat man volle Klarheit und Übersichtlichkeit über den

finanziellen Stand des Baues und ein etwaiges Mehr oder Minder gegenüber dem Anschlag, da bei dem Bau einer Talsperre der Aufwand für den Mauerkörper den ausschlaggebenden Teil der Gesamtkosten bildet. Außerdem ist dieses Verfahren unabhängig von den im Gelände abgesteckten Querschnitten. Das ist eine besondere Annehmlichkeit; denn die Festlegung dieser Querschnitte an den zum Teil steilen Hängen ist beschwerlich, und Ungenauigkeiten laufen hierbei bald unter, zumal diese Arbeit oft stückweise gemacht, die Verpfählung im Laufe der Bauausführung leicht zerstört wird und immer wieder erneuert werden muß. Wenn im anderen Falle der Mittelpunkt festgelegt ist, so kann der hierdurch bestimmte Halbmesser ein für allemal benutzt werden und indem man von der große Genauigkeit bietenden Winkelmessung ausgeht, hat man die bestmöglichen Unterlagen, um hierauf die rechnerischen Ermittlungen aufzubauen.

Eine Vereinigung der vorbeschriebenen beiden Verfahren der Mauermassenberechnung besteht darin, daß man für den mittleren Teil der Sperrmauer und damit für den Hauptteil das System der Horizontallamellen anwendet und für die der Masse nach zurücktretenden Hanganschlüsse die Berechnung nach der Guldinschen Regel wählt, wobei dann die zeichnerische Schwerpunktsermittlung in diesen Endstücken stattfinden muß. Diese Methode liefert immerhin für den bei weitem größten mittleren Teil ein genaues Ergebnis und nur ein kleiner Teil unterliegt dem näherungsweise Verfahren. Der Vorteil der Übersichtlichkeit des Baustandes während der Zeit der Ausführung ist hierbei jedoch nicht vorhanden.

§ 82. Die Ermittlung der Kosten. Die Kosten sind allgemein ein Ergebnis aus Arbeits- und Kapitalkaufwand. Unter diesem Gesichtspunkt muß man auch die beim Bau entstehenden Ausgaben betrachten. Die Baukosten setzen sich zusammen aus der Ausgabe für die Baustoffe, den Arbeitslöhnen, den anteiligen Aufbrauch an Geräten und allgemeinen Kosten (Verwaltungskosten). Diese Entstehungsweise vermischt sich mitunter, besonders, wenn es sich um die Beurteilung von Preisen handelt, die nach Erfahrungssätzen aus ausgeführten Anlagen abgeleitet sind. Die Werte treten hier oft lediglich als Verkaufspreise in die Erscheinung. Klarer wird das Bild in einer genauen Ermittlung der Selbstkosten. Diese Erörterung deutet schon an, daß man bei der Baukostenberechnung zwei Arten unterscheiden kann: 1. den Anschlag der Verwaltung, der die Ausgaben zum Teil für die fertigen Stücke enthält, zum Teil ihre Zerlegung in Arbeits- und Materialkosten durchführt, aber im allgemeinen nicht ins Einzelne geht. Derartige Anschlagpreise gründen sich meist auf längere Erfahrungen über Kosten, die bei der Ausführung von Bauten gemacht sind. Bei der üblichen Ausführung durch Unternehmer ist auch der Unternehmergeinn darin eingeschlossen. Auf Grund dieser durch Voranschlag ermittelten voraussichtlichen Gestehungskosten eines Bauwerkes erfolgt dann die Geldbewilligung für die Bauausführung. Die wirklichen Kosten des Baues ergeben sich bei der Abrechnung. 2. Für den Unternehmer tritt die Kostenfrage vornehmlich auf bei Abgabe seines Angebotes auf die Ausführung einer Bauanlage anlässlich einer Ausschreibung oder einer besonderen Aufforderung seitens der Verwaltung. Auch er wird mit Erfahrungssätzen nach den Ergebnissen seiner früheren Bauausführungen arbeiten; immerhin wird er wesentlich mehr als die Behörde die jeweilige Marktlage berücksichtigen müssen. Der Unternehmer muß bei seinem Anschlag auf die Preise der Baustoffe und der Arbeitslöhne zurückgehen und seine gesamten Gestehungskosten weitgehend in ihre Einzelteile zerlegen. Wegen des regen Wettbewerbes muß die Aufstellung mit peinlicher Sorgfalt geschehen, und die abzugebenden Preise sollten

auf das genaueste berechnet werden. Bei den Baustoffkosten werden die steigende oder fallende Nachfrage und das Angebot, ferner die Förderkosten nach der etwa abgelegenen Baustelle ins Gewicht fallen. Die Preise des Marktes zur Zeit der Übernahme der Arbeiten sind oft anders als für die Ausführung, die vielleicht zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt erfolgt. Ebenso sind die Lohnpreise von der Lage der Baustelle nicht unabhängig. Es ist bei abgeschiedenen Talsperrenbaustellen auf das oft mangelhafte Angebot von Arbeitskräften bedacht zu nehmen; die Kosten der Arbeiteranwerbung und Unterbringung, gegebenenfalls die Sorge für die Verpflegung und die Löhne am Ort der Bauausführung sind zu erkunden. Von sehr weitgehendem Einfluß auf die Selbstkosten ist naturgemäß die Gestaltung des Baubetriebes, eine mehr oder minder geschickte Geschäftsführung beim Einkauf der Baustoffe und eine klare und sachgemäße Übersicht bei den Anordnungen auf der Baustelle. Das sind in Zahlen schwer wägbare Größen sie hängen zu sehr mit der Person zusammen. Daher die große Vorsicht der Unternehmungen in der Wahl der Betriebsleiter. Ferner sind zu berücksichtigen die Abnutzung der Geräte, allgemeine Verwaltungskosten, Verzinsung des in den Baubetriebsmitteln angelegten Kapitals, etwaige Hochwassergefahren, Wagnisse bei den Schwierigkeiten der Gründungen und der Dauer der Arbeit, Überwinterungen auf der Baustelle u. a. m. Der Zuschlag für alle diese Nebenaufwendungen und für die Verzinsung und Tilgung des im Baugerät aufgewandten Kapitals wird mit etwa 15—20 v. H. in Ansatz zu bringen sein¹⁾. Aus allen diesen Unterlagen berechnen sich die Selbstkosten. Zu

Tabelle 86. Einheitspreise vom Bau der Solinger Talsperren im Sengbachtale. 1900—1903.

Gegenstand	Anschlag	Ausführung	
	Mk.	Mk.	
1 cbm Bodenaushub in der Baugrube	2,00	1,50	} Liefere- rung der Materialien
1 cbm Felsaushub in der Baugrube	4,00	2,50	
1 cbm Bruchsteinmauerwerk in Traßmörtel	15,50	15,50	
1 cbm Beton	15—20 (je nach Mischung)	17,5—20,0	
1 cbm gewöhnliches Ziegelmauerwerk	25	30,2	
1 cbm Ziegelmauerwerk (Abmauerung)	45	42,2	

Tabelle 87. Angebotspreise vom Bau des Wasser- und Elektrizitätswerk der Stadt Solingen 1899.

Vorbecken 100000 cbm Stauinhalt. (Staudamm mit Betonkern).
Hauptbecken 3000000 cbm Stauinhalt. (Mauerhöhe 43 m).

Nr. des Angebots	Vorbecken	Sperrmauer	Stollen	Überfallweh in der Wupper	Ober- und Untergraben	Kraftwerk und Pumpstation (ohne maschinelle Ausrüstung)	Zusammen	Bemerkungen
I.	106 386,67	1225 000,00	26 691,50	96 499,92	70 911,24	155 167,65	1680 656,98	Die Ausführung wurde dem Anbieter zu I übertragen.
II.	156 873,22	1553 168,20	—	—	—	—	—	
III.	156 000,00	1421 000,00	34 000,00	—	—	195 000,00	—	
IV.	154 862,00	1341 000,00	26 296,00	88 463,95	88 279,00	183 881,00	1882 782,25	
V.	174 000,00	1176 500,00	30 000,00	130 000,00	105 000,00	202 273,00	1817 773,00	
Nach dem Kostenanschlage	135 285,00	1168 429,00	27 884,00	81 309,50	96 000,00	159 540,00	1668 447,50	

¹⁾ Erörterungen hierüber s. u. Technik und Wirtschaft, 1910, Juni-Heft S. 331; 1912, S. 761.

diesen kommt bei Abgabe des Preises in Ausschreibungen der notwendige Unternehmergewinn (Reingewinn). Es ist eine Entschädigung für die Arbeitskraft des Unternehmers und sein Wagnis und muß im Einzelfalle mit dazu beitragen, den Ausgleich zwischen Gewinn und Verlust bei den verschiedenen Unternehmungen herbeizuführen. Es ist das eine berechtigte Forderung. Gegenüber dem Wagnis, das ein Unternehmer eingeht bei unübersichtlichen neuen Bauarbeiten, besonders schwierigen und gefahrvollen Gründungen, gegenüber seiner aufreibenden und verantwortungsvollen Tätigkeit ist ein gewisser Reingewinn wirtschaftlich durchaus begründet. Allerdings muß dabei eine Grenze geboten erscheinen.

Es ist Aufgabe des bauenden Ingenieurs in der ausführenden Unternehmung, sich nicht nur die Selbstkosten in diesem weiteren Sinne zu vergegenwärtigen, sondern es muß in seinen Aufrechnungen auch das Verhältnis zwischen Selbstkosten und Verkaufspreis Beachtung finden. Denn der starke Wettbewerb wird oft nötigen, mit einem geringeren Gewinn abzuschließen und daher für den Bau niedrige Preise zu stellen.

Tabelle 88. Preise nach dem Ergebnis der Ausschreibung

Angebot	Gesamtsumme		Bodenaushub in der Baugrube	Felsausbruch in der Baugrube	Lehmanschüttung an der Wasserseite	Bruchsteinmauerwerk in Traßmörtel	Zulage zu Spalte 6 für die Ansichtflächen in Zementtraßmörtel	Ziegelmauerwerk in Zementtraßmörtel	Verbländmauerwerk an der Wasserseite in Zement-Traßmörtel (Zulage zu Spalte 6)	Beton in Zementtraßmörtel für die Abdichtung an der Wasserseite
	Mk.	Pf.	Mk./cbm	Mk./cbm	Mk./cbm	Mk./cbm	Mk./qm	Mk./cbm	Mk./cbm	Mk./cbm
I	515	676,00	2,5	5,0	2,5	22	4,50	30	20	26
II	485	630,20	2,2	4	3	20,10	2,5	33,6	24,0	25,65
III	425	888,30	3,1	5,8	7,00	15,6	3,8	31,5	22,5	24,3
IV	610	130,90	3,1	4,25	1,95	26,25	2,0	35,85	31,80	28,0
V	485	344,50	1,5	3	1,50	21,0	4	35	26	19
VI (Ausführungspreise)	410	574,00	2,0	4,5	3,00	16	1,5	32	20	25
VII	541	486,70	5	7	3	22,5	3	31,6	25,0	28
VIII	879	916,85	2,3	5,2	2,3	37,5	25	44,7	78,8	26,7
IX	475	973,05	1,85	2,5	2,3	21,2	0,3	29,00	22,7	19,10
X	445	892,10	1,1	1,8	3,00	19,8	0,6	36,5	20	27

Im Endergebnis sollten sich beide Anschläge, der der Verwaltung nach abgeleiteten Sätzen und der des Unternehmers nach besonderer Aufrechnung für ein gegebenes Bauobjekt eigentlich decken. Das ist aber meist nicht der Fall. Die Tabellen 86—88 lassen nicht nur erkennen, wie die in einer öffentlichen Ausschreibung entstandenen Unternehmerpreise von den Einheitssätzen des Kostenanschlages abweichen; sie zeigen auch die großen Unterschiede der von den Unternehmern abgegebenen Preise. Es sind die mannigfaltigsten Gründe, die die außerordentliche Verschiedenheit der Unternehmerpreise bedingen. Es soll hier den Grundlagen dieser Preisbildung bei öffentlichen Ausschreibungen und den dabei hervorgetretenen vielfachen Mißständen nicht nachgegangen werden. Erfahrungssätze und Erfahrung der Ingenieure, Mitteilungen aus den Angeboten, vor allem zutreffende Beurteilung der gesamten Sachlage werden der Verwaltung den Weg weisen müssen in der Beurteilung der Angemessenheit der Angebote. Die Methoden der Veranschlagung, die Beschaffung der Materialien unter möglichst

günstigen Bedingungen, die Wahrnehmung aller sonstigen Vorteile, um mit geringsten Selbstkosten den Bau auszuführen und die übernommenen Verpflichtungen zu erfüllen, sind in gewissem Grade eigene Sache der einzelnen Unternehmung im guten Sinne verstanden, derart, daß sie ihre Verpflichtungen in angemessener Weise erfüllt. Sie sind zum Teil als ihr Geschäftsgeheimnis anzusehen und niemand plaudert gern seine Art aus. Daher ist über diese Methoden der Veranschlagung im allgemeinen nicht viel bekannt. Ein Vorteil für den kommt dabei heraus, der das zutreffendste System der Selbstkostenberechnung besitzt. Er wird die beste Klarheit bei Abgabe seines Angebotes für sich haben.

Bei der Ausschreibung der Listertalsperre (erbaut 1909/11; rund 110000 cbm Mauerwerk) schwankten die Angebotspreise für die Gesamtanlage in runder Zahl zwischen 1479300 und 2464900 Mk. Der Kostenanschlag schloß mit 1546200 Mk. ab.

Was nun die wirtschaftliche Richtschnur für die an dem Bau beteiligten Ingenieure anbetrifft, so ist zu bemerken: wenn der Ingenieur der Verwaltung — der

der Talsperre der Stadt Nordhausen a./Harz.

Beton in Zementtraß- mörtel für die Fahr- bahndecke	Werksteine	Verputz an der Wasser- seite	Wasserschieber (Spindel)			Flachschieber		Flußeiserne Rohre	Gußeiserne Rohre	Bemerkungen
			Durchmesser 300 mm	Durchmesser 450 mm	Durchmesser 500 mm	Durchmesser 450 mm	Durchmesser 500 mm			
Mk./cbm	Mk./cbm	Mk./cbm	1 Stück	1 Stück	1 Stück	1 Stück	1 Stück	für 1 t	für 1 t	
30	130	4	300	600	650	100	120	600	400	In den Preisen sind enthalten die Lieferung aller Materialien, das Gewinnen der Steine in nahe gelegenen Brüchen, Vorhalten sämtlicher Geräte, Rüstungen, Gleisanlagen, Förderung der Materialien und alle sonstigen Nebenarbeiten.
27,5	150	3,3	600	900	1000	900	1000	400	400	
26,8	165	4,2	250	520	600	340	460	280	245	
30,85	250	2,9	600	1000	1050	800	800	550	690	
30	140	2	250	450	500	250	260	750	350	
30	145	3	350	600	750	500	550	750	400	
35	120	2,5	130	275	360	230	270	300	220	
42,2	270	3,35	400	680	780	650	680	500	350	
22	110	2,95	300	550	650	100	110	800	400	
33	90	2,7	270	480	550	500	570	750	300	

Bauleitende — gebunden ist durch die für den Bau bewilligte Geldsumme, die nicht überschritten werden darf, wenn unliebsame Weiterungen vermieden werden sollen, so sind für den bauausführenden Ingenieur — den Vertreter des Unternehmers — die aus den Ausschreibungsverfahren hervorgegangene Vertragssumme und die Einzelpreise maßgebend.

Die Ermittlung der Kosten einer Talsperre für den Anschlag der Verwaltung kann durch Kostenüberschläge oder Kostenanschläge geschehen. In beiden Fällen baut sich die Kostenermittlung auf der Massenberechnung auf. Das allgemeine Verfahren (Überschlag) geschieht meist auf der Grundlage von Skizzen, und es werden die roh ermittelten Massen multipliziert mit dem Preise für den fertigergestellten Gegenstand. Eine Zerlegung in die einzelnen Baustoffe, oder in Baustoffkosten und Arbeitslöhne findet hierbei nicht statt. Das genaue Verfahren (Anschlag) erfolgt auf der Grundlage von Entwurfszeichnungen, wobei in der Regel die Berechnung des Bedarfs an Einzelstoffen durchgeführt wird wie z. B. im Mauerwerk des Bedarfs

an Steinen und Mörtel und im Mörtel wiederum des Bedarfs an Sand, Kalk, Traß, Zement usw. Diese Veranschlagung trennt auch meist die Baustoffkosten von den Arbeitslöhnen. Die Eisenkonstruktionen werden stets nach dem Einheitsgewicht (kg) des fertig eingebauten Stückes veranschlagt. Dies Verfahren ist notwendig, wenn Arbeitsausführung und Lieferung der Baustoffe gesondert vergeben werden sollen. Bei vielen Talsperrenanschlügen hat man sich mit ersterer Art begnügt.

Sehr überschlägliche Kostenberechnungen nach der Rauminhalteinheit des Bauwerkes geschehen z. B. auf der Grundlage von 1 cbm Mauerwerk der Talsperre, wobei dann dieser Preis gilt einschließlich allen Nebenanlagen der Sperrmauer, wie Kaskaden, Betriebseinrichtungen, Schieberhäuser, Geländer usw. oder bezogen auf 1 cbm Stauinhalt der Talsperre. Anhaltspunkte für die Bemessung der Einheitssätze zu derartigen Aufstellungen finden sich im folgenden Paragraph.

Auf die Form der Kostenanschlüge soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Einigen Anhalt für ihren Aufbau bieten die nachstehend gegebenen Kostenaufstellungen ausgeführter neuer Talsperrenunternehmungen. Es sei nur bemerkt, daß hierbei meist die Zerlegung einer großen Gesamtanlage in die einzelnen Bauwerke und weiterhin die Aufteilung der einzelnen Bauwerke in die Hauptbestandteile stattfindet.

§ 83. Kostenangaben nach ausgeführten Anlagen. a) Einzelkosten. Wo man nicht bei den Verwaltungen aus früheren Ausführungen Einzelpreise für Veranschlagungen herleiten kann, mögen die nachstehend mitgeteilten Angaben einigen Anhalt bieten, wenn man auch nie außer Acht lassen sollte, daß der Einzelfall Bedingungen zu stellen pflegt, die Abweichungen von allgemeinen und Durchschnittspreisen notwendig herbeiführen. Um nicht eine Überfülle des Stoffes zu bringen, sind die Mitteilungen auf einige wenige Beispiele beschränkt, die mittlere Verhältnisse darstellen und somit für den vorliegenden Zweck einige praktische Bedeutung beanspruchen können. Die Angaben sind lediglich auf Talsperrenanlagen beschränkt. Ausführungskosten von Wasserkraftwerken und den sonstigen zugehörigen hydraulischen und elektrischen Anlagen finden sich in des Verfassers Schrift »Die Ausnutzung der Wasserkräfte« 2. Aufl. Leipzig 1908, S. 388 u. f. Vorweg mögen einige erläuternde Bemerkungen eingeschaltet werden.

Kosten des Fundamentaushubes. (Vergl. Tab. 86 u. 88.) Der Ausfall der Gründungsarbeiten ist unübersichtlich, und ihr Umfang nach Maßgabe der Schürfungen und Probegruben ist schwer zu berechnen. Man muß sich oft mit Schätzungen begnügen. Wo Überschreitungen bei Talsperrenbauten vorgekommen sind, sind sie meist auf unvorhergesehen entstandene Gründungskosten zurückzuführen. Diese Kosten können genau erst festgestellt werden, nachdem die Baugrube freigelegt ist. Man hat diese Erfahrungen bei den rheinisch-westfälischen Talsperren nicht minder wie bei den Vogesenweihern gemacht¹⁾. Auf diesen Umstand wird man bei der Veranschlagung Rücksicht nehmen müssen.

Die Kosten des Mauerwerkes. Die Kosten des Mauerwerkes setzen sich zusammen aus den Kosten der Baustoffe, den Arbeitslöhnen der Maurer usw. und den Nebenkosten. Die Baustoffe sind im Bruchsteinmauerwerk der Talsperren die Steine (Bruchsteine) und der Mörtel. Die Steine werden meist an Ort und Stelle gewonnen. Es kann dies im ganzen als eine Vorbedingung für die Wirtschaftlichkeit des Baues angesehen werden. Jedoch sind in vereinzelt Fällen Transporte etwa von 10—14 km vorgekommen (Urfttalsperre, Ennepe-, Möhne-Talsperre). Die Kosten der Steine setzen sich zusammen aus Bruchzins und Gewinnungslohn. Erster muß gezahlt werden, falls

¹⁾ Fecht, Bau des Stauweihers im Alfeld, S. 9.

der Grund und Boden nicht Eigentum des Bauherrn ist und dieser die Entnahmestellen unentgeltlich an den Unternehmer überläßt. In Nordhausen war das Gelände nur zum Teil im Besitz der Stadt, und das Recht zur Anlage der Steinbrüche mußte für den anderen Teil gegen Zahlung eines Bruchzinses von 0,75 Pfg. für 1 cbm erworben werden. Über die Kosten der Steingewinnung und des Transportes bis zur Baustelle sind in dem Abschnitt »Betrieb der Steinbrüche« (s. S. 463) Mitteilungen gemacht worden. Im allgemeinen kann man annehmen, daß die Gewinnungskosten 3,0 bis 5 Mk./cbm frei Baustelle betragen, wenn die Steine in ergiebigen Brüchen in der Nähe der Baustelle gewonnen werden können. Beim Bau der Barmer Talsperren bei Herbringhausen wurden die Bausteine aus städtischen Steinbrüchen etwa 4 km unterhalb der Baustelle durch Italiener in Stücklohn gebrochen. Die Gesteigungskosten betragen etwa 3 $\frac{1}{2}$ Mark für 1 cbm Stein an der Verwendungsstelle. Die Steine wurden mittels Dampfzufuhrbahn herbeigeschafft. Auf die dem Marktpreise und damit täglichen Schwankungen allzusehr unterworfenen Einzelpreise der Bindemittel und des Mörtels soll nicht eingegangen werden. Es mögen nur einige Beispiele aus neueren Ausführungen hervorgehoben werden. Die Mauerarbeiten werden seitens des Bauunternehmers im allgemeinen im Tagelohn ausgeführt. Der italienische Maurer, der hier meist Verwendung findet, liebt die Stücklohnarbeit nicht. Auch im Interesse des Bauherrn liegt die Tagelohnarbeit. Die Kosten sind naturgemäß von den Kosten der Tagelöhne und der Geschicklichkeit d. h. der Leistung abhängig. Erfahrungsmäßig hat bei dem Bruchsteinmauerwerk der Talsperren ein Maurer am Tage bei 11 Stunden Arbeitszeit im Mittel 2,2 cbm geleistet. 2,5 bis 2,6 cbm können als Höchstleistung bezeichnet werden. Auf der Grundlage eines Arbeitslohnes von 30—33 Pfg. für eine Stunde des ungelerten Arbeiters und von 38—42 Pfg. für eine Stunde Maurerlohn bei Herstellung des Mauerwerkes der Talsperren stellen sich die Kosten von Mörtel und Mauerwerk für deutsche Preisverhältnisse etwa wie folgt (Tab. 89—92):

Tabelle 89. Kosten des Traßmörtels.

(Rheinisch-westfälische Preisverhältnisse).

Mischung: 1 Kalkbrei + $\frac{1}{2}$ Traß + $1\frac{3}{4}$ Sand.

Es kosten etwa:

250 l Kalkbrei	1,50 Mk.
375 l Traßmehl	6,50 >
440 l Flußsand	2,64 >
1065 l	10,64 Mk.

Diese 1065 l Bindestoff ergeben 0,8 cbm Mörtel, also kostet 1 cbm Mörtelstoff $\frac{10,64}{0,8} = 13,30$ Mk.

Hierzu treten die Kosten des Mörtelmischens mit etwa 0,75 Mk./cbm und ein Zuschlag von 10 v. H. für Abnutzen der Geräte. Es kostet somit 1 cbm fertiger Mörtel $13,30 + 0,75 + 1,40 = 15,45$ (Selbstkosten).

Tabelle 90. Kosten des Zement-Traßmörtels.

(Schlesische Preisverhältnisse.)

Mischungsverhältnis: 1 Kalkbrei + $\frac{1}{2}$ Traßmehl + 3 Zement + 5 Sand.

Es kosten etwa

33 l Kalkbrei	0,33 Mk.
50 l Traßmehl	1,60 >
100 l Zement	4,10 >
500 l Sand (Grubensand, in der Nähe der Baustelle gewonnen)	1,00 >
683 l Mörtelstoff	7,03 Mk.

Diese 683 l Mörtelstoff ergeben 560 l Mörtel, so daß 1 cbm Mörtelstoff 12,55 Mk. kostet. Dazu für Mischen 0,75 und auf Geräteabnutzung und allgemeine Unkosten (10 v. H.) = 1,30 Mk. Es kostet also 1 cbm Mörtel $12,55 + 0,75 + 1,30 = 14,60$ Mk.

Tabelle 91. Kosten des Bruchsteinmauerwerks in Traßmörtel.

(Rheinisch-westfälische Preisverhältnisse.)

Vorausgesetzt ist ein Mörtelverbrauch von 42 v. H. einschl. Verluste im Baubetriebe.

0,42 cbm Traß-Kalk-Mörtel je 15,45	6,50 Mk.
1,25 „ Bruchsteine je 3,00	3,75 >
Maurerlohn für 1 cbm	2,00 >
Handlangerlohn für 1 cbm	1,00 >
Zuschlag für Abnutzung an Steinbruch- und Maurergeräten und allgemeine Unkosten	0,60 >
1 cbm Bruchsteinmauerwerk in Traßmörtel (Selbstkosten)	13,85 Mk.

Tabelle 92. Die Kosten des Mauerwerks in Zement-Traßmörtel bei 42 v. H. Mörtelverbrauch.

(Schlesische Preisverhältnisse).

0,42 cbm Zementtraßmörtel je 14,60 Mk.	6,13 Mk.
1,25 cbm Bruchsteine je 3,00	3,75 >
Maurerlohn für 1 cbm	2,50 >
Handlangerlohn für 1 cbm	1,00 >
Zuschlag für Abnutzung an Steinbruch- und Maurergeräten und allgemeine Unkosten	0,60 >
1 cbm Bruchsteinmauerwerk im Zementtraßmörtel (Selbstkosten)	13,98 Mk.

Die Tabelle 93 gibt eine Zusammenstellung der Kosten für 1 cbm fertiges Talsperrenmauerwerk bei neueren Ausführungen, während in Tabelle 86 u. 88 einige der wesentlichsten Preise aus der Bauausführung der Solinger und Nordhauser Talsperren mitgeteilt sind.

b) Gesamtkosten. Es ist schon an anderer Stelle (s. S. 85 u. f.) darauf hingewiesen worden, daß die Kosten der Wasseraufspeicherungen beeinflußt werden von der Gunst oder Ungunst der örtlichen Verhältnisse. Große Weiher pflegen, bezogen auf die Einheit des gestauten Wassers, billiger zu sein wie kleine Teiche. Auch die Gestaltung des abzusperrenden Tales kann von ausschlaggebender Bedeutung hierfür sein. Ebenso ist die wirtschaftliche Bebauung des Tales zu beachten. Viele unserer Täler, die sich sonst für Talsperrenanlagen gut eignen würden, werden diesem Zwecke entzogen, weil die Kosten des Unternehmens unwirtschaftlich werden würden, wenn man die Ansiedlungen ankaufen und die Bevölkerung und die Industrie zur Abwanderung veranlassen wollte. Bei einigen Unternehmern ist dies in bedeutendem Maße geschehen. Es hat das zu einer starken Belastung des Baufonds geführt. Es sei z. B. hervorgehoben die Möhne- und Waldeckertalsperre. Einigen Anhalt über die Kosten des Grunderwerbs gibt die nachstehende Tabelle 94.

Man kann im großen Durchschnitt auf den Grunderwerb etwa 20—22 v. H. der Gesamtkosten der Talsperre einschl. ihrer Nebenanlagen rechnen. Im übrigen vergleiche man auch die unten mitgeteilten Zusammenstellungen der Gesamtkosten.

Außerdem sind bei den neueren Talsperren durch Chausseeverlegungen und Nutzungsentschädigungen nicht unwesentlich Kosten entstanden. Weiterhin müssen oft Entschädigungen an Unterlieger für Wasserentziehung gezahlt werden. Zahlenangaben hierüber s. im Abschnitt »Ertragsberechnungen« § 85. Diese Frage tritt vornehmlich auf, wenn das Wasser aus seinem natürlichen Gerinne in ein anderes Abflußgebiet abgeleitet wird. Zeitweilige Schädigungen unterhalb liegender Triebwerke können überdies sich bemerkbar machen, wenn große Kraftwerke in Sammelteichen Aufstauungen vornehmen und diesen Vorrat dann in kurzer Zeit aufarbeiten. Kleinere Triebwerke können diesen plötzlichen Ansturm dann nicht bewältigen und müssen das Wasser ungenutzt abfließen

Tabelle 93. Kosten für 1 cbm Bruchstein-Talsperrenmauerwerk (Ausführungspreise).
Die Lieferung der Materialien ist, wo nichts anderes vermerkt, in den Preisen mit enthalten.

Talsperre	Steine	Mörtel	Vertragspreis für 1 cbm fertiges Mauerwerk einschl. Lieferung aller Materialien und Nebenarbeiten	Bemerkungen.
1. Haspe i./W.	Lenneschiefer (an der Baustelle gewonnen)	Traßmörtel 1 Kalk + 1½ Traß + 1¾ Sand	13,50	Der Sand kostete etwa 10—12 Mk./cbm frei Baustelle. Baustelle 8—9 km vom nächsten Bahnhof entfernt. Transport erfolgte zur Hälfte mit Wagen, zur Hälfte mit Zufuhrbahn.
2. Urfttalsperre	Grauwacke und Schiefer	wie vor.	16,00	Eine 11 km lange Zufuhrbahn, die rund 250 000 Mk. kostete, hatte der Unter- nehmer zu bauen.
3. Hennetal bei Meschede	wie vor.	wie vor.	13,90	Für 80 v. H. des Mauerwerks wurde für Waschen der Steine ein Zuschlag von 0,50 Mk./cbm gezahlt.
4. Ennepe	wie vor.	wie vor.	13,90	Eine 8 km lange Zufuhrbahn mußte ohne besondere Vergütung gebaut werden. Felsausbruch kost. 3,15 Mk./cbm. Bodenaushub „ 1,85 „ Für Wasserhaltung u. Rüstungen wurde eine Pauschalsumme rd. 40 000 Mk. gezahlt.
5. Marklissa	Gneis, an der Baustelle ge- wonnen.	Zement-Traß- mörtel s. S. 196	16,05	3 km lange Zufuhrbahn. Der Sand wurde aus einer von der Baustelle 3 km entfernten Grube gewonnen und mußte gewaschen werden.
6. Solingen	Grauwacke und Schiefer (an der Baustelle ge- wonnen)	Traßmörtel Mischung wie zu 1	15,50	4 km lange Zufuhrbahn, die der Unter- nehmer auf eigene Kosten zu bauen hatte.
7. Nordhausen	wie vor.	wie vor.	16,00	5 km Fahrt auf Chaussee vom nächsten Bahnhof, dann 2½ km lange Zufuhrbahn (Sache des Unter- nehmers).
8. Glörtal	wie vor.	wie vor.	13,00	
9. Möhne	wie vor.	1 Zement + 3 Kalkbrei + 5 Traß + 12 Sand	6,60	Die Mörtelstoffe und die Steine lieferte der Ruhrtalsperrenverein, den Kalk der Unternehmer. Außerdem wurde letzterem eine vollständige Betriebs- einrichtung der Baustelle unentgelt- lich zur Verfügung gestellt (s. S. 530).
10. Mauer		1 Zement + ½ Traß + ⅓ Kalk + 5 Sand	14,95	Es kosteten: Steine einschl. Reinigen, Mörtelberei- tung u. Arbeitslohn 10,45 Mk./cbm Mörtelstoffe 4,50 Mk./cbm Mauerwerk.
11. Lister	Lenneschiefer u. Grauwacke	1 Fettkalk + 1¼ Traß + 2¼ Sand	10,90	Die Mörtelstoffe, außer Fettkalk, wur- den von der Genossenschaft ge- liefert.

Tabelle 94.

Kosten des Grunderwerbs für Talsperren in Hundertsteln der Gesamtkosten.

Talsperre	Kosten des Grunderwerbs v. H. der Gesamtkosten	Bemerkungen
Eschbachtal (Remscheid) .	20	Gesamtkosten einschl. Nebenanlagen
Sengbachtal (Solingen)		einschl. eines 250 m breiten Landstreifens um das Gesamtbecken und Nebenanlagen.
Vorbecken	11	Es kostete im Durchschnitt:
Hauptbecken	25	1 ha Wiese 6300 Mk.
		1 » Ackerland 2100 »
		1 » Holzung am Berghang . 450 »
Tiefe Tal (Nordhausen) .	10	einschl. Nebenanlagen
Queistal bei Marklissa . .	22	» »
Möhnetal (Ruhrtalesperrenverein)		Die Gesamtkosten des Grunderwerbs haben 8,5 Mill. Mk. betragen.
Ennepetal	25	
Neyetal	39	

lassen, wenn nicht Ausgleichbecken eingeschaltet werden, die den regelmäßigen Tagesabfluß wieder herstellen.

Wenn bei dem Aufstauen in Sammelbecken landwirtschaftliche Wiesenbewässerung im unteren Tale zu berücksichtigen ist, so kann diese durch Abgabe von Wasser zu Zeiten, in denen die Anfeuchtung oder düngende Überflutung erfolgen muß, schadlos gehalten werden. Andernfalls wird die geringere Ertragsfähigkeit der weniger gut bewässerten Wiesen in Geldeswert ausgeglichen werden müssen. Die Schädigung einer Wasserkraft ergibt sich aus der Verminderung des Wasserabflusses und dem Rohgefälle des betreffenden Werkes. Dieser Schaden kann sich steigern, wenn infolge der Triebwasserverkleinerung die Gesamtanlage die Nutzbarkeit überhaupt verliert oder wenn zur Aufrechterhaltung der Betriebsfähigkeit eine Dampfaushilfe notwendig wird. Die Entschädigung wird in barem Gelde erfolgen können oder auch durch Abgabe elektrischer Kraft aus dem neugeschaffenen Werke. Der Wert einer Wasserkraft wird dabei oft in der allerdings nicht genau zutreffenden Weise bestimmt, daß man die Herstellungskosten für eine Dampfanlage von gleicher Leistungsfähigkeit ermittelt und die Aufwendungen berechnet, die nötig sein würden, um dieses Dampfwerk dauernd in Betrieb zu halten. Die Summe aus den Baukosten und den kapitalisierten unmittelbaren Betriebskosten der Dampfanlage ergibt dann den gesuchten Wert der betriebsfertigen Wasserkraftanlage.

Man ist in der Beseitigung vorhandener Nutzwerte heute nicht mehr so zurückhaltend, nachdem der aus den Wasserstauungen in Sammelbecken zu ziehende Nutzen aus praktischen Betriebsergebnissen sich klar ergeben hat. Einigen Anhalt geben die Gesamtkostenzusammenstellungen s. unten.

Bei Talsperren, die der Trinkwasserversorgung dienen, ist die Abräumung der Talsohle von allem Baum- und Strauchwuchs und Humusbestandteilen notwendig (s. S. 425 u. f.). Hierdurch entstehen meist erhebliche Kosten. Die Abräumungskosten für die Staubecken der Solinger Talsperre stellten sich auf 19 Pfg. für 1 qm an den Hängen (Busch und kleine Bäume) und 38 Pfg. für 1 qm in der Talsohle (Rasen-

beseitigung). Die gesamten Kosten für das kleinere Vorbecken betragen 11500 Mk., für die Hauptbecken

die Hänge	18 100 Mk.
die Talsohle	17 100 »
zusammen 35 200 Mk.	

Bei der Herbringhauser (Barmer) Talsperre hat das Abräumen in der Talsohle 22 Pfg. für 1 qm Grundfläche gekostet. Hierbei wurde im allgemeinen die Grasnarbe der Wiesen abgenommen und außerhalb des Beckens geschafft, während das Buschwerk an den Hängen abgeholzt, getrocknet und verbrannt wurde.

Die Herstellung der Rieselwiesen an der Solinger Talsperre hat bei 17000 qm Rieselfläche 6,60 Mk. für 1 qm (ohne Grunderwerb) gekostet. Die Reinigung des Wassers aus der Herbringhauser Talsperre erfolgt durch Sandfilter. Die Kosten für 1 qm Grundfläche der überdeckten Filter haben hier 152 bzw. 186 Mk., für 1 qm offene Vorfilteranlage 102 Mk. betragen.

Die Kosten der Vorarbeiten zu Talsperrenanlagen können nach den Bestimmungen der Gebührenordnung für Architekten und Ingenieure bestimmt werden.

Den ausschlaggebenden Teil der Gesamtkosten einer Sperrmauer bilden die Kosten für das Mauerwerk. Es waren z. B.

1.	2.	3.	4.
Talsperre	Kosten der Sperrmauer allein einschl. der Betriebseinrichtungen (ohne Grunderwerb und ohne Nebenanlagen wie Wegeverlegungen, Entschädigungen usw.) Mk.	Kosten der Hauptmauermassen Mk.	Kosten des Mauerwerks in Hundertsteln der Gesamtkosten Mk.
Nordhausen	480 000	340 000	72,5
Solingen	1 380 000	1 112 000	80,0

Vielfach interessiert es, die Gesamtkosten einer Talsperre in Beziehung zu setzen zu der Mauermaße der Sperrmauer. Man kann dann für Voranschläge nach Feststellung des Mauerinhaltes (cbm), die die Absperrung eines Tales erfordert, unmittelbar einen guten Anhalt für die Gesamtkosten gewinnen. Die nachstehende Tabelle 95, die der Verfasser aus ausgeführten Anlagen abgeleitet hat, gibt hierüber Aufschluß und ermöglicht einen Vergleich zwischen den Kosten der Mauern und Dämme (s. auch S. 342).

Wenn der in einem Talbecken zu gewinnende Stauraum ermittelt ist, so ist es möglich, für ganz überschlägliche Ermittlungen nach Kostensätzen für die Einheit des Beckeninhaltes (cbm) sich ein Bild der ungefähren Gesamtkosten zu ermöglichen. Einen Anhalt hierfür werden die Tabellen 1—7 auf S. 5 u. f. bieten.

Roloff berechnet aus den im Jahre 1910 vorhandenen 26 preußischen Staubecken mit zusammen 127 Mill. cbm Stauraum und 48,1 Mill. Mk. Herstellungskosten aus den Kosten für Grunderwerb, Stauwerk, Herrichtung des Geländes und insgesamt einen Einheitspreis von 0,29 Mk. für 1 cbm Stauraum. Ohne die sehr günstig gestaltete Urfttalsperre (0,09 Mk. für 1 cbm) ergeben sich 0,40 Mk./cbm. Aus sämtlichen gemauerten Sperren errechnet sich als Durchschnittspreis für 1 cbm Staukörper rund 26,4 Mark¹⁾.

¹⁾ Zeitschrift f. Bauwesen 1910, S. 555.

Tabelle 95. Kosten der Talsperren, einschl. aller Neben- und Betriebseinrichtungen, Rohrleitungen, Überläufe usw. aber ohne Grunderwerb, bezogen auf 1 cbm Mauerwerkinhalt der Talsperre selbst.

a) Sperrmauern.

Ort	Jahr der Erbauung	Mauerinhalt der Talsperre	Kosten für 1 cbm fertigen Mauerwerks (ohne Grunderwerb)	Bemerkungen
		cbm	Mk.	
Altenweiher	1886—88	10 300	25,2	Bau mit Gerüstkränen
Remscheid (alte Mauer)	1889—91	17 000	15,1	Grunderwerb, außerdem 108 000 Mk. d. h. 20 v. H. der Kosten der Anlage
Lauchenseeweiher (Vogesen)	1889—94	28 600	{ 30,8 (ohne luftseit. Erdmantel) 34,1 (mit Erdmantel)	Gerüstkranbetrieb
Kubel (Schweiz)	1900	9 450		25,6
Solingen	1900—03	62 550	22,1	{ Förderung der Mauer- materialien auf der Maueroberfläche (s. S. 493)
Nordhausen	1904—05	18 000	23,0	
Marklissa	1901—04	64 000	39,1	einschl. der Nebenanlagen
Mauer	1905—12	254 000	23,2	» » »

b) Dämme.

Ort	Jahr der Erbauung	Erdkörperinhalt	Kosten für 1 cbm fertiger Schüttung	Bemerkungen
		cbm	Mk.	
Schießbrodried (Damm)	1886—91	20 000 (Dammschüttung)	6,3	einschl. Mauerabdichtung an der Wasserseite, Dammhöhe 15 m s. S. 306.
Solingen (Staudamm mit Betonkern)	1900/01	16 400 (Erdschüttung)	5,9	einschl. der Mauerarbeiten für Durchlaß, Überfall pp. und einschl. 2300 cbm Beton im Kern. Dammhöhe 13 s. S. 314.
Heidewasser bei Herischdorf (Mit Tonkern s. S. 311)	1904—06	118 500	3,8	einschl. 5500 cbm Mauerwerk des Überfalls
Grüssau I u. II (Ziederbachtal). Mit Tonabdichtung s. S. 307.	1903—06	39 000	5,9	einschl. 3100 cbm Mauerwerk des Überfalls
Zackental bei Warmbrum (Mit Tonabdichtung s. S. 309)	1905—08	500 000	1,9	einschl. 13 000 cbm Mauerwerk des Überfalls
Mohretal bei Seitenberg (Mit Tonabdichtung)	1905—08	67 300	3,3	einschl. 5400 cbm Mauerwerk des Überfalls

Für die schlesischen mit niedrigen Erddämmen abgeschlossenen Hochwasserschutzbecken haben sich die Ausführungskosten im allgemeinen zu 0,23—0,27 Mk. für 1 cbm Stauraum ergeben. Nur bei den Stauweihern bei Grüssau im Ziederbachtal steigern sich die Kosten auf 0,44 Mk.

Für das Staubecken an der Radaune bei Danzig (3,4 Mill. cbm Fassungsraum) betragen die Kosten für den Grunderwerb 200000 Mk., für die wasserbaulichen Anlagen (Staudamm mit Tonkern s. S. 311) nebst den Hochbauten (Kraftgebäude) 850000 Mk., zusammen also für die Talsperre mit Nebenanlagen 1,050 Mill. Mk., so daß sich hierauf bezogen der Preis für 1 cbm Stauraum auf 0,31 Mk. stellt.

Eine Zusammenstellung der Gesamtkosten einiger neuerer Talsperrenanlagen nach der Ausführung und Abrechnung geben die Tab. 96 bis 99.

Tab. 96. Wasser- und Elektrizitätswerk Solingen. Die Kosten sämtlicher Bauten des Wasser- und Elektrizitätswerkes sind nach den Ergebnissen der Ausführung und Abrechnung wie folgt:

Nr.	Gegenstand	Mk.
1	Vorarbeiten, Entwurf, Bauleitung und Verzinsung des Baukapitals	285 200
2	Grunderwerb einschl. Ankauf des Wuppergefälles und Wegeverlegungen, Entschädigungen	419 700
3	Vorbecken von 100 000 cbm Stauinhalt mit Rieselwiesen, Filteranlage, Rohrleitungen einschl. der 350 mm Leitung nach dem Pumpwerk und mit Abräumung des Beckens	285 200
4	Die große Talsperre von 3 Mill. cbm Stauinhalt einschl. Abräumung des Talbeckens	1 415 000
5	Berieselungsanlage unterhalb der großen Talsperre	111 800
6	Stollen, Pumpbrunnen und Rohrleitungen von der großen Talsperre zum Kraftwerk	183 900
7	Wehranlage in der Wupper einschl. Einlaßschleuse	100 000
8	Betriebskanal vom Wehr zum Kraftwerk (Ober- und Unterwasser)	111 500
9	Kraftwerk:	
	a) Gebäude	167 000 Mk.
	b) Einführung des Oberwasserkanals, Spülkanal und Übergang in den Unterwasserkanal	35 500 >
	c) Turbinen, Pumpen, Rohrleitungen innerhalb des Gebäudes und Laufkran	182 400 >
10	Elektrizitätswerk (Maschinelle Ausrüstung einschl. Fernleitungs- u. Verteilungsnetz)	626 200
11	Steigleitung vom Kraftwerk nach dem Hochbehälter in Krahenhöhe	158 400
12	Dienstwohngebäude des Maschinenmeisters	16 800
13	Eiserne Brücke über den Betriebskanal bei Strohn	11 400
		4 110 000

Es stellen sich im einzelnen für das Hauptbecken allein die Preise wie folgt:

1. Grunderwerb (des Staubeckens einschl. Rieselwiesen)	485 000 Mk.
2. Mauer einschl. Betriebseinrichtungen	1 380 000 >
3. Abräumung des Beckens für Trinkwasserzwecke	35 000 >
	zusammen 1 900 000 Mk.

Für das Vorbecken kosten:

1. Grunderwerb	11 000 Mk.
2. Staudamm	98 000 >
3. Abräumung des Beckens für die Trinkwasserversorgung	11 500 >
	zusammen 120 500 Mk.

Es kostet demnach 1 cbm Stauinhalt $\frac{120\,500 \cdot 100}{100\,000} = 120$ Pfg.

Es tritt hier deutlich der Vorteil zutage, welchen unter sonst gleichen Umständen die Wasseraufspeicherung im großen gegenüber der Anlage kleiner Stauweiher bietet.

Tab. 97. Talsperre, Hochdruckleitung und Kraftwerk der Stadt Nordhausen a. H. Die Kosten für die Gesamtanlage der Talsperre von 770 000 cbm Stauinhalt mit rund 11 km langer Rohrleitung von 400 mm Durchmesser, das Elektrizitätswerk auf dem Geiersberge von 170 PS. Leistung und die Übertragung nach der Zentrale in Nordhausen auf 1,5 km Entfernung sind folgende:

I. Talsperre.	
1. Vorarbeiten	40 000 Mk.
2. Grunderwerb	148 800 >
3. Abfindung der Unterlieger für Wasserentziehung	41 000 >
4. Talsperre von 770 000 cbm Stauinhalt einschließlich Betriebs- einrichtungen	480 000 >
5. Wegeverlegungen	64 200 >
6. Für Abräumen des Staubeckens für Trinkwasserzwecke, Um- zäunung des Beckens, Anpflanzungen, Wasserumleitungen, des Trinkwassers während der Bauzeit, Bauleitung usw.	140 000 >
7. Sonstige Nebenanlagen.	91 000 >
zusammen Talsperre	1 005 000 Mk.
II. Hochdruckleitung von der Talsperre bis zum Kraft- werk einschließlich des Maschinenhauses	
Maschinelle Einrichtungen des Kraftwerkes einschließlich Fern- übertragung nach der Zentrale in der Stadt	410 000 > 50 000 >
	Insgesamt 1 465 000 Mk.

An Einnahmen ergaben sich 66600 Mk., so daß die Reinausgabe 1398400 Mk. beträgt. Die Kosten für 1 cbm Stauinhalt berechnen sich hiernach für die Talsperre ohne Grunderwerb und Nebenanlagen (aus Stelle 4) zu 0,61 Mk., einschließlich der Kosten der letzteren aus Stelle 1—7 zu 1,20 Mk.

Tabelle 98. Talsperre von Markklissa.
(Kosten nach der Ausführung)

Grunderwerb	700 000 Mk.
Sperrmauer	1 300 000 >
Umlaufstollen und Schächte	664 000 >
Nebenanlagen	536 000 >
insgesamt	3 200 000 Mk.

Auf die eigentliche Talsperrenanlage von 15 Mill. cbm Stauraum, ohne Grunderwerb, entfallen somit 2,5 Mill. Mk.

Tabelle 99. Talsperre von Mauer in Schlesien (50 Mill. cbm Stauraum).
(Kosten nach der Ausführung.)

Grunderwerb	2 400 000 Mk.
Talsperre	5 900 000 >
Elektrizitätswerk	8 200 000 >
Abfindung an den Staat (Ablösung der Wasserkraft)	2 000 000 >
zusammen	18 500 000 Mk.

Über Gesamtkosten vergl. auch die Tabellen 1 bis 7.

Über Kosten von gemauerten Talsperren mit aufgelöstem Querschnitt (Bögen und Pfeiler) und eisernen Konstruktionen finden sich in der Literatur nur selten Angaben, da nur wenige und kleine Anlagen dieser Art bestehen. Der Verfasser hat aus den Ergebnissen von Aufrechnungen bei Vorarbeiten zu Talsperrenauführungen Anlaß zu der Annahme, daß beide Konstruktionen nicht gerade billiger werden als volle Querschnitte. Oft bemüht man sich zwar, das entgegengesetzte Verhältnis herauszurechnen. Wenn man nur die Mauermassen bei sonst gleichen Baustoffen in Vergleich stellt und gleiche Ausführungskosten für die Raumeinheit annimmt, mag das aufgelöste Profil billiger erscheinen. Aber in Wirklichkeit wird man, worauf schon auf S. 337 hinge-

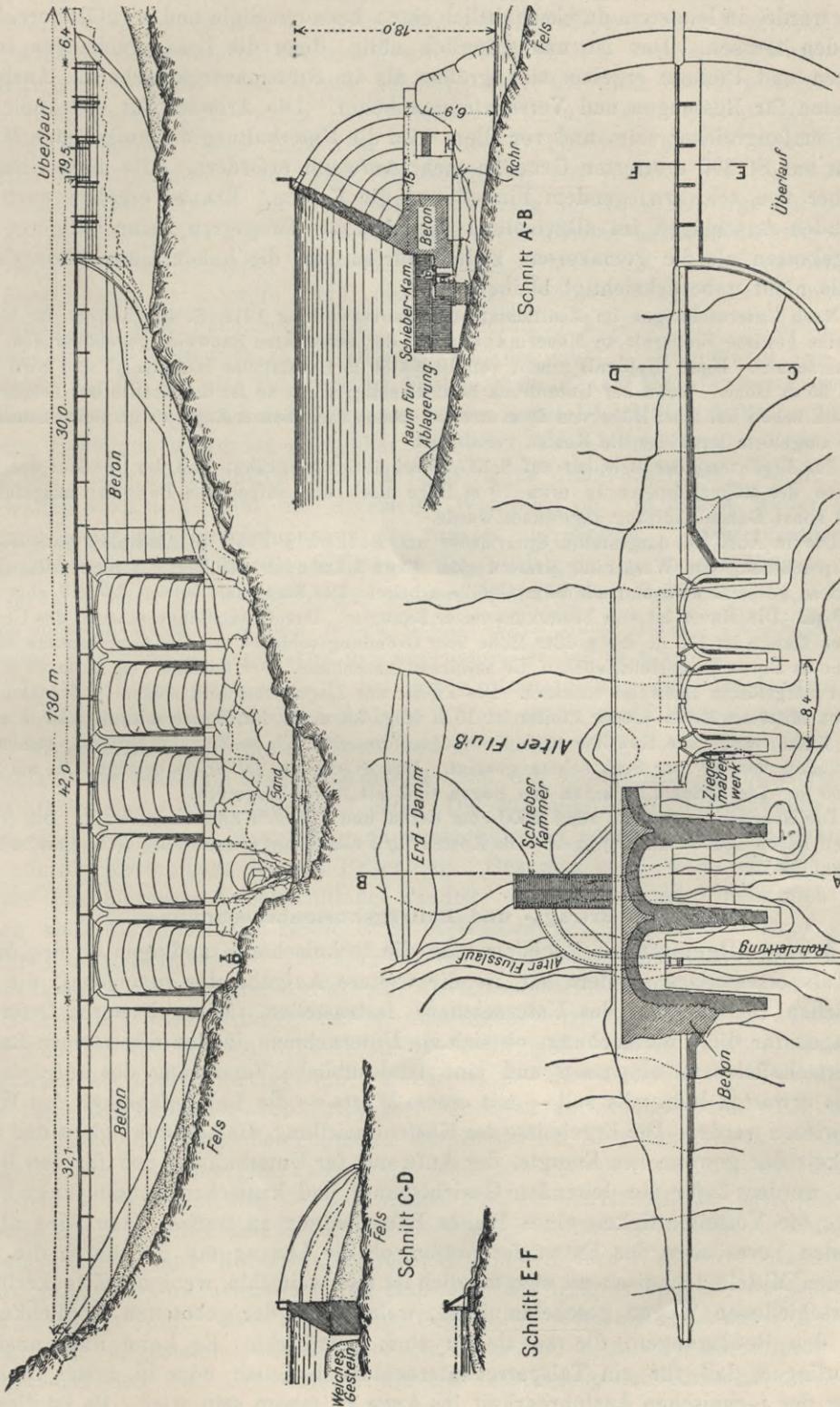


Abb. 349. Die Betula-Spermauer in Australien.

wiesen wurde, in letzterem durchschnittlich einen besseren Stein und sorgfältigere Arbeit verwenden müssen. Das ist unumgänglich nötig, denn die Beanspruchungen in den Gewölben und Pfeilern ergeben sich größer als im Stützmauerquerschnitt. Auch sind die Kosten für Rüstungen und Verschalungen höher. Die Arbeiten für die Abdichtung müssen umfangreicher sein, und vor allem wird die Unterhaltung der aufgelösten Mauern aus den auf S. 336 erörterten Gründen mehr Aufwand erfordern. Alle diese Umstände sind aber von schwerwiegendem Einfluß auf die Kosten. Ebenso ergeben nach vergleichenden Anschlägen im allgemeinen die eisernen Talsperren keine billigeren Ausführungskosten als die gemauerten, zudem dürfen hier die hohen Unterhaltungskosten ebenfalls nicht unberücksichtigt bleiben.

Nach Untersuchungen im Zentralblatt der Bauverwaltung 1912, S. 401 besteht für kleinere Höhen eine gewisse Ersparnis an Mauermassen bei der aufgelösten Bauweise gegenüber dem Stützmauerquerschnitt. Diese Ersparnis nimmt von 10 bis 30 m Gesamthöhe langsam ab und wird gleich Null bei 35 m Höhe. Wenn der Unterdruck berücksichtigt wird, so ist die Grenze der Ersparnis an Mauerwerk schon bei einer Höhe von 23 m erreicht. Auch nach diesem Ergebnis ist nicht anzunehmen, daß die aufgelöste Bauweise die Kosten vermindert.

Zur Ergänzung der Beispiele auf S. 337/38 sei übrigens erwähnt, daß der Überlauf der beiden Vorbecken der Mühnetalsperre in etwa 10 m Höhe nach der aufgelösten Bauweise ausgeführt ist, während sonst Dammschüttung angewandt wurde.

Die in Abb. 350 dargestellte Sperrmauer am Belubula-Fluß in Australien (N.S.W.) dient der Aufspeicherung von Wasser für Kraftzwecke. Etwa 1 km unterhalb liegt ein Kraftwerk, das aus dem Becken gespeist wird und mit 66 m Gefälle arbeitet. Der Stauinhalt beträgt 2,5 Mill. cbm in den oberen 5 m. Die Mauer ist von bemerkenswerter Bauweise. Ihre Gesamtlänge einschl. des Überlaufs am linken Hange ist 130 m, die größte Höhe über Gründungssohle 18 m. Die Grundmauern sind bis 7 m Höhe in Beton hergestellt, ebenso die seitlichen Anschlüsse. Der mittlere Teil ist in 42 m Länge nach der aufgelösten Bauweise errichtet. Die Pfeiler aus Ziegelmauerwerk stehen in Abständen von 8,4 m von Mitte zu Mitte. Jeder Pfeiler ist 15 m lang, 3,6 m an der Wasserseite und 1,5 m am talseitigen Ende stark. Die Gewölbe nach Korbformen, ebenfalls in Ziegelmauerwerk, stehen unter einem Winkel von 30° zur Senkrechten geneigt. Ihre Stärke an der Sohle beträgt 1,20, am oberen Ende 0,50 m. Die Zwickel zwischen den Bogen sind mit Beton ausgefüllt.

Die Sperrmauer enthält rund 4600 cbm Beton und 770 cbm Ziegelmauerwerk. Die Gesamtbaukosten haben 189000 Mk. betragen. Die Kosten für 1 cbm Mauermasse stellen sich somit im Durchschnitt auf 35 Mk.

III. Die Ertrags- und Beitragskostenberechnungen.

§ 84. Allgemeines. Nachdem man die technischen Grundlagen für den Ausbau einer Talsperrenanlage studiert hat, ist die weitere Aufgabe des Ingenieurs, die wirtschaftlichen Bedingungen des Unternehmens festzustellen. Diese letzteren liefern die Unterlagen für die Untersuchung, ob sich ein Unternehmen in den allgemeinen Rahmen des Wirtschaftslebens einpassen und eine landesübliche Verzinsung des aufgewandten Kapitals erwarten läßt. Es soll — mit einem Worte — die Lebensfähigkeit des Werkes nachgewiesen werden. Die Ergebnisse der Kostenermittlung, die Absatzfähigkeit und Preiswürdigkeit der gewonnenen Energie, der Aufwand für Unterhaltung und für den Betrieb u. a. m. werden dafür den leitenden Gesichtspunkt und kritischen Anhaltspunkt liefern, um über die Vorteilhaftigkeit eines Planes Entscheidung zu treffen. Man wird also bei den ersten Vorarbeiten des Entwurfes prüfen, ob die Lösung mit den durch die Natur gegebenen Mitteln technisch an sich möglich ist und weiterhin, wenn die Zweckerfüllung auf verschiedenen Wegen geschehen kann, welche von der gebotenen Möglichkeit am besten den Bedingungen, die zu stellen sind, entspricht. Es kann aber auch der Fall vorliegen, daß für ein Talsperrenunternehmen lediglich oder in erster Linie die Prüfung der technischen Ausführbarkeit ins Auge zu fassen sein wird. Es ist dies z. B.

der Fall bei den Fragen der Trinkwasserversorgung. Wenn man zwar bei der Trinkwasserversorgung von Städten und Gemeinden mittels Talsperren den Kostenpunkt nicht außer Acht gelassen hat, so war doch, wo es sich um die Existenzfrage und weitere Entwicklung blühender Gemeinwesen handelte, die Rentabilität gewiss nicht unter dem engen Gesichtspunkt der reinen gewerblichen Verzinsung des im Bau angewandten Kapitals zu suchen. Ganze Industrien und ihre Bevölkerung hängen von einer gesicherten Wasserzuführung ab. Die Preissteigerung des Wassers ist hier meist von nicht wesentlichem Einfluß auf die Produktionskosten der Gewerbszweige überhaupt — aber andererseits gehört das Wasser zu den vornehmlichsten Lebensbedingungen. Und die Praxis hat hier Beispiele geliefert. Es haben Städte mit weitschauendem Blick und Entschlossenheit schwere Geldlasten für die Sicherstellung ihrer Trinkwasserversorgung auf sich genommen. Der Stadt Solingen kosteten die Talsperren einschließlich Elektrizitätswerk rd. 4 Millionen Mk. bei einer Einwohnerzahl von 46000. Remscheid hat für die alte Talsperre im Eschbachtale 536000 Mk., für die Erweiterung der Wasserversorgung durch den Talsperrenbau im Neyetal 4,5 Millionen Mk. aufgewandt. Ähnliche Erwägungen werden gegenüber peinlichen Rentabilitätsberechnungen bei der Frage des Hochwasserschutzes durch Talsperren in den Vordergrund treten müssen. Hier walten Rücksichten auf die allgemeine Wohlfahrt ob. In diesem weiteren Sinne sind auch meist die Unternehmungen des Staates aufzufassen. Talsperrenanlagen für die Kanalspeisung oder für die Aufhöhung des Niedrigwassers in den Flüssen werden nach ihrem Nutzen unter allgemeinen staatswirtschaftlichen Gesichtspunkten beurteilt werden müssen, wenn zwar die neuen Bestrebungen auch darauf hinausgehen, zum mindesten eine gewisse Verzinsung des angelegten Geldes zu erzielen.

In der Regel aber — z. B. bei der Kraftausnutzung und der landwirtschaftlichen Bewässerung — wird die technische Untersuchung eines Planes engen Anschluß an die wirtschaftliche — an die Kosten und Rentabilitätsfrage — suchen müssen. Und bei Prüfung der letzteren Frage erscheinen dann die technischen Ausführungsmöglichkeiten oft in einem ganz anderen Lichte. Die wirtschaftlichen Aufrechnungen beeinflussen die Entscheidung bisweilen ganz wesentlich und geben oft den Ausschlag. Und nicht nur die Kostenfrage ist von Bedeutung. Das mag sein, wenn es sich lediglich um eine engumgrenzte Zweckerfüllung handelt. Gewöhnlich wird man nicht umhin können, auch die Kosten des Betriebes zu berücksichtigen, — also die Gestehungskosten des fertigen wirtschaftlichen Erzeugnisses ins Auge fassen müssen. Von Talsperrenunternehmen in gewöhnlicher Auffassung, als Einzelunternehmung einer Genossenschaft oder Gesellschaft, wird verlangt, daß sie unmittelbar wirtschaftliche Erträge liefern. Sie sollen nicht nur die landestübliche Verzinsung einbringen, sondern darüber hinaus einen Reingewinn als Unternehmergewinn. Daher ist bei der Ausarbeitung derartiger Entwürfe stets die Beifügung von Ertragsberechnungen notwendig. Man wird, nachdem man die Pläne und Kostenberechnungen aufgestellt hat, die Rentabilität an der Hand entsprechender Berechnungen nachweisen müssen. Sie sind wichtig, um den Fernstehenden — Nichtfachleuten — das Wesen und die wirtschaftliche Lage des Unternehmens sowie die Zweckmäßigkeit der Geldanlage und den erreichbaren Nutzen darzulegen. Kosten und Rentabilitätsberechnung bilden ferner die Grundlage für die Finanzierung des Unternehmens. Und man wird bei Untersuchungen von großem Umfange in letzter Linie volks- und weltwirtschaftliche Momente nicht außer Acht lassen dürfen. Die allgemeine Belebung der Industrie und Landwirtschaft durch geringe Produktionskosten wird nicht minder wie die Verbilligung der Förderkosten die Wett-

bewerbfähigkeit ganzer Industrien auf dem Weltmarkte und die Selbständigkeit eines Volkes gegenüber dem Auslande heben.

Es sollen im Folgenden die hierfür maßgebenden Gesichtspunkte erörtert werden.

§ 85. Die Aufstellung von Ertragsberechnungen. Die Grundlagen der Ertragsberechnung sind die Baukosten, die Betriebs- und Unterhaltungskosten im weiteren Sinne, und die aus dem Unternehmen zu gewinnenden wirtschaftlichen Werte. Aus diesen Größen lassen sich die Selbstkosten der Erzeugnisse für das Unternehmen bestimmen. Diese dürfen jedenfalls den landesüblichen, wirtschaftlichen Wert nicht überschreiten, wenn das Unternehmen vorteilhaft erscheinen soll. Liegen die Selbstkosten wesentlich darunter, so wird neben der auf dem gemeinhin geltenden Zinssatz beruhenden Deckung noch ein Überschuß verbleiben, der als Reingewinn bezeichnet wird. Er wird bei Unternehmungen als eine mehr oder minder hohe Dividende erscheinen, die dem Kapital zufällt oder sonst in einer Form als erhöhtes Entgelt für den Aufwand des Kapitals zutage tritt.

In allen Fällen wird man also nach Feststellung der Kosten durch einen Überschlag oder eine genauere Veranschlagung die jährlich für die Verzinsung, den Betrieb und die Unterhaltung aufzubringenden Gelder berechnen müssen. Die daraus hergeleiteten Kosten für die Einheit des gewonnenen Wertes werden im Vergleich mit sonstigen Ergebnissen aus anderen Betrieben erkennen lassen, ob die Selbstkosten niedrig genug erscheinen, um den Wettbewerb zu ermöglichen. Man kann aber auch den anderen Weg einschlagen: die Abgabe der Energie schätzen, einen mittleren Marktpreis annehmen, zu dem die Energie voraussichtlich abgesetzt werden kann und danach einen Überblick gewinnen, ob die zu erwartenden Einnahmen die veranschlagten Jahreskosten decken.

In den Ertragsberechnungen von Talsperrunternehmungen müssen demnach die folgenden Größen zahlenmäßig in die Erscheinung treten:

- I. Die Betriebsausgaben. Als solche sind in Ansatz zu bringen:
 1. Die Zinsen der Anlagekosten.
 2. Die Kosten der Tilgung.
 3. Der Betrag für Erneuerung des Bauwerks (Abschreibung).
 4. Die unmittelbaren Betriebskosten (Unterhaltung, Gehälter, allgemeine Verwaltungskosten, Löhne, Schmierstoffe).
 5. Die entsprechenden Kosten zu 1 bis 4 für eine etwaige Dampfaushilfe bei Talsperren für Kraftgewinn.
 6. Dauernde Lasten: Entschädigung für Wasserentziehung.
 7. Die Gebühren, Steuern oder sonstige allgemeine oder öffentliche Abgaben.
 8. Wasserschäden und Unfälle als außergewöhnliche Belastungen.

II. Das gewonnene wirtschaftliche Erzeugnis und zwar bei Talsperren für Kraftgewinnung.

1. Die Rohkraft aus Wassermenge und Gefälle.
2. Die mittlere und die geringste Krafterleistung.
3. Die Verluste in den Maschinen und in der Übertragung.
4. Die nutzbar abgegebene Kraft nach PS. oder KW. als Leistung des Werkes unter Berücksichtigung der jährlichen Betriebsstunden oder nach Jahres-PS.- oder Jahres-KW.-Stunden.

Nach Maßgabe des
Wasserwirtschafts-
planes.

In entsprechender Weise ist an der Hand des Wasserwirtschaftsplanes für Talsperren zur Trinkwasserversorgung, Landbewässerung oder Kanalspeisung die Menge des nutzbar gemachten Wassers zu bestimmen. Bei Talsperren zur Aufhöhung des Niedrigwassers für die Schifffahrt ist das gewonnene Produkt das Maß, um welches die Fahrtiefe vermehrt ist. Für Hochwasserschutzsperrren stellt sich der Gewinn in der Größe der Schadenverhütung dar.

III. Die Selbstkosten. Diese sind:

- | | | |
|---|---|------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Die reinen Selbstkosten auf Grund der Ergebnisse aus den Feststellungen nach I und II, bezogen auf die Nutzeinheit, z. B. Jahrespferdekraft, Pferdekraft- oder Kilowattstunde. 2. Die Selbstkosten bei etwaiger Zuhilfenahme eines Wärmekraftwerkes. 3. Zum Vergleich die Kosten einer reinen Wärmekraftanlage unter gleichen äußeren Verhältnissen. 4. Die Selbstkosten für 1 cbm gewonnenes Trink-, Bewässerungs- oder Kanalspeisungswasser. 5. Die Gesteungskosten der vermehrten Fahrtiefe in den Flüssen oder eines wirksamen Hochwasserschutzes. | } | Bei Talsperren für Kraftgewinnung. |
|---|---|------------------------------------|

IV. Die Einnahmen als das Produkt der Leistung des Unternehmens und des erzielbaren Marktpreises für die Einheit der gewonnenen Energie bzw. der nutzbar gemachten Wassermenge.

V. Der Reingewinn als Unterschied der Einnahmen und Ausgaben.

Zu der vorstehenden Aufstellung mögen einige Erläuterungen dienen.

In den Ertragsberechnungen unterscheidet man im allgemeinen zwischen mittelbaren (unveränderlichen) und unmittelbaren (veränderlichen) Betriebskosten. Zu jenen zählen die Zinsen, die Tilgung des Anlagekapitals und im gegebenen Falle die Erneuerungsrücklage sowie sonstige feststehende Ausgaben (Steuern, Gebühren u. a. m.). Zu den unmittelbaren Betriebskosten rechnet man den Aufwand für die bauliche Unterhaltung der Anlage, Gehälter und Löhne, Putz- und Schmierstoffe und Kohle bei den Dampfanlagen (Gas, Benzin usw.).

Hinsichtlich der Verzinsung des Anlagekapitals einschließlich der Grunderwerbskosten muß man sich vergegenwärtigen, daß diese nicht erst anhebt in dem Augenblick, in dem das Werk betriebsfähig fertiggestellt ist, sondern daß die Verzinsung mit dem Beginne des Baues einzusetzen hat, so daß die Summe dieser Zinsen mit dem vorwärtsschreitenden Bau anwächst. Da in dieser Zeit Betriebseinnahmen, aus denen jener Betrag gedeckt werden kann, noch nicht vorhanden sind, so wird man die Zinsen des Baukapitals als einen Teil der gesamten Herstellungskosten ansehen und zu diesen hinzurechnen müssen. Unter denselben Gesichtspunkt fallen auch die Kosten, die vor und während der Bauzeit durch die Entwurfsaufstellung, Bauleitung, Aufsicht und die sachliche Bureauunterhaltung entstehen. Der Zinssatz für die Anleihen der rheinisch-westfälischen Talsperrenengenossenschaften ist im Durchschnitt $3\frac{3}{4}$ v. H., doch wird ein so niedriger Zinssatz nicht immer zu erreichen sein.

Der Begriff der Tilgung ist der, daß jährlich eine Geldsumme, die in ihrer Höhe von der voraussichtlichen, eingeschätzten Dauer des Werkes abhängt, abgetragen wird, gleichsam als Rückzahlung des aufgewendeten Baukapitals. Dieser Tilgungsbetrag

ist demnach so zu bemessen, daß mit dem Aufbrauch der Anlage, d. i. der Aufzehrung ihres wirtschaftlichen Wertes, die Rückzahlung beendet ist. Der Tilgungssatz bei Talsperren wird allgemein zu 0,5 v. H. angenommen. Die Gesellschaft der Urfttalsperre tilgen ihre Anlagen, d. h. die Stromverteilungsnetze mit 1,5 bis 1,9 v. H.

Erwähnt möge noch werden, daß die Anleihe, welche zur Deckung der Gesamtkosten seitens der Stadt Solingen aufgenommen wurde, für den Betrag der Talsperre mit $\frac{1}{2}$ v. H., für das Kraft- und Elektrizitätswerk jedoch mit 5 v. H. getilgt wird.

Bei Privatunternehmungen wird bisweilen neben der Tilgung noch ein Erneuerungsfonds (Abschreibung) gebildet mit der Maßgabe, daß die Summe aus dem jeweilig vorhandenen Wert der Anlage und dem aufgesammelten Erneuerungsbetrage in jedem Augenblick dem Neuwert entspricht. Aus dieser Rücklage soll nach Aufbrauch des Werkes der Neubau oder nach Verschleiß einzelner Teile (Maschinen, Leitungsnetz) die Ergänzung erfolgen können. Durch diesen Erneuerungs- und den Tilgungsbetrag wird das Werk zwar doppelt belastet, das Unternehmen steht dann aber sehr selbständig da. Der Wert der Anlage bleibt ständig unverändert. Wenn lediglich die Tilgung erfolgt, so wird dies für ein junges Unternehmen an sich vorteilhafter sein, da die ersten Betriebsjahre ohnehin größere Schwierigkeiten zu überwinden haben und darum jede mögliche Entlastung erwünscht sein wird. Es ist oft der Fall, daß bei einem im Grunde durchaus gesunden Unternehmen anfänglich die Einnahmen nicht die Ausgaben decken und daß man genötigt sein wird, einen Teil von den letzteren auf die Herstellungskosten zu schlagen. Man rechnet für den Erneuerungsfonds bei Maschinen (Turbinen und Dynamos) etwa 4 bis 6 v. H., bei Gebäuden 1 bis 2 v. H., bei Leitungsnetzen etwa 4 v. H. des Wertes. Einige weitere Zahlenangaben hierüber s. Berthold, Praxis der Elektrizitätswerke und die im Literaturnachweis am Schluß dieses Abschnittes angegebenen Quellen.

Staatliche und städtische Anlagen pflegen solche Aufsparungen für Erneuerungs- und Erweiterungsbauten nicht vorzunehmen. Für private Unternehmungen aber wird zur Wahrung eines gesicherten Betriebes die Ansammlung einer Rücklage in gewisser, von den jeweiligen Umständen abhängigen Höhe nicht zu umgehen sein. Auch gut arbeitende Anlagen können leicht von ihrer Höhe herabsinken, wenn ihre Einrichtungen durch neue Erfindungen veralten und an Wirtschaftlichkeit hinter Maschinen anderer Werke zurückstehen. Da werden oft neue Ausrüstungen erfolgen müssen, ehe noch die vorhandenen Betriebsanlagen aufgebraucht und getilgt sind. Erfahrungen erweisen dies.

Der Frage der Entschädigung für Wasserentziehung ist schon an anderer Stelle (s. S. 620) gedacht worden.

Es seien hier noch einige Mitteilungen gemacht über zwei bemerkenswerte Fälle von Abfindungen für die Wasseraufspeicherung.

Talsperre der Stadt Remscheid im Eschbachtale. Der Stauweiher ist auf 1 Mill. cbm bemessen. Die mittlere jährliche Abflußmenge aus dem 4,5 qkm großem Niederschlaggebiet ist 3,6 Mill. cbm. Der zwischen der Stadt und den Werkbesitzern geschlossene Vertrag setzt im wesentlichen folgendes fest: Das Wasserwerk der Stadt Remscheid soll berechtigt sein, soviel Wasser aus dem Stauweiher zu entnehmen, als es zur Ergänzung des Stollenwassers bis zur Förderung von 4500 cbm täglichen Durchschnittsverbrauchs, also zu einer Jahresmenge von $365 \times 4500 = 1\,642\,500$ cbm nötig hat; jedoch darf die Stadt nicht über einen monatlichen Höchstbedarf von 180 000 cbm aus Stollen und Stauweiher zusammen, und nicht über 1 642 500 cbm im ganzen Jahre zur Stadt pumpen. Die Wasserwerksbesitzer haben das Mitbenutzungsrecht des Stauweihers und dürfen täglich demselben 6000 cbm entnehmen. Eine von den Wasserwerksbesitzern ernannte Kommission beziehentlich Beauftragte der Werke in der gemeinsamen Kommission, sollen indessen bestimmen können, daß der jeweilige Monatsbedarf, also in 25 Arbeitstagen $\times 6000$ cbm = 150 000 cbm auch in verschiedenen Mengen zum Abfluß gelangt, also beispielsweise in den ersten 10 Arbeitstagen je 4000 cbm = 40 000 cbm, in

den folgenden 10 Arbeitstagen je 6000 cbm = 60 000 cbm und in den letzten 5 Arbeitstagen je 10 000 cbm = 50 000 cbm, da die Verhältnisse, beziehentlich die in den anderen Bächen der Werke zufließenden Wassermengen solches als zweckdienlich erscheinen lassen können. Da die Stadt Remscheid sich unter allen Umständen das notwendige Wasser sichern muß, so soll das Mitbenutzungsrecht der Werkbesitzer aufhören, sobald der Wasserstand im Stauweiher auf 375 000 cbm gesunken ist. Diese Reserve soll am 1. Juni für den größten Sommerbedarf vorhanden sein. Am 1. Juli ist dieser Vorrat nur noch auf 325 000 cbm zu bemessen und es dürfen demnach die Werkbesitzer im Juli das am 1. Juli über diese Reserve im Stauweiher befindliche Wasser dem Stauweiher entnehmen. Am 1. August kann die Reserve auf 275 000 cbm, am 1. September auf 225 000 cbm und am 1. Oktober auf 175 000 cbm herabgegangen sein. Das an den genannten Tagen über diesen Vorrat im Stauweiher befindliche Wasser kann in den folgenden Monaten jedesmal durch die Werke abgezapft werden. Über entsprechende Vereinbarungen beim Bau der zweiten Talsperre der Stadt Remscheid, der Neyesperre, s. S. 16.

Für die Talsperre der Stadt Nordhausen a. Harz wurde zur Abfindung der Unterlieger folgendes bei der landespolizeilichen Prüfung und Planfeststellung festgesetzt.

1. Zur Beseitigung der Nachteile, die dem Orte Hermannsacker, (s. Abb. 15 auf S. 40) durch die Talsperrenanlage bezüglich der Beschaffung von Trink-, Wirtschafts- und Feuerlöschwasser entstehen, hat die Stadt Nordhausen eine einmalige Zahlung von 20 000 Mk. zu leisten, welche zum Bau einer Wasserleitung für Hermannsacker im Fall unter Beteiligung der Dörfer Buchholz und Petersdorf verwendet werden sollen, sowie nach Erbauung dieser Wasserleitung eine Wassermenge bis zu 2 sek/l aus der Talsperrenanlage unentgeltlich abzugeben. Die Verbindung der Talsperrenleitung mit der Wasserleitung der drei Gemeinden ist von der Stadt Nordhausen herzustellen. Die Herstellung und Unterhaltung der sämtlichen übrigen Wasserleitungsanlagen bleibt hierbei Sache der beteiligten Gemeinden. Für den Fall, daß die Stadt Nordhausen infolge von Wassermangel die Abgabe der vollen 2 sek/l an die beteiligten Gemeinden nicht mehr leisten zu können glaubt, ist eine verhältnismäßige Herabsetzung der 2 sek/l entsprechend der zur vollen Wasserversorgung der Stadt Nordhausen fehlenden Wassermengen zulässig. Über das Vorliegen dieser Voraussetzung ist, abgesehen vom Falle höherer Gewalt, vorher die Entscheidung des zuständigen Regierungspräsidenten einzuholen. Auch über sonstige Beschwerden der beteiligten Gemeinden in dieser Angelegenheit entscheidet der zuständige Regierungspräsident. Soweit im Vorstehenden von Hermannsacker gesprochen ist, wird hierunter sowohl die Gemeinde Hermannsacker als auch der gleichnamige Gutsbezirk verstanden. In dem Betrage von 20 000 Mk. sind die etwaigen Kosten, die durch Anlage von Brunnen für zwei abgelegene Gehöfte für Hermannsacker erforderlich werden, einbegriffen.

2. Nachdem sich durch nähere Untersuchung herausgestellt hat, daß die Gemeinde Stempeda durch die geplante Talsperrenanlage an der Erlangung des zur Trink-, Wirtschafts- und Feuerlöschzwecken, sowie für Wiesenberieselung nötigen Wassers gehindert wird, hat die Stadt Nordhausen zur Beseitigung dieser Nachteile für die Herstellung einer Wasserleitung in Stempeda einen einmaligen festen Beitrag von 11 000 Mk. und für die Anlage von Berieselungsanlagen im Krebsbachtale einen weiteren einmaligen Betrag von 4000 Mk. zu zahlen.

3. Die Stadt Nordhausen hat die jetzt zur Wasserversorgung des Fleckens Neustadt dienenden beiden Wasserleitungen durch eine hygienisch einwandfreie Fassung der Quellen in einen, den gesundheitspolizeilichen Anforderungen entsprechenden Zustand zu versetzen und, solange die Talsperre in Betrieb ist, dauernd zu unterhalten, sowie den Einwohnern von Neustadt die Herstellung von Hausanschlüssen auf deren Kosten zu gestatten. Für die Eigenschaft und Menge des in beiden Leitungen fließenden Wassers an sich, wird eine Gewährleistung der Stadt Nordhausen nicht übernommen.

4. Den Gemeinden Harzungen, Niedersachswerfen und Crimderode soll aus der alten vorhandenen Stollenleitung bei Ilfeld das nötige Trink-, Wirtschafts- und Feuerlöschwasser von der Stadt Nordhausen gegen einen Wasserzins geliefert werden, welcher den für Nordhauser Einwohner geltenden Tarif nicht übersteigt. Die Wasserabgabe erfolgt jedoch nur bis zum Höchstbetrage des doppelten gegenwärtigen, noch näher festzustellenden Wasserbedarfes jeder der drei Gemeinden. Zur Abgabe von Wasser an künftig entstehende, Wasser verbrauchende industrielle Werke durch eine der drei Gemeinden, bedarf es für die Folge einer besonderen Vereinbarung mit der Stadt Nordhausen. Sollte Nordhausen glauben, infolge von Wassermangel dieser Auflage nicht mehr entsprechen zu können, so gelten die oben unter 1 für Hermannsacker für den Fall von Wassermangel festgesetzten Bestimmungen.

Der Gesamtwert der Abfindungen an die Unterlieger für Wasserentziehung beziffert sich auf 41 000 Mk., ohne Berücksichtigung der vorerwähnten natürlichen Wassergabe, die insgesamt bis 6 l/sek im Jahresdurchschnitt beträgt.

Die Stadt Solingen hat an die Wuppertalsperrenengenossenschaft eine einmalige Entschädigung von 12000 Mk. dafür bezahlt, daß sie einen Teil des Wassers aus dem Sengbachtale auf eine gewisse Strecke dem Wupperfluße entzieht. Dieses Wasser wird der städtischen Wasserversorgung zugeführt und gelangt an einer unterhalb gelegenen Stelle als Abwasser wieder zur Wupper (s. Abb. 13 auf S. 38)

Die Ausgaben für diese Lasten fallen unter die Anlagekosten, sofern eine einmalige Abfindung erfolgt. Geschieht dies nicht, so werden sie dauernd bei dem laufenden Betriebsaufwande in die Erscheinung treten, ebenso wie die Abgaben für Wasserzins (Anerkennungsgebühr), Steuern, Versicherungsbeiträge aller Art, Einzahlungen für Pensionskassen, Wohlfahrtseinrichtungen u. a. m. Die Höhe dieser Beiträge hängt zum wesentlichen ab von dem Gedeihen des Unternehmens und ist daher mehr Sache seiner späteren Entwicklung, als daß dies Gegenstand der Berücksichtigung bei Ertragsberechnungen für Neuanlagen zu sein pflegt. Auch die durch Wasserschäden und Unfälle entstehenden Unkosten lassen sich schwer voraussehen, sie sind durch den mehr oder minder gefährvollen Charakter der wasserbaulichen Anlagen und des Betriebes bedingt. Immerhin wird es auch hier erwünscht sein, in guten Zeiten für solche unvermutete Vorkommnisse Bestände zu schaffen, um das Werk vor wirtschaftlichen Erschütterungen zu bewahren.

Bemerkenswert sind die geringen Unterhaltungskosten der Talsperren. Nach den Jahresberichten der Wuppertalsperrenengenossenschaft betragen die Kosten für laufende Unterhaltungs- und Ausbesserungsarbeiten in den Jahren 1902/06 an der Bevertalsperre etwa $\frac{1}{5}$ v. H., an der Lingesetalsperre etwa $\frac{1}{14}$ v. H. des Anlagekapitals. Der Unterschied erklärt sich aus besonderen Aufwendungen an der Bever im Jahre 1903. Das Mittel beider Sperren ist eine jährliche Ausgabe von $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{7}$ v. H. des Anlagekapitals für die Unterhaltung der Mauern, Wege- und Uferbefestigung und des Wärtergebäudes. In Solingen betragen die jährlichen Unterhaltungskosten für beide Talsperren etwa 1000 M., das sind $\frac{1}{13}$ v. H. der Anlagekosten. Die Arbeiten beschränken sich im allgemeinen auf geringfügige Nacharbeiten an den Wegen, am Putz der Talsperre, an den Gebäuden usw. Größere Ausgaben können allerdings leicht entstehen an den Betriebseinrichtungen, wenn Brüche an den Schiebern eintreten und Auswechselungen der Verschlussvorrichtungen eintreten müssen. Der Betrieb der Talsperre ist ein einfacher. Vgl. hierüber die Ausführungen in § 69 u. f. Im allgemeinen genügt für den Dienst an der Sperrmauer ein Wärter. Auf den Betrieb etwaiger mit den Talsperrenunternehmungen zusammenhängender Kraftwerke, Wasserreinigungsanlagen, Landbewässerungseinrichtungen u. a. m. kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Über den Betrieb der Wasserkraftwerke siehe des Verfassers Schrift: »Die Ausnutzung der Wasserkräfte«, 2. Aufl. 1908, S. 411. Mit Rücksicht auf alle diese Umstände genügt es für Unterhaltung, Bedienung und Betrieb einer Talsperre, je nach Größe, $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ v. H. des Anlagekapitals in Ansatz zu bringen.

Die notwendigen Unterlagen für die Aufrechnungen der verfügbaren Energie werden dem Wasserwirtschaftsplane entnommen werden können. Für die Berechnung der Betriebsausgaben werden die Sätze der nachstehenden Tabelle 100 benutzt werden können. Aus den Ergebnissen der Ermittlungen nach I (Betriebsausgaben) und II (z. B. Zahl der jährlich erzeugten Pferdekraftstunden, Anzahl der gewonnenen Kubikmeter Wasser usw.) folgen dann ohne weiteres durch Division die Selbstkosten. Allerdings ist, ebenso wie bei der Schätzung der Preise für die abgegebene Kraft die Art des Betriebes von Bedeutung. Dabei wird man sich vergegenwärtigen müssen, daß man in den Ertragsberechnungen Vorsicht obwalten lassen muß. Man darf nicht wohl die ganze aus einer Wasserkraft gewinnbare Energie als nutzbar und verkäuflich in Ansatz bringen. Ein Teil des gewonnenen Wassers geht im Eigenbetriebe des Werkes auf. Aber auch der Rest wird erfahrungsmäßig infolge der im Kraft- und Lichtbedarf öffentlicher Werke auftretenden Schwankungen oder von besonderen Verlusten des Betriebes (z. B. Überlaufen des Sammelbeckens) nicht voll ausgenutzt. Am vorteilhaftesten kann man sich diesem wechselnden Verbrauch bei einer Talsperrenkraftanlage anpassen,

wo der Stauweiher als Akkumulator dient. Man wird daher im Mittel nur mit Dreiviertel der vorhandenen Kraft als wirklich nutzbar in der Abgabe rechnen dürfen. Bei Talsperrenkraftwerken mit gutem Ausgleich bringt man wohl 80 v. H., bei Flußkraftwerken nur etwa 66 v. H. in Ansatz.

Tabelle 100. Gesamte Betriebskosten von Talsperren und damit zusammenhängende Krafteranlagen in Hundertstel der Anlagekosten. (Zinsfuß: 4 v. H.).

Bau	Unterhaltung, Verzinsung, Tilgung, Verwaltung bzw. Bedienung v. H.	Unterhaltung, Bedienung und Betrieb v. H.	Tilgung v. H.	Bemerkungen
Große Talsperren ohne Kraftwerk	4 ³ / ₄	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₂	Bei Dampf-Elektrizitätswerken rechnet man für Verzinsung und Tilgung 6—8 v. H. des gesamten Anlagekapitals (Gebäude, Maschinen u. Leitungsnetz nebst Ausrüstung); für die unmittelbaren Betriebskosten 6 bis 7 v. H.
Große Talsperren mit Kraftwerk			(Höchstwert)	
ohne elektr. Übertragung	5,5	1 ¹ / ₂ —3 ³ / ₄	1	Die Kosten der Zentralverwaltung (Betriebsbureau) bei größeren Unternehmungen dieser Art kann man zu 1,5 v. H. annehmen.
mit > >	7—8	1 ¹ / ₂ —2	2	
Kleinere Talsperren, Wehre, Betriebskanäle, Stollen und ähnliche Werke der Wasserversorgung	7	1 ¹ / ₂	1—2	
Maschinen, elektrische Anlagen, Leitungsnetze				
große Anlagen.	10—11	2	5	
mittlere Anlagen bis etwa 10000 PS. Leistung. . .	12—15	4—5	5—7	
Kraftgebäude	7—8	1	2	
Druckrohrleitungen und ähnliche Leitungen in der Erde	6	1 ¹ / ₂	1—2	
Wasserkraftanlagen mittlerer Größe				
ohne elektr. Übertragung	10—11	3	3—4	
mit > >	12	4	4,5	

Der erzielbare Preis der aus einer Talsperre gewonnenen Kraft hängt enge von der gesamten wirtschaftlichen Lage des Bezirkes ab. Man vergleiche hierüber die Ausführungen in des Verfassers Schrift »Die Ausnutzung der Wasserkräfte«, II. Aufl., S. 414. Bei Talsperren zur Trinkwasserversorgung stellt sich die Einnahme als der Erlös des vom Wasserwerk verkauften Wassers dar. Bei den Anlagen für Bewässerung und Hochwasserschutz werden die Einnahmen meist in Form von Beiträgen der Interessenten erscheinen, sofern nicht der Staat oder sonst ein größerer Verband für die laufenden Kosten aufkommt. Die Sammelbecken für Schifffahrtzwecke müssen die Deckung ihrer Ausgaben in den Einnahmen aus Schifffahrtsabgaben suchen. Bei genossenschaftlichen Unternehmungen vollzieht sich die Ermittlung des Einheitspreises nach der Maßgabe, daß in einem jährlich aufzustellenden Etat die gesamten Ausgaben und Einnahmen sich die Wage halten müssen. Indem man also den Voranschlag der voraussichtlich im kommenden Jahr entstehenden Ausgaben aufrechnet, muß darnach der Preis für die Einheit der Wasserabgabe oder der geschaffenen Nutzkraft festgesetzt und als jährlicher Beitrag (Umlage) von den Genossen eingezogen werden.

Im übrigen werden allgemeine Anhaltspunkte für die zu erwartenden Einnahmen aus den nachstehend mitgeteilten Beispielen von Betriebsergebnissen (§ 90) entnommen werden können. Aber es werden auch an dieser Stelle noch einige weitere leitende Gesichtspunkte nicht unwillkommen sein.

1. Talsperren für Trinkwasserversorgung. Es wurde schon oben bemerkt, daß bei diesen Unternehmungen die Frage der Rentabilität in einem weiteren Sinne aufgefaßt werden muß. Der Preis des Wassers wird zum mindesten in solcher Höhe festgesetzt, daß die landesübliche Verzinsung und die Tilgung des in dem Wasserwerke angelegten Kapitals erreicht wird. Meist aber werden die Wasserwerke zu Einnahmequellen des städtischen Haushaltes gemacht. Die Wasserwerke arbeiten dann mit einem Überschuß, der andererseits die sonstigen Steuerleistungen der Stadteinwohner erleichtert. Nach diesen Gesichtspunkten wird der Wasserpreis zu bemessen sein, doch würde es zu weit führen auf diese Tarifierung hier näher einzugehen. Einige Preisangaben s. S. 647. Über vergleichende Voruntersuchungen dieser Art für die Trinkwasserversorgungs- und Kraftanlage der Stadt Solingen, siehe des Verfassers Schrift »Die Ausnutzung der Wasserkräfte«, II. Aufl., S. 485.

Landwirtschaftliche Bewässerung. Die Rentabilität des Unternehmens muß sich aus den zu erwartenden Einnahmen aus den Mehrerträgen der bewässerten Ländereien ergeben. Bei Voranschlägen wird man abzuschätzen haben, welcher größeren Betrag die Ernten liefern werden oder gegebenenfalls, welche erhöhten Pachtbeträge erwartet werden können. Die Flächen, deren Bewässerung aus der Talsperre sicher gestellt werden kann, sind zu ermitteln, und hieraus wird die gesamte Einnahme berechnet werden können. Jedoch sind dabei außer zu den Kosten für die Talsperre und ihren Betrieb die Kosten der Wasserzuleitungen von dem Sammelbecken zu den einzelnen Wässerungstellen hinzuzurechnen. Einigen Anhalt für die Beurteilung über die zu erwartenden Wertsteigerungen werden die weiter unten mitgeteilten Ergebnisse einiger derartiger Unternehmungen bieten¹⁾. Gegebenenfalls sollten landwirtschaftliche Sachverständige zur Abschätzung herangezogen werden.

Die Bewässerungsanlagen in Indien sollen sich im Mittel mit 18 v. H., im Punjab bei einzelnen Anlagen sogar bis 27 v. H. verzinsen²⁾. Über Finanzierung von Bewässerungsanlagen in Amerika s. Engin. News 1912, S. 1036.

Talsperren für Schifffahrtzwecke. Alle Talsperrenanlagen, die den Zwecken der Schifffahrt dienen, müssen ihre Rentabilität in letzter Linie in der Transportverbilligung suchen, sei es, daß die Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse durch Zuschußwasser zu einem fließenden Gewässer oder daß die Speisung eines Kanals stattfindet. Es soll hier nicht auf die Verminderung der Förderkosten durch den Ausbau guter Wasserwege eingegangen werden³⁾. Für die Anrechnung des Nutzens, den die Schifffahrt aus der Anlage von Sammelbecken findet, muß man zunächst an der Hand des Wasserwirtschaftsplanes prüfen, welche Vergrößerung der Fahrwassertiefe durch das Zuschußwasser herbeigeführt wird und von welcher Dauer diese ist, ferner inwieweit die Schifffahrt durch bessere Ausnutzung der Schiffsgefälle, größeren Tiefgang, in der Lage wäre, diese günstigere Fahrtiefe auszunutzen. Man wird also die Vermehrung des Verkehrs abschätzen, der sich infolge des Zuschußwassers entwickeln kann. Dieser Verkehr würde im anderen Falle durch die Eisenbahn bewältigt werden. Hat man

¹⁾ Siehe auch Handb. der Ing.-Wiss. (IV. Aufl. Bd. 7.). ²⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1911. S. 1990.

³⁾ Näheres s. u. a. Sympher, die wasserwirtschaftliche Vorlage, S. 6, Zeitschrift f. Bauwesen 1907, S. 557 u. f., Mattern u. Buchholz, Schlepp- und Schraubenversuche. Neue Gesichtspunkte für den Schifffahrtbetrieb auf Kanälen. Leipzig. 1912. S. 34 u. 84.

somit in Tonnenkilometern den Zuwachs des Verkehrs und den Preisunterschied zwischen Eisenbahn- und Wasserfracht zu etwa 2 Pfg., der für die Verhältnisse bei Massengütertransport anzunehmen ist, abgeschätzt, so ergibt sich unmittelbar die Ersparnis, die erzielt wird, wenn der Verkehr durch die Verbesserung der Fahrtiefe dem Wasserwege erhalten bleibt. Die Ersparnisse müssen in Geldwert so groß sein, daß sie die Verzinsung der Anlagekosten, sowie die Tilgungs-, Unterhaltungs- und Betriebskosten für die Talsperrenanlagen decken. Die Durchrechnung eines Beispiels für den Rhein findet sich in des Verfassers Schrift: Der Talsperrenbau und die deutsche Wasserwirtschaft 1902, S. 26 und 46. Bei der Speisung eines Schifffahrtskanals durch Talsperrenwasser wird die Rentabilitätsfrage erst in zweiter Stelle auftreten. Die Wirtschaftlichkeit des Gesamtkanals muß in der Transportverbilligung allgemein ihre Begründung finden. Im Rahmen dieser Aufrechnungen wird man prüfen müssen, auf welchem Wege technisch und wirtschaftlich die Kanalspeisung zu sichern ist. Demgegenüber hat die Kostenfrage der Speisung im Verhältnis zu den Gesamtkosten des Kanals eine mehr zurücktretende Bedeutung. Sie wird zu einer Frage zweiten Ranges. Man wird in einem Vergleich mit anderen Möglichkeiten der Wasserbeschaffung für die Kanalspeisung und durch Gegenüberstellung der entstehenden Kosten die Grundlage für die Entscheidung finden.

Nicht uninteressant ist es, darauf hinzuweisen, daß die großen Staubecken in geringem Umfange selbst Träger des Verkehrs sind. Auf den Wasserflächen der Urft- und Möhnetsperre ist ein Motorbootbetrieb für den öffentlichen Personenverkehr eingerichtet. Der Stau des Assuanbeckens dient dem regelrechten Schifffahrtsverkehr (s. S. 422).

Kraftgewinn. Wie schon an anderer Stelle (S. 596 u. f.) ausgeführt, wird die Wirtschaftlichkeit der Talsperren meist allein oder doch in hervorragendem Maße durch die Ausnutzung der erschlossenen Wasserkraft geliefert, zum mindestens aber wesentlich gehoben. Die Untersuchungen nach dieser Richtung hin werden daher meist im Vordergrund des Interesses stehen. Der Ertrag aus der Kraftgewinnung kann in der Ausnutzung der Wasserkraft in einem zentralen Werke, das dann meist am Fuße der Talsperre oder nicht allzuweit unterhalb errichtet ist, oder darin bestehen, daß aus der Talsperre Zuschußwasser zur Erhöhung des Triebwassers für die am Flußlaufe entlanggelegenen Einzeltriebwerke abgegeben wird. Oft findet auch die doppelte Ausnutzung wie z. B. an der Ennepetalsperre statt, wo das Wasser zuerst durch ein Turbinenwerk geschickt wird und dann im freien Ablauf nutzbringend weiter wirkt. Die nachfolgenden Erörterungen sollen sich deshalb mit diesen beiden Nutzungsarten beschäftigen.

Die rohe Wasserkraft ist bei neueren Unternehmungen dieser Art auf 1—2 Pfennig für die Kilowattstunde bewertet worden. Die Wasserkraft der Möhnetsperre ist an das Westfälische Verbandselektrizitätswerk verpachtet. Der Ruhrtalsperrenverein erbaut das Kraftwerk, das Verbandswerk hat den Betrieb. Es gewährleistet eine Abnahme von 9 Mill. Kilowattstunden jährlich und zahlt 2 Pfennig für die Kilowattstunde. Die darüber hinausgehende Kraftmenge kostet teils 1, teils $\frac{1}{2}$ Pfennig für die Kilowattstunde. Die sichere Einnahme ist also jährlich 180000 Mk.

Die Wasserkraft der Listertalsperre (s. S. 137) hat der Ruhrtalsperrenverein gegen eine Zahlung von jährlich 30000 Mk. in Besitz genommen. Der Ausbau des Kraftwerkes ist Sache des Vereins. Der Strom wird für Elektrizitätsversorgung an die Umgegend abgegeben. Der Preis für 1 Kilowattstunde (Rohkraft) stellt sich auf rund 2 Pfennige.

Bei dem Ausbau der Wasserkräfte im oberen Wesergebiet (s. S. 604) erhält der Rhein-Weserkanal eine Abgabe von 1 Pfennig für jede aus der Wasserkraft gewonnene und gegen Bezahlung nutzbar abgegebene Kilowattstunde bis zum Höchstbetrage von jährlich 200000 Mk. Der Ausbau der Kraftwerke wird aus besonderem Fonds bestritten.

Ertragsberechnungen für ein zentrales Kraftwerk. Die Form der Aufstellung für eine solche Ertragsberechnung ist bereits auf S. 630 gegeben worden. Das

Abwägen des Für und Wider der verschiedenen Gestaltungsmöglichkeiten, um eine gestellte Bedingung zu erfüllen und die dafür maßgebenden Gesichtspunkte heften sich an die Verhältnisse des Einzelfalles. Hier muß der Ingenieur in selbständigem Vorgehen die Grundlagen für die Entscheidung suchen. Man kann also diesen Gegenstand nicht allgemein erledigen. Beispiele aus wirtschaftlichen Vorarbeiten zu ausgeführten Talsperrenanlagen neuer Zeit, u. a. für die Talsperren der Stadt Nordhausen a. Harz, Solingen, Urfalsperre, sowie Aufrechnungen über den Pachtwert, die Abschätzung des Kapitalwertes von Wasserkraften, wirtschaftliche Untersuchungen über die Betriebsvereinigung von Talsperrenkraftwerken mit Dampfaushilfe, Betriebskosten an Wasserkraften, Tarife u. a. m. finden sich in des Verfassers Schrift: Die Ausnutzung der Wasserkraft II. Auflage 1908, S. 417 u. f.

§ 86. Beitragsermittlungen für Talsperrengenosenschaften¹⁾. Berechnung des Ertrages aus der Abgabe von Zuschußwasser aus Talsperren zur Erhöhung des Niedrigwassers für die Triebwerke an einem Flußlaufe. Die Genossenschaften, die aus den Triebwerkbesitzern an einem Bachlaufe gebildet sind, dessen natürlicher Abfluß durch Zuschußwasser aus einem Sammelbecken reguliert wird, müssen die hierdurch jährlich entstehenden Kosten aus Beiträgen ihrer Mitglieder decken. Diese Kosten setzen sich zusammen aus den Verzinsungs- und Tilgungskosten des aufgewendeten Baukapitals, den Kosten der Unterhaltung und des Betriebes. Man kann diese Gesamtkosten je nach dem Zinssatze zu etwa $4\frac{1}{2}$ bis 5 v. H. des Baukapitals in Ansatz bringen (s. Tab. 100). Der Beitrag des einzelnen Triebwerkbesitzers muß seinem Nutzen aus der Verwertung des Zuschußwassers entsprechen, wenn die Lastenverteilung eine gerechte sein soll. Wenn man diesen Nutzen ermitteln will, so muß man sich vergegenwärtigen, daß der Gewinn zum Ausdruck kommt in der größeren Kraftleistung des Werkes infolge vermehrten Triebwassers, sei diese z. B. nach Pferdestärken oder Pferdekraftstunden im Jahre berechnet. Man hat also für jedes Triebwerk die tatsächlich durch den Zuschuß gewährte Nutzwassermenge Q und das Gefälle h festzustellen. Man wird weiterhin die Nutzwirkung η berücksichtigen müssen, mit der die Wassermotoren arbeiten und die Zeit, während der das Kraftwasser nach den gegebenen Verhältnissen der Werke ausgenutzt wird oder ausgenutzt werden kann. Der gewonnene Wert drückt sich dann aus durch den Ansatz $\frac{Q \cdot h \cdot \eta \cdot 1000}{75}$ in PS. und bei 300 Arbeitstagen und 10 Arbeitsstunden täglich durch $\frac{Q \cdot h \cdot 1000 \cdot \eta}{75} \cdot 300 \cdot 10$ Pferdekraftstunden im Jahr, worin Q in cbm/sek. und h in m einzusetzen ist. Das Gefälle der Werke ist im allgemeinen bekannt, oder unschwer zu ermitteln; schwieriger ist die Feststellung der Nutzwassermenge. Die aus dem Becken zu erzielende Erhöhung des Wasserabflusses ergibt sich aus dem Wasserwirtschaftsplan. Für die Bestimmung der Nutzwassermenge ist es wesentlich, das Verhältnis der Bedarfswassermenge eines Werkes zu dem natürlichen Abfluß kennen zu lernen. Es ist hierfür in erster Linie nötig, die natürlichen Abflußverhältnisse zu wissen. Nach Messungen oder sonstigen Beobachtungen stellt man diese zweckmäßig zeichnerisch für einige gekennzeichnete Abflußjahre oder für eine Reihe von Jahren auf (Abb. 350). Ferner ist es notwendig, den Bedarf an Betriebswasser für das einzelne Werk zu bestimmen, d. h. jene Wassermenge, die es mit Vorteil verarbeiten kann und diese in Beziehung zu setzen zum Mittel-

¹⁾ Vergl. § 249 des neuen preußischen Wassergesetzes (Anhang S. 683).

wasser (Linie $c-d$), das dem zum Werke gehörigen Niederschlagsgebiet entspricht. Die Ermittlung dieses Wasserbedarfs geschieht durch Messung oder Berechnung aus seiner Leistung und Nutzwirkung. Trägt man diese Bedarfslinie $a-b$ in die Darstellung der Abflußmenge ein, so stellt die schraffierte Fläche unmittelbar den Bedarf an Zuschußwasser dar. Wird dieser Zuschuß durch die Talsperre geleistet, so ist darin die Nutzwassermenge gegeben und die schraffierte Fläche ergibt für das Jahr die gesamte Nutzwassermenge etwa nach Mill. cbm. Es darf also nicht die an sich abgegebene Zuschußwassermenge für die Beitragsberechnung maßgebend sein, sondern nur die wirklich verwendete. Wenn auch der Zuschuß und die natürliche Wasserführung bis zur Mittelwasserlinie $c-d$ reichte, so wäre doch für das vorliegende Werk der über $a-b$ hinausreichende Wasserzufluß nutzlos und müßte ungenutzt über das Entlastungswehr zum Abfluß gelangen. Ist aber der Wasserbedarf eines Werkes gleich oder kleiner als der geringste Zufluß (Linie $e-f$), so wird der ganze Mangel gedeckt, wie dies bei kleineren Triebwerken der Fall ist. Über die mittlere Grenze der Nutzbarkeit der Triebwerke s. S. 115 u. f. Auch wird im allgemeinen nicht die ganze Zeit, während welcher der Zuschuß aus der Talsperre zu der natürlichen Wasserführung erfolgt, sondern nur die tatsächliche Betriebszeit eines Werkes in Ansatz zu bringen sein. Welche Nutzwassermenge im ganzen aus der Talsperre überhaupt gewonnen werden kann, muß der Wasserwirtschaftsplan ergeben. Man nimmt nach Maßgabe der bisherigen Erfahrungen aus dem Talsperrenbetriebe an, daß etwa der einmalige Inhalt der Staubecken als Nutzwassermenge an die Triebwerke im Laufe eines Jahres abgegeben werden kann.

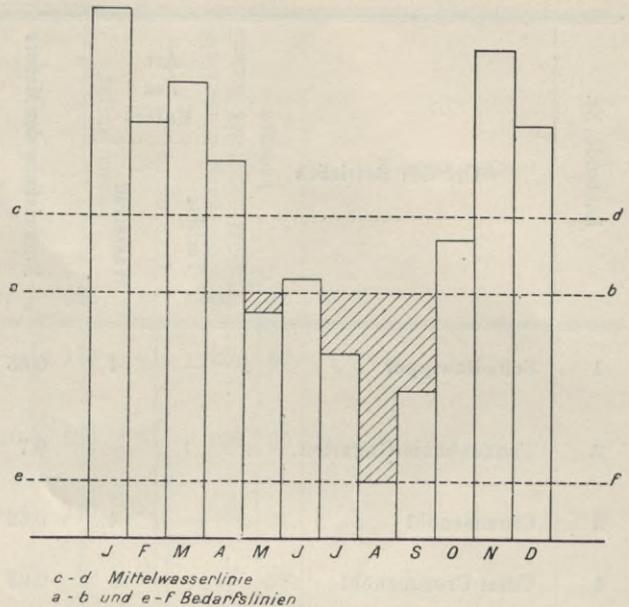


Abb. 350. Darstellung des Jahresabflusses und des Bedarfs an Betriebs- und Zuschußwasser für ein Triebwerk.

Für größere Aufrechnungen d. h. für die Beitragsermittlungen vieler Werke empfiehlt sich eine Vereinfachung des Verfahrens. Man berechnet den Bedarf der Triebwerke (Beaufschlagung) in 10 v. H., 20 v. H., 30 v. H. usw. des ihnen zugehörigen Mittelwassers und den zugehörigen Mangel an Betriebswasser. Das Verhältnis kann man zeichnerisch zur Darstellung bringen, wenn man den Bedarf in v. H. der Mittelwassermenge als Abszisse, den Mangel als Ordinate aufträgt. Man erhält eine parabelähnliche Kurve, aus welcher man für jeden Bedarf an Betriebswasser, ausgedrückt in v. H. der mittleren jährlichen Abflußmenge, in Hundertsteln den Mangel entnehmen kann, den dieses Werk während des Jahres an Betriebswasser erleidet (Abb. 36—38 auf S. 117 u. f.). Durch Multiplikation dieses letzteren Prozentsatzes mit dem auf die betreffende Betriebszeit des Werkes entfallenden Jahresbedarf an Betriebswasser erhält man die gesamte Fehlmenge, an der das Werk während des Jahres leidet¹⁾.

1) Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen 1899, Heft 1.

Tab. 101. Verzeichnis der Beiträge der Genossen
Gesamtbeitrag nach den satzungsmässigen Einheitspreisen von
Zum Geldbedarf für 1900 sind von den Genossen aufzubringen rund 100 000 Mk.

Laufende Nr.	Ort des Betriebes	Art des Motors		Nutzwirkung des Motors n	Nutzbares Gefälle in m h	Zahl der Arbeitsstunden am Tage, Jahresmittel s	Grösste erh. Wassermenge Fassungsvermögen i. l/sek l	Nutzwassermenge i. l/sek für 10 Std. in 300 Arbstg. m
		Turbine	Wasserrad					
1	Schnitzwipper	—	4	0,65	3,27	1—10 ^{1/2} 1/2—2 ^{1/2}	360 289 263 148	78,8
2	Tannenbaum-Gogarten	1	—	0,7	3,5	11 1a—10 7—50	500 393 348	197,8
3	Crommenohl	—	4	0,62	2,97	3 2 ^{1/2}	284 166	71,76
4	Unter-Crommenohl	—	3	0,62	2,55	0 12 2 ^{1/2}	355 249 149	29,8
5	Ohl	1	—	0,75	4,55	12	300	44,85
6	Aegerpohl	—	—	—	—	—	—	—
7	Leiersmühle	1	—	0,75	3,0	12	1200	358,0
8	Wipperfürth	1	—	0,75	1,80	12	1500 2000	388,80 452,90
9	»	1	—	0,75	2,2	12	960	155
10	»	1	—	0,75	2,1	12	1000	166,1
80	Neuenkotten (Solingen)	—	2	0,2	1,33	10 ^{1/2}	4260	589,5
»	»	2	—	—	5,00	—	12000	—
81	Balkhauser-Kotten	—	2	0,2	1,72	10 ^{1/2}	3780	382,71
82	Auerkotten	—	2	0,2	1,48	10 ^{1/2}	3280	237,2
83	Heilerkotten	—	2	0,2	1,96	10 ^{1/2}	3200	215,2
84	Oberründener-Kotten	—	2	0,2	1,66	10 ^{1/2}	4900	694,7
85	Unterründener-Kotten	—	1	0,2	1,01	10 ^{1/2}	4080	456,29
86	Oberfriedrichsthalerkotten	—	1	0,2	1,3	10 ^{1/2}	4000	425,91
87	Unterrfriedrichsthalerkotten	—	1	0,2	1,22	10 ^{1/2}	3480	283,76
88	Hohlepohlkotten	—	1	0,2	1,5	10 ^{1/2}	3980	415
89	Wipperaue	—	1	0,2	1,43	3,—	2700	102,6
90	Leichlingen	2	—	0,5	2,0	11,—	3700 1950	116,3
91	Opladen	2	—	0,5	1,75	11	5660	643,9
92	Reuschenberg	1	—	0,65	4,75	22	4112	337,5

der Wuppertalsperren-Genossenschaft.

80 Mk. für 1 Pferdekraft, von 0,50 Mk. für 1 cbm Entnahme.

Erhöhung der berechneten Beiträge auf ³/₂ des Gesamtbeitrags.

Deckung in l/sek a	Nutzleistung in effekt. PS. für 10 Std. täglich das Jahr hindurch	Jährlicher Beitrag = 80 Mk für 1 Nutzpferdekraft		Sonst. Wasserverbrauch in cbm täglich à 0,50 Mk.	Jährlicher Beitrag für 1 cbm Entnahme täglich		Gesamtbeitrag		Beteiligung an dem Geld- bedarf = ¹⁰⁰ / ₇₅ des Gesamt- beitrags		Bemerkungen
		Mk.	Pf.		Mk.	Pf.	Mk.	Pf.	Mk.	Pf.	
78,8	2,23	178	40	—	—	—	178	40	267	60	
197,8	6,46	516	80	73	36	50	553	30	829	95	
71,76	1,75	140	—	—	—	—	140	—	210	—	
29,8	0,63	50	40	—	—	—	50	40	75	60	
44,85	2,04	163	20	—	—	—	163	20	244	80	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
358	10,74	859	20	240	120	—	979	20	1468	80	Für die Werke unterhalb Elberfeld sind 300 l/sek für Wasserleitung der Städte vom Fassungsvermögen der Motore in Abzug gebracht worden. Die Nutzwirkung der Motore ist wegen der Störungen durch die Ver- unreinigung des Wassers um etwa 35 v. H. herab- gesetzt worden und zwar von Evertsae bis Opladen
388,8	7,95	636	—	—	—	—	636	—	954	—	
452,9	3,41	272	80	—	—	—	272	80	409	20	
155	3,48	278	40	290	145	—	423	40	635	10	
589,5	2,09	167	20	—	—	—	167	20	250	80	
—	94,73	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
382,71	1,75	140	—	—	—	—	140	—	210	—	
237,2	0,94	75	20	—	—	—	75	20	112	80	
215,2	1,12	89	60	—	—	—	89	60	134	40	
694,7	3,07	245	60	—	—	—	245	60	368	40	
456,29	1,23	98	40	—	—	—	98	40	145	60	
425,91	1,47	117	60	—	—	—	117	60	176	40	
283,76	0,92	73	60	—	—	—	73	60	110	40	
415	1,66	132	80	—	—	—	132	80	199	20	
102,6	0,39	31	20	—	—	—	31	20	46	80	
116,3	1,55	124	—	—	—	—	124	—	186	—	
643,9	7,51	600	80	—	—	—	600	80	901	20	
337,5	13,89	1111	20	—	—	—	1111	20	166	80	
Summa 7461,31							66 900	75	100 351	12	

Man nimmt für die weiteren Aufrechnungen eine gleichmäßig über das Jahr verteilte Zuschußwassermenge an. Aus der obenangegebenen Formel $\frac{Q \cdot h \cdot 1000 \cdot \eta}{75}$ ergibt sich dann unmittelbar die Nutzleistung in PS. für das einzelne Werk. Dabei kann die Nutzleistung, wenn gleichmäßiger Betrieb vorhanden ist, auf eine übliche Betriebszeit von etwa 10 Stunden an 300 Arbeitstagen des Jahres als gemeinsame Grundlage der Berechnung für alle Werke zurückgeführt werden; sie wird aber in der Praxis meist für die Betriebszeit jedes einzelnen Werkes bemessen. Hat man in dieser Weise die Gesamtsumme der aus dem Zuschußwasser der Talsperre gewonnenen Pferdestärken oder Pferdekraftstunden im Jahr gefunden, so ergibt sich ohne weiteres, ein wie hoher Betrag für die Kraftereinheit erhoben werden muß, damit die gesamten Jahreskosten gedeckt werden. Und nach dem Kraftgewinn des einzelnen Triebwerkbesitzers berechnet sich dann sein jährlicher Beitrag. Wenn beispielsweise die Kosten eines Unternehmers zur Aufhöhung des Triebwassers für Talsperren 1400000 Mk. betragen, so kann man annehmen, daß die jährlichen Ausgaben für Unterhaltung, Verzinsung, Tilgung und Betrieb der Talsperren mit $4\frac{3}{4}$ des Anlagekapitals gedeckt sind, das sind 66 500 Mk. Jahresaufwand. Sind dafür aus dem vermehrten Kraftwasser in einer Anzahl von Triebwerken während der Betriebszeit im Mittel etwa 540 Nutzpferdekraften gewonnen worden, so beträgt der jährliche, von dem einzelnen Genossen zu erhebende Betrag $\frac{66500}{540} \cong 123$ Mk. Es sei ferner angenommen, daß die Nutzwassermenge eines Triebwerkes durch das Talsperrenwasser um einen Betrag vermehrt werde, der auf das ganze Jahr gleichmäßig verteilt sich auf 100 l stellt und daß das Gefälle des Werkes 5 m betrage, so hat der Besitzer einen durchschnittlichen Gewinn von $\frac{100 \cdot 5 \cdot 0,75}{75} = 5$ PS., wobei die Nutzwirkung seines Motors zu 0,75 gesetzt ist. Bei 10 Arbeitsstunden an 300 Tagen würde der Gesamtgewinn $5 \cdot 10 \cdot 300 = 15000$ PS.-Stunden sein. Hierfür würden 5 Jahrespferdekraften zu bezahlen sein. Hat ein Triebwerkbesitzer eine andere Arbeitszeit und hat man den Nutzen insgesamt z. B. zu 7500 PS.-Stunden gefunden, so würde er mit $\frac{7500}{3000} = 2\frac{1}{2}$ Jahrespferdekraften in Rechnung zu stellen sein.

Nach diesem Verfahren wurde die im Auszug wiedergegebene Tabelle Nr. 101 für die Triebwerke der Wuppergenossenschaft berechnet. Durch diese Aufrechnungen ist die Möglichkeit geboten, einen gerechten Verteilungsmaßstab der Beitragskosten zu finden, welche diese Werke mit Rücksicht auf ihren Wassermangel bzw. mit Rücksicht auf die ihnen durch die Sammelbecken gebotene Deckung dieses Wassermangels zu leisten haben, und es ist damit die Hauptforderung des Zwangsgesetzes für die Anlage von Sammelbecken zu industriellen Zwecken erfüllt, daß jedes Werk nur entsprechend seinem wirklichen Nutzen zu den Kosten herangezogen werden soll.

Weiteres s. u. a. Wulff, Die Talsperrengossenschaften im Ruhr- und Wuppergebiet. Jena 1908.

§ 87. Wirtschaftlichkeit des Hochwasserschutzes. Wie an anderer Stelle näher ausgeführt, besteht der Vorteil, den die Hochwasserschutzbecken bringen, nicht in der Erzeugung neuer oder Vermehrung bestehender wirtschaftlicher Werte, sondern in der Abwehr der Vernichtung vorhandener Güter. Man muß bei derartigen Untersuchungen feststellen: 1. Welcher Wert an Schaden kann im Jahresmittel durch den

Hochwasserschutz verhütet werden; er sei = A gesetzt. 2. Wieviel kosten die Schutzanlagen und wie groß ist der jährliche Aufwand für Zinsen, Tilgung dieses Kapitals sowie für Unterhaltung und Betrieb der Anlagen; dieser Wert sei = B .

Soll das Unternehmen im gewöhnlichen Sinne gerechnet, wirtschaftlich sein, so muß A mindestens den Wert von B erreichen. Ist $A > B$, so würde der Unterschied $A - B$ einen Reingewinn bedeuten, bzw. eine Vermehrung des Wertes des geschützten Landes. Die Ermittlung wird nur im Einzelfalle möglich sein unter Abschätzung der durch die Hochfluten herbeigeführten Schädigungen. Als die hochwassergefährlichsten Flüsse sind in Deutschland die linksseitigen Nebenflüsse der Oder in Schlesien anzusehen. Es mögen daher die Vorarbeiten erwähnt werden, die zum Abschluß des sogenannten Schlesischen Hochwasserschutzgesetzes vom 3. Juli 1900 geführt haben. Es sollen hier nur die wesentlichsten Ergebnisse für das Gebiet des Bober und des Queis, an denen später die größten Schutzbecken errichtet wurden, mitgeteilt werden. Die Schäden, welche das Hochwasser vom Juli 1897 angerichtet hat, wurden im Niederschlagsgebiet des Bober und Queis, für die einzelnen Zuflüsse und Orte nach den Mitteilungen der betreffenden Landratsämter ziemlich zuverlässig festgestellt. Nachdem diese Angaben für die einzelnen Wasserläufe geordnet waren, konnten dieselben in Plänen und Tabellen festgestellt und in Beziehung zu den einzelnen Sammelbecken gebracht werden, indem der Gesamtschaden, den mehrere Wasserläufe an einem bestimmten Punkte anrichteten, sich nach den schädlichen Hochwassermengen, bzw. nach den Hochwasserschutzräumen verteilen ließ, welche auf die einzelnen Wasserläufe entfallen. Da nun die Verteilung des Schadens eingehend angegeben wurde, so konnte auch der, auf die einzelnen von dem Sammelbecken beherrschten Gebiete entfallende Kostenbetrag der Schadenverhütung ziemlich zuverlässig ermittelt werden, und es sind diese Einzelbeträge in Tabellen, welche den Nutzen und die Kosten der Sammelbecken in Zahlen angeben, enthalten. Diese Tabellen sind mitgeteilt in In tzes Bericht über die Wasserverhältnisse der Gebirgsflüsse Schlesiens S. 24 u. ff. Wenn zwar die späteren Ausführungen sich gegenüber diesen Voranschlägen geändert haben, so wird dieses Vorgehen immerhin als Anhalt für ähnliche Fälle dienen können und auch die Ergebnisse haben ein gewisses allgemeines Interesse. Es ist aus den Tabellen ersichtlich, daß z. B. im Bobergebiet durch die Aufwendung von rd. 18 Mill. Mk. für 36 Mill. cbm Hochwasserraum eine mittlere jährliche Schadenverhütung von 710 000 Mk., d. h. fast 4 v. H. der Anlagekosten erzielt werden konnte. Im Queisgebiet konnten mit 2,29 Mill. Mk. 10 Mill. cbm Schutzraum geschaffen und im Mittel ein jährlicher Schaden von 275 000 Mk. abgewendet werden. Es sind dies 12,5 v. H. Nicht berücksichtigt ist hierbei der Nutzen, den die Industrie aus der Anlage der Becken, im besonderen wenn sie entsprechend größer gemacht würden, gewinnen könnte. Es sind dies für die Wirtschaftlichkeit des Hochwasserschutzes nicht ungünstige Ergebnisse.

Man schätzt den an den linksseitigen Nebenflüssen der Oder innerhalb 10 Jahren herbeigeführten Schaden auf 24 Mill. Mk. Allein am Bober und Queis hat in den letzten Tagen des Juli 1897 der Schaden rd. 10 Mill. Mk. betragen (Abb. 351). Im Durchschnitt wird für diese Flüsse der jährliche Hochwasserschaden auf 1 Mill. Mk. geschätzt. In dem erwähnten Gesetz vom 3. Juli 1900 sind für die Anlage von Sammelbecken, die diese Schäden verhüten sollen, 12,5 Mk. vorgesehen. Über die wirklich zur Ausführung gelangten Becken s. Tab. 6 S. 30. Man ersieht, daß sich nach den genaueren Feststellungen wesentlich günstigere Verhältnisse ergeben haben als bei den ersten Untersuchungen.

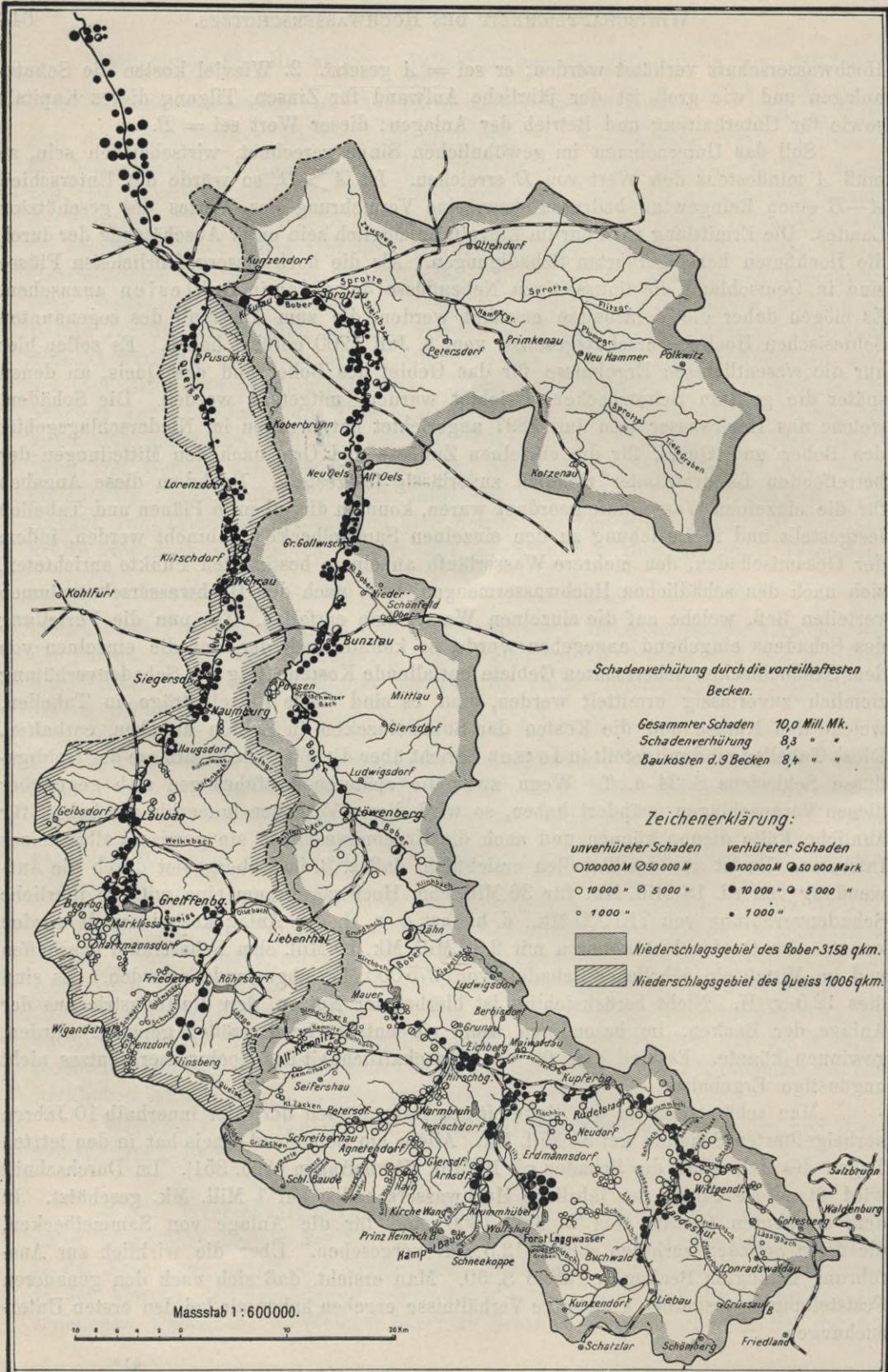


Abb. 351. Darstellung der Schäden und der Schadenverhütung durch Sammelbecken im Gebiet des Bober und Queiss bei dem Hochwasser vom Juli 1897.

Die Städte Elberfeld und Barmen leisten für die Freihaltung von 600 000 cbm Hochwasserschutzraum in der Bever und Lingese in der nassen Jahreszeit von Oktober bis April einen jährlichen Beitrag von 25 000 Mk. an die Wuppertalsperrengenosenschaft. Die Kosten der beiden Talsperren betragen 2,5 Mill. Mk. Also bedeutet der Hochwasserbeitrag eine Verzinsung von 1 v. H. des Gesamtkapitals; auf die Kosten des eigentlichen Schutzraumes bezogen, würde sich jedoch eine Verzinsung von etwa 10 v. H. ergeben.

Aber noch ein anderer Umstand kommt in Betracht. Bei den flachen Stauweihern von Herischdorf, Buchwald und Grüssau in Schlesien ist das Gebiet des Hochwasserstauraumes an Private verpachtet. Es ist hauptsächlich zur Wiesennutzung abgegeben, doch findet sich auch Ackerbau, besonders im oberen Teile des Beckens. Hier werden die Überflutungen nur selten eintreten und von kürzerer Dauer sein, als in den Wiesentälern der offenen Flußniederungen. In einigem Umfange wird dabei eine Düngung stattfinden. Durch die land- oder forstwirtschaftliche Bebauung bringt die Grundfläche der Staubecken eine gewisse Rentabilität und demgemäß fallen die Kosten des Grunderwerbs nicht oder nicht voll dem Bau zur Last. Am Stauweiher von Herischdorf kostet 1 cbm des Stauraumes etwa 22,5—25 Pfg., abzüglich der Grunderwerbskosten soll der Preis 12—13 Pfg., also nur etwa die Hälfte, betragen. Wenn somit die landwirtschaftlichen Erträge den Aufwand des für den Hochwasserstau nötigen Geländes aufwiegen, so wird der Hochwasserschutz durch Talsperren und Stauweiher in einem wesentlich günstigeren Lichte erscheinen, dadurch, daß auf diesen nur die Kosten des Bauwerkes selbst entfallen.

§ 88. Wirtschaftlichkeit der Talsperren für gemeinsame Zwecke. Es sind schon oben (s. S. 34 u. 599) einige Gesichtspunkte gegeben, nach denen die Aufrechnung von Ertragsberechnungen für Sammelbeckenunternehmungen erfolgen kann, die verschiedenen Zwecken zugleich dienen. Man wird zunächst berechnen — soweit dies in Zahlen ausdrückbar ist — welchen Vorteil die einzelnen Interessenten daran haben. Man muß also z. B. die Kraft ermitteln, die aus dem Stauweiher erschlossen werden soll, gegebenenfalls die Flächen bestimmen, denen Bewässerung zugeführt werden kann, ferner die erreichbare Abgabe für die Wasserversorgung, den Hochwasserschutz der unteren Täler durch die Wasserzurückhaltung und andere Wirkungen aus der Wasseraufspeicherung zahlenmäßig festlegen. Die Summe der Vergütungen, die die einzelnen Interessenten nach der Größe des ihnen zu teil werdenden Nutzens aufzubringen haben, muß die Gesamtunkosten decken. Man darf dabei allerdings nicht mechanische Zahlenrechnungen aufmachen, sondern man muß auch prüfen, welchen Wert die gewonnenen Energien für das wirtschaftliche Leben überhaupt haben. Dieses Moment ist oft ausschlaggebend für die Preisbemessung im einzelnen und für die Ertragsfähigkeit des ganzen Unternehmens, und daran ist auch der Anteil zu bemessen, nach dem die Nutznießer zu den Lasten heranzuziehen sind. Aus diesen Ausführungen ergibt sich ohne weiteres, daß hier kein allgemeiner Maßstab gegeben ist. Die Wertverteilung muß streng den Verhältnissen des Einzelfalles angepaßt werden. Es ist sicherlich Sache großer Erfahrung, eines wirtschaftlich richtigen Blickes und unparteiischer Beurteilung, eine billige Verteilung der Kosten und Erträge zu finden, und die Vorverhandlungen mit Sachlichkeit so zu führen, daß alle Interessen nach Möglichkeit gefördert werden. Name und Ansehn der führenden Persönlichkeit sind hierbei meist bedeutsamer, als peinliche zahlenmäßige Nachweise. Mancherlei derartige gemeinsame Unternehmungen sind an dem Widerstreit der Interessen gescheitert.

Ein Beispiel einer solchen wirtschaftlichen Aufrechnung für die Anlage eines Talsperrensystems am Oberrhein für den Hochwasserschutz, die Kraftgewinnung, landwirtschaftliche Bewässerung und für Schifffahrtzwecke siehe des Verfassers Schrift »Der Talsperrenbau und die Deutsche Wasserwirtschaft« Berlin 1902. S. 42.

Einige Anhaltspunkte für die Kostenverteilung bei der Ennepetalsperre s. Harz, Die Ennepetalsperre.

IV. Wirtschaftliche Betriebsergebnisse.

§ 89. Allgemeines. Der Betrieb der Talsperren im Wupper- und Ruhrgebiet hat im allgemeinen gezeigt, daß noch nicht jene Ruhe eingetreten ist, die die Stetigkeit der Wasserabgabe sichert. Es kommen Zeiten, in denen die Talsperren leer werden, so daß sie ihre Aufgabe nicht erfüllen können, so z. B. in der langen Trockenheit des Herbstes 1908. Mancher ist geneigt, hierin den Beweis zu sehen, daß die Sammelbecken die auf sie gesetzten Hoffnungen für das wirtschaftliche Leben nicht erfüllt haben. Aber das darf keineswegs gefolgert werden, ohne den Gründen nachzuforschen, die zu dem Versagen der Becken führten. Es ist oft ihre Überinanspruchnahme seitens der Wasserbezieher, die zu der Wasserklemme Anlaß gibt. Wenn ein Sammelbecken mit voller Füllung in die Sommerszeit eintritt und ein einigermaßen naßes Frühjahr vorherrscht, so ist jedermann bereit, den Wasservorrat scharf anzugreifen, nicht bedenkend, daß ein trockener Herbst eintreten kann. Der Mangel an hinreichender Erfahrung im wasserwirtschaftlichen Betriebe, in dem wir uns noch befinden, verleitet leicht dazu, die Vorschriften des nur für mittlere und trockene Jahre aufgestellten Betriebsplanes zu überschreiten. Und die üblen Folgen bleiben dann nicht aus. Man muß sich unbedingt daran gewöhnen, den Beckeninhalte — wie regenreich auch das Frühjahr sei — in der ersten Sommerhälfte sparsam zu behandeln, um für die Zeit der Not Reserven zu besitzen. Denn es hat die Betriebserfahrung erwiesen, daß auf einen verhältnismäßig nassen Sommer häufig eine längere Trockenperiode in den Herbst- und Wintermonaten mit früheinsetzendem Frost folgt. Andererseits muß in dieser Sparsamkeit im Wasserverbrauch eine gewisse Grenze gehalten werden, da z. B. bei den aus einem Sammelbecken gespeisten Kraftwerken ein vorteilhafter Betrieb eine möglichst vollständige Ausnutzung des Beckeninhaltes — bei großen Talsperren bis auf einen Rest von einigen Millionen Kubikmetern Inhalt — erwünscht erscheinen läßt.

Ferner sind aber von Nichteingeweihten meist auch zu weitgehende Hoffnungen auf den günstigen Einfluß der Talsperren gesetzt worden, die später zu gewisser Ernüchterung geführt haben. Die Wuppertalsperren schließen zurzeit 68 qkm Niederschlagsgebiet ab. Das ganze Gebiet der Wupper bis zur Mündung in den Rhein ist 600 qkm groß. Das abgesperrte Gebiet beträgt also 11 v. H. des Ganzen. An der Ruhr sind nach Fertigstellung der Möhne- und Listertalsperre 635 qkm, von im ganzen 4500 qkm des Ruhrgebietes durch Talsperren in ihrem Wasserhaushalt ausgeglichen. Das sind 14 v. H. Diese Verhältniszahlen muß man sich vergegenwärtigen und man wird ohne weiteres anerkennen, daß man mit so bescheidenen Mitteln doch auch nur eine verhältnismäßige Wirkung auf die Wasserführung ausüben kann. Es ist also der nur teilweise Erfolg nicht in verfehlten Maßnahmen, sondern darin zu erblicken, daß an sich durchaus richtige Mittel zur Besserung erst in ungenügendem Umfange angewandt wurden. Eine geregelte Aufspeicherung größerer Wassermassen, als bisher geschehen, ist notwendig, um für alle Zeiten des Jahres eine Wasserführung zu sichern, die sich der mittleren nähert.

§ 90. Beispiele. Im Anschluß an die Erörterungen über die Aufstellung von Ertragsberechnungen im vorhergehenden Abschnitt und zum Anhalt für die dabei zugrunde zu legenden Einnahmen aus der Wasserabgabe und Nutzbarmachung der Talsperren mögen an dieser Stelle einige Mitteilungen über Ergebnisse aus dem Betriebe neuerer deutscher und ausländischer Unternehmungen dieser Art Platz finden.

1. Talsperre der Stadt Remscheid im Eschbachtal. Der wirtschaftliche Nutzen dieses Unternehmens besteht in erster Linie in der gesicherten Wasserversorgung der Stadt Remscheid. Dieses Becken hat in den Jahren 1891—1906 die Speisung allein gedeckt, bis der gesteigerte Wasserbedarf die Anlage einer zweiten Talsperre in Neyetale notwendig machte (s. S. 14). Daneben wird in gewissem Umfange Kraft gewonnen. Es arbeiten zwei Turbinen von 25 bzw. 62 PS. Leistung unter einem Druck von 25 m. Sie dienen der Wasserhebung. Die hierdurch erzielte Kohlenersparnis beträgt im Mittel etwa 5000 Mk. jährlich. Den Triebwerken im unteren Eschbachtal ist vertragsmäßig eine Wasserabgabe von durchschnittlich 4500 cbm am Tag zugesichert. Die durch die Talsperre den Werken tatsächlich zugeführte Nutzwassermenge beträgt etwa 1,2 Mill. cbm jährlich, so daß die Wasserkräfte der Triebwerke gegenüber der Ausnutzung der natürlichen Wasserführung verdoppelt wurden. Das Gefälle des Eschbaches bis zum Einlauf in die Wupper beträgt rund 100 m. Die jährlich ersparte Ausgabe für Kohlen für die gewonnene Leistung wird bis 10000 Mk. berechnet. Zudem gestaltet sich der Betrieb der Werke gleichmäßiger und dauernder während des ganzen Jahres. Den Wiesen des Eschbachtals wird eine bessere Bewässerung als früher zugeführt. Die Gastwirtschaft am Stauweiher brachte bereits in den ersten Jahren einen jährlichen Pächtertrag von 8000 Mk. Nicht unbedeutend ist auch der Fischereiertrag. Weiteres s. Borchard, Die Remscheider Stauweiheranlage S. 87. Der Wasserpreis stellte sich im Betriebsjahre 1907 für die Trinkwasserversorgung auf 30,3 Pfg./cbm, während das gleichfalls aus Staubecken bezogene Trinkwasser in Barmen 14,9, in Lennep 25,7 und in Ronsdorf 37,7 Pfg./cbm kostete¹⁾. Verträge betreffend den Preis des Wassers aus der Ennepetalsperre s. Harz, Die Ennepetalsperre S. 41 u. f.

2. Wasser- und Elektrizitätswerk der Stadt Solingen. Über die baulichen Anordnungen und Betriebseinrichtungen dieses Werkes s. S. 38, über den wasserwirtschaftlichen Betrieb s. S. 559.

Für die Finanzübersicht dieses Unternehmens ist eine Trennung nach dem Wasserwerk und Elektrizitätswerk erfolgt. Bei ersterem werden die gesamten hydraulischen Anlagen geführt, weil das Unternehmen in erster Linie für Wasserversorgungszwecke errichtet wurde und der Kraftgewinn gleichsam als ein Nebenerzeugnis hinzukam. Man darf ferner nicht außer Acht lassen, daß das Talsperrenwasserwerk wesentlich durch das alte außer Betrieb gesetzte Wasserwerk Grunenburg belastet wird. Die Anlagekosten betragen in runder Summe:

1. Talsperren nebst den hydraulischen Anlagen der Trinkwasserversorgung und Kraftgewinnung	3,484,000 Mk.
2. Elektrizitätswerk, soweit die Talsperrenwasserkraft verwertet wird	626,000 „
3. Rohrleitungsverteilungsnetz	290,000 „
	<hr/>
	zusammen 4,400,000 Mk.

Wasserwerk. Die mittlere Einnahme aus dem verkauften Wasser, hat sich wie aus der Tab. 102 ersichtlich ist, zu rund 23 Pfg. für 1 cbm gestellt. Aus diesem Preise ergibt sich die Deckung der gesamten aus dem Wasserwerksbetriebe entspringenden Kosten für Verzinsung und Unterhaltung, Tilgung, Gehälter und Löhne, Beitrag zur Wuppertalsperren-Genossenschaft (jährlich etwa 3300 Mk.) sowohl der neuen Anlagen (einschl. Talsperre Pumpwerk usw.) wie der alten Anlage Grunenburg. Die Abschreibung bei den Gebäuden, dem Wehr, Stollen, Rohrleitungen, Betriebskanal, Berieselungsanlagen, Turbinen und Pumpen erfolgt mit 1 v. H., bei der großen Talsperre mit $\frac{1}{2}$ v. H.

Der Preis von 23 Pfg. bzw. 20 Pfg. ohne Wassermessermiete für 1 cbm Wasser liegt allerdings über dem Mittel des bei deutschen Wasserwerken in der Regel gezahlten Preises. Dieser Preis erklärt sich zum Teil daraus, daß das alte Wasserwerk noch nicht getilgt ist und keinen Ertrag liefert. Ohne diese Belastung würde sich der Wasserpreis auf etwa 13—16 Pfg. für 1 cbm stellen. Weiterhin ist zu beachten, daß eine Hebung des Wassers um 170 m erfolgt. Der Wasserpreis wird

¹⁾ Nach Angaben von Esterer a. a. O. S. 15.

dauernd abnehmen mit der Tilgung des Kapitals der Talsperre, deren Kosten (rund 1,5 Mill. Mark), etwa $\frac{1}{3}$ des Gesamtanlagekapitals betragen. Denn diese Sperrmauer wird, wie alle Erfahrung erweist, die Tilgungszeit von weniger als 200 Jahren (entsprechend einem Tilgungssatz von $\frac{1}{2}$ v. H.) weit überdauern und später nur geringfügige Ausgaben verursachen. Man kann annehmen, daß dann die Selbstkosten des Wassers auf 8—11 Pfg. für 1 cbm heruntergehen werden.

Der gegenwärtige Tarif des Wasserwerks stellt sich wie folgt: das gelieferte Wasser wird nach Wassermessern berechnet. Die Bezahlung erfolgt nach Maßgabe des wirklichen Verbrauchs, jedoch sind mindestens für jedes Grundstück oder Gebäude für ein Vierteljahr ausschließlich Wassermessermiete zu zahlen; bei einer Bodenfläche

1. bis 100 qm	4,00 Mk.,	wofür 15 cbm Wasser geliefert werden
2. „ 133 „	5,20 „	„ 20 „ „ „
3. über 133 „	6,50 „	„ 25 „ „ „

Bei einem vierteljährlichen Verbrauch über 25—250 cbm beträgt der Preis 18 Pfg. für 1 cbm. Für größeren Verbrauch wird Ermäßigung bewilligt, die bis zu 14 Pfg. für 1 cbm heruntergeht.

Die Finanzübersicht des Elektrizitätswerkes (s. Tab. 103) ist auf der Grundlage aufgebaut, daß nur die für den Elektrizitätsbetrieb getroffenen Einrichtungen, d. h. die Ausgaben hierfür und die Einnahmen aus dem Stromverbrauch in Ansatz gebracht sind. Es fallen hierunter die Turbinen, Dynamos, Stromfernleitungs- und Verteilungsanlagen usw., nicht aber die Kosten der Anlagen für die Schaffung der Wasserkraft (Talsperren, Wehr, Betriebskanal, Kraftgebäude u. a. m.). Die Kosten hierfür sind, wie schon oben bemerkt, lediglich auf das Konto des Wasserwerks gesetzt. Die Beurteilung der Rentabilität wird ferner dadurch erschwert, daß die Talsperrenzentrale bei Glüder und die Straßenbahn (Dampf-) Zentrale in der Stadt Solingen in Betriebsgemeinschaft standen. Es würde an dieser Stelle zu weit führen, auf diese Einzelheiten der Betriebsergebnisse des Elektrizitätswerkes einzugehen. Es soll dies auf der Grundlage der von der städtischen Betriebsverwaltung dem Verfasser freundlichst überlassenen Jahresberichte nur insoweit geschehen, um einen Überblick über die Verzinsung des gesamten angelegten Kapitals der Talsperrenanlage zu erhalten. Es sei z. B. aus den Ergebnissen des Betriebsjahres 1910/11, das etwa dem gegenwärtigen Wirtschaftsstande des Werkes entspricht, bemerkt: Der Reingewinn in diesem Jahre betrug 109600 Mk. (Tab. 103). Dieser Reingewinn ergab sich nach Abzug aller unmittelbaren und mittelbaren Betriebskosten (Verzinsung, Tilgung, Unterhaltung der Anlagen, Gehälter und Löhne, Kosten der Dampfzentrale, Beitrag zur Wuppertalsperrenengenossenschaft usw.). Wenn man diese Reineinnahmen verteilt im Verhältnis der von den beiden Werken erzeugten K.W.-Stunden (insgesamt wurden erzeugt 2,70 Mill. K.W.-Stunden, davon in Glüder 1,5 Mill. K.W.-Stunden), so entfällt auf das Talsperrenwerk ein Anteil von 60900 Mk. Dabei betrug die Einnahme für die verkaufte K.W.-Stunde 17,89 Pfg.

Die Gesamteinnahmen im Jahre 1910/11 waren:

1. Aus dem Wasserwerksbetrieb rund	285100 Mk.
2. Aus dem Elektrizitätsbetriebe. (Anteil des Talsperrenwerkes)	172200 „
	zusammen 457300 Mk.

Es ergibt sich somit nach Maßgabe der obigen Einnahme eine Verzinsung von 10,4 v. H. des in den Bauanlagen aufgewandten Kapitals (4,4 Mill. Mk.) Das Unternehmen ist darnach als ein wirtschaftliches und ertragreiches zu bezeichnen.

Der Reingewinn des Elektrizitätswerkes im Betriebsjahre 1911/12 betrug 123500 Mk.

Der elektrische Strom für die verschiedenen Gebrauchszwecke wurde bis zum Jahre 1912 zu nachstehendem Tarif abgegeben:

a) Lichtstrom. Der Grundpreis betrug 45 Pfg. für die K.W.-Stunde bis zu einer Benutzungsdauer von 350 Stunden im Jahr. Der ganze über 350 Stunden hinausgehende Verbrauch wurde mit 25 Pfg. für eine K.W.-Stunde vergütet.

b) Kraftstrom. Der Grundpreis betrug 18 Pfg. für die K.W.-Stunde bis zu einer Benutzungsdauer von 750 Stunden im Jahr. Der über 750 Stunden hinausgehende Verbrauch wurde mit 8 Pfg. für 1 K.W.-Stunde vergütet.

Eine bedeutsame Umwandlung im Betriebe des Werkes ist im Jahre 1911 erfolgt. Die Stadt hat ihr Hochspannungsnetz gegen eine jährliche Summe von 50000 Mk. an das Bergische Elektrizitätswerk verpachtet und zugleich das Hoch- und Niederspannungsnetz dieses Werkes erworben. Auch dieses Hochspannungsnetz ist an das genannte Werk gegen eine Verzinsung von $\frac{1}{2}$ v. H. und eine

Tabelle 102. Übersicht der Kosten, Einnahmen und Ausgaben des Talsperrenwasserwerkes der Stadt Solingen.

Betriebsjahr	Verkaufte Wassermenge cbm	Kapitalwert am Beginn des Betriebs- jahres Mk.	Abschreibung Mk.	Kapitalwert am Schluß des Betriebs- jahres Mk.	Einnahmen Mk.	Ausgaben Mk.	Gewinn Mk.	Selbstkosten ²⁾ für 1 cbm verkauftes Wasser Pfg.	Einnahmen ³⁾ für 1 cbm verkauftes Wasser Pfg.
1907/8 (i. 4. 1907 bis 31. 3. 1908)	1 246 300	4 350 100	48 700	4 301 400	285 254	273 556	11 698	19,07	22,89
1908/9	1 187 100	4 301 400	50 400	4 251 000	271 248	271 063	185	20,11	22,85
1909/10	1 157 400	4 251 000	52 700	4 198 300	271 381	273 112	1731 (Verlust)	20,65	23,60
1910/11	1 234 400	4 198 300	54 500	4 143 700	285 124	269 690	15 434	19,03	23,10
1911/12	1 478 100	4 143 800	56 800	4 086 900	333 104	289 043	44 061	16,83	22,54

Tabelle 103. Wirtschaftliche Ergebnisse des Elektrizitätswerkes der Stadt Solingen.

Die Wasserkraftzentrale bei Glüder ist für den elektrischen Betrieb ausgerüstet mit 2 Niederdruckturbinen von 300 bzw. 350 P.S. und 1 Hochdruckturbinen von 300 P.S. Leistung.

Betriebsjahr	Gesamte Jahresleistung beider Zentralen: Glüder und Straßen- bahnzentrale Erzeugte KW.-Std. in Mill.	Talsperren- Kraftwerk Glüder = Erzeugte KW.-Std. in Mill.	Gesamte Selbstkosten für 1 nutzbar abgegebene KW.-Std. Pfg.	Kohlenkosten für 1 nutzbar abgegebene KW.-Std. Pfg.	Gesamte Selbst- kosten abzügl. Kohlenkosten für 1 nutzbar abgegebene KW.-Std. Pfg.	Durchschnitt- liche Einnahme für 1 nutzbar abgegebene KW.-Std. Pfg.	Reingewinn (aus beiden Werken) Mk.
1907/8	—	—	11,53	2,28	9,25	17,73	59 400
1908/9	1,846	1,120	12,83	2,13	10,70	18,30	47 600
1909/10	2,274	1,590	9,66	1,47	8,19	18,12	75 300
1910/11	2,703	1,504	11,06	1,69	9,37	17,89	109 600

1) Einschließl. des außer Betrieb gesetzten alten Wasserwerkes Grunenburg. Der Kapitalwert des Talsperrenwerkes allein betrug am 31. März 1911 rund 3 490 000 Mk.

2) Abzüglich Einnahmen an Wassermessermiete, Pacht, Zinsgewinn und Installationen.

3) Einschließlich Wassermessermiete, kleine Pächterträge, Installationseinnahme usw.

Tilgung von 3 v. H. des Kapitals verpachtet. Die städtische Dampfzentrale ist außer Betrieb gesetzt. Die in der Wasserkraftanlage Glüder erzeugte elektrische Energie wird von dem Bergischen Elektrizitätswerk zum Preise von 2,5 Pfg. für die K.W.-Stunde in einer Spannung von 5000 Volt abgenommen. Die Stadt Solingen hat nur den Betrieb des Niederspannungsnetzes. Die eigentliche Stromlieferung und den Betrieb des gesamten Hochspannungsnetzes besorgt das genannte Werk. Dieses liefert an die Stadt den Lichtstrom für 13,5, den Kraftstrom für 8 Pfg. für die K.W.-Stunde in Niederspannung, mit entsprechender Verbilligung bei mehr als 2 Mill. K.W.-Stunden Verbrauch im Jahr. Im Zusammenhange hiermit wurde für den Absatz an Private ein neuer Tarif mit einigen Ermäßigungen eingeführt, u. a. beträgt der Preis der Lichtkilowattstunde 35 Pfg. Auch im Krafttarif sind einige Vergünstigungen eingetreten. Den größeren Kraftabnehmern wird das Licht zum Kraftstrompreise geliefert.

Bemerkt sei schließlich, daß die Abschreibung der Maschinen mit 8 v. H., des Kabelnetzes mit 5 v. H. und der Akkumulatoren mit 10 v. H. erfolgt. Die gesamten jährlichen Betriebskosten betragen rund 8,5 v. H. der Anlagekosten.

3. Elektrizitätswerk der Stadt Nordhausen a. H. Siehe S. 41 u. 562. Der Betrieb des Talsperrenkraftwerkes ist seitens der Stadt Nordhausen an die Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft vormals Schuckert & Co. zu Nürnberg verpachtet. Das Abkommen ist in der Weise geregelt, daß die Stadt Nordhausen auf ihre Kosten die hydraulischen Anlagen — Talsperre, Rohrleitung und Kraftgebäude — errichtet hat und unterhält. Die genannte Firma hat in gleichem Umfange den maschinellen und elektrischen Ausbau einschließlich der Fernleitung übernommen und führt den Kraftbetrieb auf eigene Kosten. Die Stadt erhält als Vergütung eine jährliche Pauschabfindung von 15000 Mk. bis zu einer Kraftentnahme von 250000 Kilowattstunden. Für jede weitere Kilowattstunde — gemessen auf Schaltbrett des Staatsbahnhofs Nordhausen — werden 5 Pfg. bezahlt.

Es stehen im ganzen bei 50 l/sek. Wasserabgabe etwa 550000 KW.-St. und in einem mittleren Jahre, wenn man hierfür nur 2,6 Mill. cbm Jahresabfluß in Ansatz bringt, etwa 800000 KW.-St. am Kraftwerke zur Verfügung.

Der Betrieb vollzieht sich in der Weise, daß das Talsperrenwerk seine Kraft an die vorgenannte Zentrale abgibt und diese für die weitere Verwendung des Stromes Sorge trägt. Zwischen dem genannten Elektrizitätswerk und der Staatsbahnverwaltung ist ein Vertrag abgeschlossen, wonach der Strom bis zur Entnahme von 160000 KW.-Stunden im Jahr mit 14 Pfg., darüber hinaus mit 13 Pfg. für die gelieferte KW.-St. bezahlt wird. Der Preis bei Abgabe innerhalb der Stadt an Private beträgt 65 Pfg. für Licht und 20 Pfg. für Kraft für 1 KW.-St.

4. Stauweiher in den Vogesen für Krafterhöhung und landwirtschaftliche Bewässerung. Durch den Ahfeldweiher von 1,1 Mill. cbm Stauinhalt können in 41 Triebwerken bei 100 m Gesamtgefälle jährlich etwa 800000 PS.-Stunden nutzbar gemacht werden. Selbst wenn hiervon nur die Hälfte verwertet wird, so berechnet sich aus der entsprechenden Ersparnis an Kohlen der Gewinn in Geldwert zu 22400 Mk. Einschließlich der Benutzung des Wassers in dem am Bache angesiedelten Baumwollengewerbe läßt sich der verwertbare Gewinn auf 40000 Mk. im Jahre schätzen. Der Gewinn, der sich für die Landwirtschaft aus der Ausnutzung des Stauweihers ziehen läßt, kann jährlich zu 50000 Mk. angenommen werden. Die Anlagekosten des Weihers betragen 440000 Mk. Wenn der Gesamtgewinn nur mit 75000 Mk. in Ansatz gebracht wird, so beläuft sich die Verzinsung des Anlagekapitals auf 17 v. H.⁴⁾

Bei den Stauweihern im Fechtale (Vogesen), die den gleichen Zwecken dienen, berechnet sich die Rentabilität zu etwa 11 v. H. Den Gewinn an Kraft in den unterhalb dieser Talsperren gelegenen Triebwerken berechnet Fecht für das Jahr 1892 in Geldeswert, ausgedrückt durch die Ersparnis an Kohlen für eine gleichwertige Leistung, zu rund 32300 Mk. Der Gewinn der Landwirtschaft wird auf 36000 Mk. beziffert. Der Gesamtgewinn beträgt also 68000 Mk., während sich die gesamten Baukosten auf rund 604000 Mk. belaufen.

Diesen Aufrechnungen liegt ein Mehrertrag der Ernte für die Wiesen an der Doller von 50 Mk. für 1 ha und für die Wiesen im Fechtale von 60 Mk. für 1 ha zugrunde. Es sind dies Sätze, wie sie sich aus den Erfahrungen an den Bewässerungsanlagen am unteren Laufe der Fecht seit Jahren ergeben haben.

5. Bei den aus der Talsperre von San Roque in Argentinien (siehe S. 6) bewässerten Ländereien hat der bewässerte Boden gegenüber dem unbewässerten Lande eine Wertsteigerung bis auf das zwanzigfache erfahren. Es sind hier ungefähr 12000 ha der landwirtschaftlichen Bewässerung

1) Näheres Fecht, Anlage von Stauweihern in den Vogesen S. 19 und Über den Betrieb der Stauweiher im oberen Fechtale S. 21.

erschlossen. Diese außerordentliche Wertsteigerung erklärt sich aus der starken Trockenheit und Verdunstung des Landes.

6. Assuan-Sperre. Die Kosten der Anlage werden nach der Ausführung zu 48,8 Mill. Mk. angegeben. Für die Beurteilung des wirtschaftlichen Wertes mögen folgende Angaben dienen: Das Becken enthielt bisher rund 1000 Mill. cbm. Die aufgespeicherte Wassermenge genügt zur Bewässerung von reichlich 200000 ha. Der jährliche Zuwachs an Baumwollenernte infolge der Bewässerung wird zu 80 Mill. Mk. veranschlagt. Man schätzt die dadurch erzielte Wertsteigerung des Landes auf rund 1500 Mk. für 1 ha. Die gesamte gewonnene Wertsteigerung würde demnach 300 Mill. betragen, während die einmalige Ausgabe für die Anlage nur rund 49 Mill. Mk. erreicht. Man ersieht daraus ohne weiteres den großen wirtschaftlichen Wert des Unternehmens. Und dieser ist in letzter Zeit noch gesteigert worden durch eine Aufhöhung der Staumauer. Es ist eine Aufhöhung um 5 m in den Jahren 1907—12 mit einem Kostenaufwande von 31 Mill. Mk. ausgeführt worden. Dadurch ist ein Stauraum von 1300 Mill. cbm hinzu gewonnen worden. Das Stauwasser reicht zur Bewässerung von weiteren 200000 ha hin, wofür auch Bedarf vorhanden ist. Es ist also mit einem Geldaufwande von 31 Mill. Mk. eine Wertsteigerung des bewässerten Landes um 300 Mill. Mk. bewirkt worden. Näheres siehe S. 583, ferner Zeitschr. f. Bauwesen 1900 S. 376, Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1900 S. 274, 1909 S. 393. Deutsche Bauzeitung 1907 S. 301, 1912 S. 656.

7. Die Wuppergenossenschaft. Über die Wasserverhältnisse und wasserwirtschaftlichen Betriebsergebnisse siehe S. 563. Die satzungsmäßigen Einheitspreise sind als Grundbeitrag 80 Mk. für die Jahrespferdekraft bei 3000 Arbeitsstunden und 0,50 Mk. für 1 cbm Wasserentnahme während eines Jahres z. B. für Färbereien u. Wäschereien. Im Jahre 1900 waren rund 100000 Mk. von den Genossen aufzubringen, und es fand eine Erhöhung der berechneten Beiträge auf $\frac{3}{2}$ der Normalbeiträge statt, so daß die Pferdekraft 120 Mk. kostet (siehe Tab. 101 und 104).

Die Wasserkräfte der Triebwerke sind je nach der Größe der Werke von $\frac{1}{3}$ bis zu dem 3fachen ihrer früheren Stärke durch die Talsperren vermehrt worden. Triebwerke in den Tälern, die verlassen und verfallen waren, sind zum Teil neu ausgebaut und vergrößert. Zum anderen Teile sind kleine Werke oder Zentralwerke neu angelegt. Vielfach sieht man die Anlegung der Talsperren als einen Wendepunkt für die gewerbliche Tätigkeit in den Tälern des bergischen Landes an. Wenn zwar nicht alle Hoffnungen erfüllt wurden, so ist dies nicht als ein grundsätzlicher Fehler der Unternehmungen anzusehen; sondern es liegt, wie S. 646 ausgeführt wurde, daran, daß die bisherigen Sammelbecken eben nur eine Wirkung ausüben können, die dem Verhältnis der Größe ihrer Niederschlagsgebiete zur Gesamtgröße des Flußsystems der Wupper entspricht. Durch weitere Staubeckenanlagen im Wupperegebiet gestaltet sich die Lage der Genossenschaft fortgesetzt günstiger. Sie besitzt hier das Vorrecht zur Errichtung von Sammelbecken und erhält deswegen vermehrten Wasserzuschuß in trockener Zeit, z. B. aus Trinkwasserbecken, ohne daß der Genossenschaft Kosten entstehen. Entsprechende Verpflichtungen haben u. a. die Städte Remscheid für die Neyetalsperre (siehe S. 15) und Barmen für die Herbringhauser und Kerspe Talsperre übernehmen müssen. Die Genossenschaft hat neuerdings in der Nähe von Marienheide im Bruchertale eine neue Talsperre und in Leyersmühle bei Wipperfürth einen Ausgleichweiher von 80000 cbm Inhalt erbaut.

Die Ausgaben und Einnahmen der Wuppertalsperrengenosenschaft stellen sich im Durchschnitt der Jahre 1907/8 etwa wie folgt:

1. Gesamtkosten der genossenschaftlichen Anlagen	3 006 000 Mk.
2. Gesamtausgaben im Jahr (d. h. 4,75 v. H. der Gesamtkosten)	142 700 >
3. Einnahmen im Jahr: Unterstützung durch die Provinz	6 000
Beitrag für Wasserentnahme	23 400
Beitrag der Städte Elberfeld und Barmen	28 000
Beitrag der Triebwerke	81 600
Kleinere Einnahmen (Pacht usw.)	3 700
	142 700 >

Eingehende Mitteilungen über die Talsperrengenosenschaften im Ruhr- und Wupperegebiet siehe Wulff, Die Talsperrengenosenschaften im Ruhr- und Wupperegebiet S. 46 ff. u. S. 116.

8. Ruhrtalsperrenverein. Über die wirtschaftliche Lage, seine Entwicklung seit der Begründung im Jahre 1897 und seinen Vermögensstand geben nachstehende Angaben Aufschluß¹⁾:

¹⁾ Zusammengestellt nach den dem Verfasser freundlichst überlassenen Rechenschaftsberichten des Ruhrtalsperrenvereins.

Förderung aus der Ruhr und Mitgliederbeiträge seit 1897. Nach der Hebeliste des Ruhrtalsperrenvereins für das Jahr 1908 gehörten dem Verein 78 Wasserwerke (Pumpwerke) an, welche teils im Besitze der Stadt- und Landgemeinden waren, teils von größeren Werken und Fabriken standen. Außerdem waren 15 Triebwerke veranlagt. Die Pumpwerke brachten insgesamt an Beiträgen für das Jahr 1908, welche nach der Wasserentnahme im Jahre 1907 berechnet werden, den Betrag von 577 600 Mk. auf, gegen 486 500 Mk. im Jahre 1907, mithin ein Mehr von rund 91 000 Mk. Welch gewaltige Wassermengen der Ruhr jährlich entnommen werden, erhellt am besten daraus, daß im Jahre 1907 rund 280 000 000 cbm gegen 250 220 000 cbm im Jahre 1906 gefördert wurden, die Zunahme also 30 Mill. cbm betragen hat. Im Jahre 1897 wurden erst 135 000 000 cbm gefördert, es hatte sich also in 10 Jahren die Wasserentnahme mehr als verdoppelt. Zu den größten Verbrauchern zählen die Städte Dortmund, Bochum, Essen, Mülheim an der Ruhr, Duisburg, Barmen, Witten und Hagen, sowie das Wasserwerk für das nördliche westfälische Kohlenrevier in Gelsenkirchen, das Verbandswasserwerk in Bochum, die Firmen Thyssen & Co. in Mülheim, Krupp Essen, Gutehoffnungshütte Oberhausen und Rheinische Stahlwerke Duisburg. Die in Betrieb befindlichen 9 Sperren im Sauerlande besitzen zusammen einen Stauinhalt von 32,40 Mill. cbm Wasser⁴⁾.

Die Entwicklung des Ruhrtalsperrenvereins geht stark aufwärts. Seine Einnahmen aus der Wasserförderung sind von 151 250 Mk. im Jahre 1898 auf 260 110 Mk. im Jahre 1903 und auf 582 860 Mk. im Jahre 1908 gestiegen. Im Jahre 1904 ist eine Erhöhung der Vereinsbeiträge auf 4 Pfg. für je 10 cbm eingetreten, woraus sich das verhältnismäßig starke Anwachsen der Einnahmen in den letzten Jahren erklärt. Außerdem betragen die Einnahmen von den zum Ruhrtalsperrenverein gehörenden Triebwerken, die vom 1. Juli 1905 ab erhoben worden sind, 360 Mk. für 1 m Gefälle und Jahr, zusammen rund 8000—9000 Mk. jährlich. Nach einem kleinen Rückgange in den Jahren 1909—11 stiegen die Einnahmen aus der Wasserförderung im Jahre 1912 auf mehr als 600 000 Mk.

Übersicht der Zuschüsse. Aus der nachstehenden Zusammenstellung sind die den Talsperren im Ruhrgebiet vertragsmäßig zustehenden Beihilfen nach dem Stand des Jahres 1912 zu ersehen.

a) Heilenbecker Talsperren-Genossenschaft	Mk.	395 Beitrag.
b) Fuëlbecke-Talsperren-Genossenschaft	»	4 000 »
c) Verse-Talsperren-Genossenschaft	»	14 000 »
d) Stadt Haspe-Talsperren-Genossenschaft	»	20 000 »
e) Ennepe-Talsperren-Genossenschaft	»	100 000 »
f) Volme-Talsperren-Genossenschaft:		
1. Glörbach-Talsperren-Genossenschaft	»	21 150 »
2. Jubach-Talsperren-Genossenschaft	»	10 575 »
g) Talsperren-Genossenschaft der oberen Ruhr (Henne) »		110 000 »
h) Östertalsperren-Genossenschaft	»	31 000 »
i) Listertalsperren-Genossenschaft	»	130 000 »
	Zusammen Mk.	441 120 Beitrag.

In den Zuschüssen des Vereins an die bestehenden Genossenschaften sind später einige Änderungen eingetreten. Auf Antrag der drei Städte Dortmund, Unna und Hamm, die Mitglieder der Talsperren-genossenschaft an der oberen Ruhr sind, erhöhte der Vorstand 1908 seinen Zuschuß zu den Lasten der Hennetalsperre vom 1. Oktober 1907 ab von 96 000 Mk. auf 110 000 Mk. jährlich und entlastete dadurch die genannten drei Städte in gleichem Maße von ihren Beiträgen an die Genossenschaft. Durch Vorstandsbeschluß vom 4. März 1908 ist der Ennepetalsperren-genossenschaft für die Vergrößerung der Ennepetalsperre um 2,3 Mill. cbm eine Erhöhung des jährlichen Zuschusses um 20 000 Mk. auf sechs Jahre bewilligt worden, insgesamt also 120 000 Mk. Der Aufbau auf die Mauer ist im Jahre 1912 fertiggestellt (S. 581). Die Bewilligung erfolgte unter der Bedingung, daß die Überschüsse aus der Mehrleistung der Talsperre, die durch die Vergrößerung erzielt wird, dem Verein in gleicher Weise wie sie der bestehenden Talsperre zufließen, auch dann, wenn die Zahlung des Zuschusses von 20 000 Mk. nach 6 Jahren beendet ist, und zwar bis zum Ende der Tilgungszeit. Der Zuschuß des Vereins an die Stadt Haspe sank vertragsmäßig fünf Jahre nach Vollendung der Talsperre, d. h. am 26. Februar 1909, von 25 000 Mk. auf 20 000 Mk. jährlich.

Außer den laufenden Beiträgen ist den Genossenschaften vertragsmäßig die Hälfte der während der Bauzeit aufgewandten Bauzinsen zu erstatten. Diese einmalige Ausgabe hat die Kasse des Vereins in den Jahren 1904 bis 1908 mit 316 000 Mk. belastet.

⁴⁾ Über den Stauinhalt der Talsperren und ihre wasserwirtschaftlichen Verhältnisse siehe S. 128 u. 567.

Tab. 104. Genossenschaftsbeiträge für 1 Pferdekraftstunde bei den Talsperren im Wupper- und Ruhrgebiet¹⁾.

1	2	3	4	5	6
Genossenschaft	Beitrag nach dem Voranschlag (Grundbeitrag)	Einheitssatz für 1 PS. = Stunde	Nach dem Wasser- wirtschaftsplan be- rechnete Nutzleistung	Aus dem Betriebe sich ergebende mittlere tatsächliche Nutz- leistung	Erhobener Genossen- schaftsbeitrag in Pfen- nigen für 1 Pferde- kraftstunde
		Pf.			
Fuëlbecke	In der Fuëlbecke: 50 Mk. für 1 m Gefälle	4,0	—	—	4,0
	In der Rahmede: 75 Mk. für 1 m Gefälle	4,1	—	—	4,1
Heilenbecke	Gleichmäßig für jedes Gefälle 130 Mk.	3,9	—	—	3,9
Wuppertalsperren	80 Mk. für 1 PS. an 3000 Arbeitsstunden im Jahr.	2,67	966 PS.	657 PS.	3,93
Verse	Die oberen Werke:	2,0	426 100 PS.-	294 300 PS.-	4,0
	Die unteren Werke:	2,7	Stunden	Stunden	
Hasperbach	83 Mk. für 1 m Gefälle.	3,9	—	—	3,9
Volme	113 Mk. für 1 PS. an 3300 Stunden jährlich.	3,43	332 PS.	298 PS.	3,74
Ennepe	30 Mk. für 1 PS. an 3000 Stunden jährlich, außerdem ein Pauschal- preis nach Größe des Werkes.	1,38	291 PS.	289 PS.	1,39
Obere Ruber (Henne)	25 Mk. für 1 m Gefälle und 1 Mill. Stauinhalt der Talsperre.	1,9 bei 3000 Ar- beitsstunden, 0,8 bei 7200 Arbeitsstunden im Jahr	—	—	1,9 bzw. 0,8
Öster	131 Mk. für 1 PS. wäh- rend 3000 Stunden im Jahr.	4,37	237	232	4,45

¹⁾ Zusammengestellt nach den Angaben von Wulff a. a. O. S. 115.

Finanzübersicht. Das Etatsjahr 1908 schloß, wie sich aus nachstehender Berechnung ergibt, im Voranschlag mit einem Bestande von rund 465 000 Mk. ab.

Die wirtschaftlichen Ergebnisse der Wupper- und Ruhrtalsperrenengenossenschaften. Die Tabelle 104 gibt eine Übersicht über die Einheitssätze der Genossenschaftsbeiträge bei einer Anzahl Talsperren im Wupper- und Ruhrgebiet. Die Spalten 2 und 3 enthalten die Einheitssätze, die sich aus dem Wasserwirtschaftsplane, dem Entwurf und den veranschlagten Kosten des Unternehmens errechneten. Man kann diese Beiträge des Voranschlags etwa als Norm bezeichnen. Bei der Ausführung der Talsperren ergaben sich meist höhere Baukosten und andererseits blieben die wasserwirtschaftlichen Leistungen der Staubecken zum Teil hinter den errechneten zurück. Demnach wurden im späteren Betriebe die laufenden jährlichen Ausgaben größer, während die gewonnenen Nutzpferdekräfte kleiner als entwurfsmäßig ausfielen. Die jährlichen Ausgaben der Genossenschaften werden durch den Etat festgestellt. Dividiert man die darnach sich ergebende Gesamtsumme durch die Zahl der gewonnenen Pferdekräfte oder Pferdekraftstunden, so erhält man den Beitrag, der zur

noch eine Ermäßigung bis zu 10 v. H., wenn die Dividende der Gesellschaft 5 v. H. übersteigt. Dafür ist ihnen aber die Verpflichtung auferlegt, die jeweils gewährleistetete Jahresmenge, die zwischen 2,4 und 8,5 Mill. Kw.-Stunden liegt, unter allen Umständen zu bezahlen, also auch dann, wenn sie nicht verbraucht werden kann.

Die Kreise sind im Weitervertrieb der elektrischen Energie ganz selbständig, haben sich aber im großen und ganzen an einen von der Verwaltung der Gesellschaft ausgearbeiteten Tarif gehalten, nach welchem der Strom für Beleuchtungszwecke mit Berücksichtigung der Rabatte sich auf 25 bis 40 Pfg. für die Kw.-Stunde stellt.

Der Strom zu Kraftzwecken wird:

a) bei Niederspannung zu 8 bis 35 Pfg.

b) bei Hochspannung (5000 Volt) zu $4\frac{1}{2}$ bis 25 Pfg. verkauft; in beiden Fällen hat die jährliche Gesamtleistung und die Art der Entnahme den größten Einfluß auf den Preis. Es ist eine Prämie auf möglichst gleichmäßigen Verbrauch gesetzt, ein Umstand, der für den Betrieb des Kraftwerkes sehr ins Gewicht fällt. So z. B. zahlt ein Verbraucher, der 10 PS. während 24 Stunden braucht, erheblich weniger, als ein andere, der 24 PS. während 10 Stunden betreibt. Die Kosten des Unternehmens (s. S. 27) (Gründerwerb, Talsperre, Stollen und Kraftwerk) haben 9,4 Mill. Mk. und einschl. der Bauzinsen 10,3 Mill. Mk. betragen. Davon haben die Stadt Aachen, die Kreise Aachen, Düren und Schleiden je 1 Mill. Mk., der Kreis Jülich 360 000 Mk. und die Kreise Montjoie und Heinsberg je 320 000 Mk. aufgebracht. Weitere Zuschüsse wurden durch Nachzahlungen von 80 v. H. der Stammeinlage und eine Anleihe von 1,3 Mill. Mk. gewonnen. Die Hauptleitungen (35 000 Volt) und die 5000-Voltleitungen sind von der Gesellschaft angelegt, die weiteren Verbreitungsleitungen haben die betreffenden Gesellschaften hergestellt.

Im ersten Geschäftsjahr 1906/7 gewährte die Gesellschaft eine Dividende von $2\frac{1}{4}$ v. H., so daß die Zinsen, welche die Kreise für die Anleihen zahlen mußten, sowie der Tilgungssatz nicht gedeckt wurden. Im zweiten Betriebsjahr 1907/8 konnte eine Dividende von $3\frac{3}{4}$ v. H. verteilt werden. Das Unternehmen ist nach dem Gesellschaftsvertrage als ein gemeinnütziges anzusehen, das an sich keine hohen Dividenden abwerfen soll, wenn zwar die obigen Erträge eine ausreichende Verzinsung und Tilgung des Kapitals noch nicht gewähren. Mit der fortschreitenden Tilgung wird sich jedoch die Dividende voraussichtlich erhöhen. Der eigentliche Unternehmensgewinn fließt im übrigen den Gesellschaftern (Kreisen) zu, denen der elektrische Strom aus dem Elektrizitätswerk der Talsperre, wie aus den obigen Angaben ersichtlich ist, etwa zum Selbstkostenpreise geliefert wird, während die Verkaufspreise wesentlich höhere sind. Die gesamte Leistung des Werkes in Höhe von rund 22 Mill. Kw.-Stunden findet vollen Absatz. Der Zweck des Unternehmens, die Wasservorräte des abgesperrten Niederschlagsgebietes für die heimische Landwirtschaft, die Industrie und das Kleingewerbe nutzbar zu machen ist somit erfüllt. Der gesamte Vorteil fließt der Allgemeinheit der Kreiseingesessenen zu.

Über die Talsperre für Schifffahrtzwecke — für Kanalspeisung und Aufhöhung des Niederwassers in den schiffbaren Strömen — liegen wirtschaftliche Betriebsergebnisse nicht vor. Deutschland besaß bisher diese Anlagen nur in geringem Umfange (siehe S. 19 u. 569). Im übrigen werden die wirtschaftlichen Erträge derartiger Unternehmungen auch niemals klar und rein zahlenmäßig in die Erscheinung treten, weil ihr Einfluß, wie an anderer Stelle ausgeführt, ein sekundärer ist, und aus der Gesamtwirkung von Unternehmungen für die Schifffahrt schwer herausgehoben werden kann. Man kann hier nicht von einer privatwirtschaftlichen, sondern nur von einer staatswirtschaftlichen Rentabilität sprechen. Dieser Gegenstand ist in § 78 u. 85 erörtert worden; worauf an dieser Stelle verwiesen werden möge.

Hochwasserschutzsperrren. Der wirtschaftliche Nutzen dieser Anlagen stellt sich dar in der Verhütung von Schäden. Eine unmittelbare Erkenntnis ihres Einflusses ist daher nur möglich im Vergleich des Zustandes vor Errichtung der Becken und nachher. Über die Schäden in deutschen Gebirgstälern vor Anlage der Hochwasserschutzbecken sind auf S. 643 Mitteilungen gemacht worden. Die bisherigen Betriebsergebnisse bei einigen bedeutenden Hochfluten der letzten Jahre (s. S. 570 u. f.) haben erwiesen, daß die Anlagen ihre Zwecke erfüllen. Man kann also die in den Ertragsberechnungen zu

Grunde gelegten Zahlenwerte als zutreffend ansehen und erhält damit ein den tatsächlichen Verhältnissen entsprechendes Bild von der wirtschaftlichen Bedeutung und Ertragsfähigkeit dieser Anlagen. Das Hochwasserschutzbecken von Marklissa in Schlesien ist die erste deutsche — und überhaupt die erste Anlage dieser Art in der Welt —, bei welcher zugleich die in dem aufgestauten Wasser vorhandene Energie verwertet wird (s. S. 149). Es wird darum interessieren, die wirtschaftlichen Ergebnisse des Betriebes kennen zu lernen. Die Talsperre wurde für den Hochwasserschutz im Jahre 1905 in Betrieb genommen. Das Kraftwerk wurde zu Anfang des Jahres 1908 eröffnet.

Tab. 106. Bilanz des Elektrizitätswerkes der Hochwasserschutztalesperre von Marklissa für das Betriebsjahr 1910/11¹⁾.

Ausgaben.			Einnahmen.		
	Mk.	Pfg.		Mk.	Pfg.
1. Gehälter und Löhne	50689	26	Stromeinnahmen	480483	91
2. Allgemeine Unkosten und Versicherungen	21560	45	Mietseinnahmen bei Grundstücken	560	90
3. Leitungsmaterialien	32377	36	Zinsen der Landeshauptkasse für eingezahlte Gelder pro 1910	302	53
4. Betriebsmaterialien	1537	41	Einnahmen Betrieb, Lager und Werkstätten	17075	49
5. Grundentschädigungen	1186	48	Diverse Einnahmen	203	55
6. Unterhaltung und Reparaturen	9526	15			
7. Lager und Werkstatt	934	42			
8. Diverses	2	59			
9. Stromlieferung Waldenburg	902	53			
10. Zinsen der Anleihe von 3 260 000 Mk. (Kosten des Elektrizitätswerkes) an die Landeshauptkasse	130385	02			
11. Überschuß	249524	71			
	498626	38		498626	38

Es gehen ab von dem Überschuß von Mk. 249 524,71 die Rücklagen

1. für Tilgung der Anleihe = 2% von Mk. 3 260 000 = Mk. 65 200,00
 2. Für Erneuerung und Abschreibung = 3% von Mk. 3 260 000 = Mk. 97 800,00
- Verbleiben für Abschreibung und Verzinsung der Talsperre selbst: Mk. 86 524,71

Die Kosten der Talsperrenanlage Marklissa betragen, wie auf S. 626 im einzelnen angegeben ist, rund 3 200 000 Mk., die Kosten des Elektrizitätsausbaues, soweit die Kraftausnutzung dieser Talsperre in Betracht kommt, rund 3 260 000 Mk. Für den weiteren Ausbau der Überlandzentrale, der durch die Inbetriebnahme des Kraftwerkes von Mauer bedingt wird, sind 6 200 000 Mk. bewilligt. Die Tabelle 106 gibt eine Übersicht über die Ergebnisse des Betriebsjahres 1910/11. Dieser Zeitpunkt ist dadurch gekennzeichnet, daß noch kein voller Betrieb der Überlandzentrale der Talsperren von Marklissa und Mauer vorhanden war. Das ganze Unternehmen ist in der Entwicklung begriffen; die gesamte Jahreseinnahme aus dem im Kraftwerk Marklissa erzeugten Strom einschl. einiger Nebeneinkünfte hat hiernach 498 626,38 Mk. betragen. Es ergibt sich ein Überschuß von 249 524,71 Mk. über die Betriebsausgaben (Gehälter, Löhne, Unterhaltung, Verzinsung des Anlagekapitals für das Elektrizitätswerk usw.). Die Anleihe für den Ausbau des Elektrizitätswerkes ist mit 2 v. H. (im ganzen mit 65 200 Mk.) getilgt und außerdem für Erneuerung und Abschreibung ein Betrag von 97 800 Mk. d. h. 3 v. H. zurückgelegt. Diese Anteile müssen als recht reichlich bezeichnet werden. Denn es wird dadurch eine doppelte Belastung des noch jungen Betriebes herbeigeführt. Nach Tilgung der Anlagekosten wird dadurch ein Kapital für den Neubau geschaffen, obwohl doch die jährliche Unterhaltung für den Bestand der Anlage sorgt. Diese Reserveaufspeicherung erscheint nur bis zu einer solchen Höhe berechtigt, um das Unternehmen bei unerwarteten Ausfällen vor wirtschaftlichen Er-

¹⁾ Nach freundlicher Mitteilung von Baurat Bachmann in Mauer.

schütterungen zu bewahren. Nach Abzug dieser Rücklagen verbleibt noch eine Summe von 86 524,71 Mk. für Verzinsung und Tilgung der Talsperrenanlage selbst d. h. 2,7 v. H. der Kosten. Zur vollen Deckung (etwa $4\frac{1}{4}$ v. H.) müßten also noch rund $1\frac{1}{2}$ v. H. durch den wirtschaftlichen Wert des Hochwasserschutzes aufgebracht werden, was nach den Mitteilungen auf S. 574 mit Sicherheit erwartet werden kann. Zudem dürfte der volle Betrieb des Elektrizitätswerkes noch eine gesteigerte Rentabilität herauswirtschaften lassen, so daß das Kapital des Unternehmens allein aus dem Kraftbetrieb verzinst wird und der Hochwasserschutz ohne eigentliche Geldaufwendung dieser zunächst und in erster Linie für Schutzzwecke errichteten Talsperre gewonnen wird. Dabei ist zu beachten, daß im Jahre 1910/11 der Stauraum nur mit etwa der Hälfte für den Betrieb des Kraftwerkes ausgenutzt wurde, während der übrige Raum dem Hochwasserschutz diente. Die wirtschaftlichen Ergebnisse können daher als günstige bezeichnet werden.

Im Zusammenhange mit dem Hochwasserschutz kann die Frage aufgeworfen werden, ob sich etwa die Flüsse am Einlauf der Becken bei Aufgang des Eises verstopfen und oberhalb Überschwemmungen verursachen könnten. Gefahren dieser Art sind bisher jedoch nicht zutage getreten. Es wäre das wohl nur bei ganz großen Stauanlagen denkbar.

Literatur.

Allgemeine wirtschaftliche Betrachtungen.

- Intze, Die bessere Ausnutzung der Gewässer und Wasserkräfte 1889. — Die Wasserverhältnisse Ostpreußens 1893. — Über die Wasserverhältnisse im Gebirge. Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen 1899. — Über den Bau, die wasserwirtschaftliche Bedeutung und Wirkung der Talsperren. Vortrag im Hause der preuß. Abgeordneten am 2. Mai 1900. — Die geschichtliche Entwicklung, die Zwecke und der Bau der Talsperren 1906.
- Borchardt, Die Remscheider Stauweiheranlage 1897.
- F. Ziegler, Wesen und Wert kleinindustrieller Arbeit 1901.
- Schär, Die Verstaatlichung der schweizerischen Wasserkräfte 1904.
- Mattern, Der Talsperrenbau und die deutsche Wasserwirtschaft. Berlin 1902.
- Die Ausnutzung der Wasserkräfte. Leipzig, II. Aufl. 1908. (Abschnitt IV, Die wirtschaftlichen Grundlagen.)
- Harz, Die Ennepe Talsperre, 1905. — Humann u. Abshoff, Die Talsperren und ihre Einwirkung auf die allgemeine Wasserwirtschaft in Deutschland, 1905.
- Klöti, Die Neuordnung des Wasser- und Elektrizitätsrechtes in der Schweiz, 1905.
- Zoepfl, Die Wasserkraft 1906.
- Hydrographie des Großherzogtums Baden. 12. Heft 1906.
- Bresson, La Houille Verte 1906 (Über Wasserkraftanlagen in Frankreich).
- Rehbock, Der wirtschaftliche Wert der binnenländischen Wasserkräfte unter besonderer Berücksichtigung des Großherzogtums Baden. 1907.
- Die Wasserkräfte Bayerns. Bearbeitet von der obersten Baubehörde 1907.
- Köhn, Ausbau von Wasserkraften 1908. — Mayr, Die Verwertung der Wasserkräfte. 1908.
- Die Wasserkräfte Schwedens und deren Ausnützung, 1910. Bearbeitet in der kgl. Wasserfalldirektion Stockholm s. auch Zeitschrift für Bauwesen 1911, S. 575.
- Conrad, Die kaufmännische Bedeutung der österreichischen Wasserkräfte 1910.
- Streeb, Die Elektrizitätsversorgung Bayerns 1911.
- Esterer, Die wirtschaftliche Bedeutung der Talsperren. Halle 1911.
- Ludin, Wirtschaftlichkeit von Wasserkraftzentralen 1912.
- Halter, Die Aufgaben des Wasserbaues und ihr wirtschaftlicher Zusammenhang 1912.
- Schenkel, Karstgebiete und ihre Wasserkräfte 1912.
- Der wirtschaftliche Wert der Wasserkräfte. Engineering vom 12. Juni 1903.
- Der Wert der Wasserkräfte. Engin. Record 10. Dez. 1904.
- Die Nutzbarmachung der Wasserkraft in landwirtschaftlichen Betrieben. Le Génie civil 1904, S. 207.
- Die Ausnutzung und Verstaatlichung der Wasserkräfte des Rheins. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1907, S. 361.
- Wasserkräfte der Schweiz (Verstaatlichung und Ausfuhrverbot). Zeitschrift für Turbinenwesen 1906, S. 148. Schweizerische Bauzeitung 1906, S. 144. Österreich. Wochenschr. f. d. öff. Baud. 1906, S. 622.
- Die Ausnutzung der staatlichen Wasserkräfte in Bayern. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1907, S. 35. Zentralbl. d. Bauverw. 1908, S. 41. Österreich. Wochenschr. f. d. öff. Baud. 1908, S. 841. Deutsche Bauzeitung 1908, S. 21.
- Wasserwirtschaftliche Aufgaben Deutschlands auf dem Gebiet des Ausbaues von Wasserkraften. Zentralbl. für Wasserbau und Wasserwirtschaft 1908.

- Die Großwasserkräfte des Großherzogtums Baden. Deutsche Bauzeitung 1908, S. 389.
- Die wirtschaftliche Ausnutzung der Wasserkräfte. Bayerisches Industrie- und Gewerbeblatt 1906, Heft 7—11 und 1908.
- Die Verwertung der Wasserkräfte. Deutsche Bauzeitung 1908, S. 166.
- Der Ausbau unserer Wasserkräfte und die Bewertung der Wasserkräfte. Technik und Wirtschaft 1908, S. 398.
- Nationalökonomische Aufgaben auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft in Galizien. Österreich. Wochenschr. f. d. öff. Baud. 1909, S. 225.
- Ausnutzung der Wasserkräfte in Bayern für den elektrischen Betrieb der Staatseisenbahnen. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1909, S. 507.
- Die wirtschaftliche Bedeutung der Wasserkräfte des Badischen Landes. Technik und Wirtschaft 1910, S. 385.
- Gerhardt, Über die Bewässerung von Mesopotamien. Zeitschr. f. Bauwesen 1912, S. 421 vergl. auch S. 271 ebenda.
- Über die praktische Bedeutung einer Wasserkraftstatistik. Technik und Wirtschaft 1912, S. 551.
- Über die Organisation und Wirken der staatlichen Behörden bei der Bewässerung durch Talsperren in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Le Génie Civil 3. 2. 1912.
- Eine umfangreiche Literatur für die Zeit 1907—10, über Talsperren und Wasserkräfte, zum Teil auch über die wirtschaftliche Seite und Gesetzgebung, findet sich in den bibliographischen Notizen des Internationalen Verbandes der Schiffahrtskongresse Brüssel 1912, S. 253 u. 580.
- Die Stellung der öffentlichen Elektrizitätswerke im Wirtschaftsleben Deutschlands. Technik und Wirtschaft 1913, S. 137.

Kosten.

- De La Brosse, Les Installations Hydro-Électriques dans la Région des Alpes 1902 (Kosten von Wasserkräften in Frankreich und der Schweiz).
- Vergleichende Kostenberechnungen über Stützmauerquerschnitte, Gewölbebau, aufgelöste Bauweise und Dämme für eine Talsperre in Californien. »Proceedings« des amerikanischen Zivilingenieurvereins vom März, Mai, August und September 1904 u. »Transactions« Dezember 1904.
- Die Kosten von Stauweihern in Nordamerika. Zentralbl. d. Bauverwalt. 1906, S. 589. Zeitschr. f. Binnenschifffahrt 1906, S. 514. Gesundheits-Ing. 1907, S. 39.
- Adams, Electric Transmission of Water Power 1906 (Kosten amerikanischer Wasserkraftanlagen).
- Schuyler, Reservoirs for Irrigation, Water Power and Domestic Water-Supply 1908 (Kosten amerikanischer Talsperren).
- Kosten eines Dammes (Spülverfahren). Engin. News 12. 3. 1908.
- Vergleichende Kostenberechnung von Erddämmen. Engin. Record. Suppl. 2. 5. 1908.
- Kostenvergleich von Stützmauern aus Mauerwerk und aus Eisenbeton. Engin. News. 26. 3. 1908.
- Kosten hoher Staudämme. Zentralbl. f. Wasserbau u. Wasserwirtschaft 1909, S. 180.
- Staudamm in Südkarolina (Kosten verschiedener Ausführungsweisen) Engin. Record 2. 10. 1909.
- Kostenangaben über deutsche Talsperren. Zeitschr. f. Bauwesen 1910, S. 555.
- Erddämme in Amerika (Kostenvergleiche verschiedener Ausführungsweisen). Amer. Soc. Civ. Engin. Transact. Dezember 1911 und Proceedings, August 1912, S. 869.

Ertrags- und Beitragskostenberechnungen.

- Intze, Nutzbarmachung erheblicher Wasserkräfte durch den Masurischen Schiffahrtskanal 1894.
- Über die Wasserverhältnisse der Gebirgsflüsse Schlesiens 1899.
- Prüsmann, Ausnutzung der Wasserkräfte an Wehren kanalisierter Flüsse. IX. internat. Schiffahrtskongreß 1902.
- Entwicklung der Wasserkraftanlagen mit elektrischer Kraftleitung. Journ. Western Soc. of Eng. Juni 1903.
- Denkschrift über die Verwertung der Wasserkräfte bei Kanalisierung der Mosel und Saar. Bearbeitet im Preuß. Ministerium der öffentl. Arbeiten 1906.
- Werneburg, Rentabilität der Saarkanalisierung 1906.
- Rentabilität der Moselkanalisierung 1906.
- Die wirtschaftliche Seite des Elektrizitätswerksbetriebes. Journ. f. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1906, S. 148.
- Röttlinger, Wertbestimmung von Wasserkräften und Wasserkraftanlagen. 1908.
- C. Wulff, Die Talsperrenengossenschaften. Jena 1908.
- Rehbock, Entwurf eines Wasserkraftwerkes im Gebiet der Murg oberhalb Forbach. Leipzig, II. Aufl. 1910.
- Ausbau alpiner Wasserkräfte zum Zwecke des elektrischen Vollbahnbetriebes. Zeitschrift: Elektrotechnik und Maschinenbau 1908, Heft 15 u. 16.
- Die Talsperre und das Überland-Kraftwerk bei Straschin-Prangschin (Tarif). Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1910, S. 1079.
- Abschreibungen und Instandhaltungskosten in Fabrikbetrieben. Technik und Wirtschaft 1910, S. 331.

Abschreibungen, Ergänzungskosten, Selbstkosten. Technik und Wirtschaft 1912, S. 761.

Krätzer, Denkschrift über die Elektrizitätsversorgung des oberen Flußgebietes der Weser. 1912.

Wirtschaftlichkeitsberechnungen an ausgeführten Wasserkraftanlagen. Zeitschr. f. Archit. u. Ing. Wesen 1913, S. 59.

Symphor, Der Ausbau von Wasserkraften im oberen Quellgebiet der Weser. Zentralbl. d. Bauverw. 1913, S. 5.

Die Wahl der Betriebskraft. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1913, S. 412.

V. Wasserrechtliche Gesetzgebung, Verordnungen, Satzungen.

§ 91. Allgemeines. In fast allen Kulturländern hat die neuere Zeit infolge der Umgestaltung der Wasserwirtschaft zu einer Umbildung des Wasserrechts geführt. Vornehmlich das Eindringen der produktiven Arbeit des Wassers, die Wasseraufspeicherungen in großen Sammelbecken, die Erforschung der Erscheinungen des Grundwasserstromes u. a. m. haben im Zusammenhange mit einer verbesserten Ausnutzung der Wasserkräfte neue Anschauungen gebracht, die aber in gesetzliche Formen zu kleiden nicht leicht ist. Es liegt dies an der Vielseitigkeit der Verwendung des Wassers für Zwecke der menschlichen Wirtschaft, und es darf nicht wundern, wenn daraus oft eine starke Gegensätzlichkeit der Interessen entsteht. Es sei nur daran erinnert, wie sehr s. Zt. der Entwurf des neuen Wassergesetzes für Preußen die öffentliche Meinung und die interessierten Verbände, Handelskammern, Vereine u. a. m. beschäftigt hat. Es wird immer schwer sein, mit Rechtsauffassungen allein diese Aufgabe zu lösen und allen widerstrebenden Ansprüchen gerecht zu werden, wenn nicht auch die wirtschaftliche Durchdringung des Stoffes vorhanden ist, wie sie der in Praxis stehende Ingenieur besitzt, der die bewegenden Kräfte des einschlägigen Wirtschaftslebens kennt und mit ihnen arbeitet. So scheint es, daß der Ingenieur hervorragend berufen ist, an der Gestaltung und Vollziehung dieser Gesetzgebung mitzuarbeiten. Denn besser wird derjenige die Begriffe in das richtige Wort zu bringen vermögen, der aus eigener Überzeugung heraus spricht, als derjenige, der sich auf Sachverständige stützt und danach seine Ansicht bildet. Wer z. B. nicht die Eigenart des Grundwasserstromes, seiner Einflüsse auf Landwirtschaft und Wasserspeisung der Flüsse durchschaut, kann von seiner bedeutenden Einwirkung auf wirtschaftliche Werte oft nicht das richtige Verständnis besitzen. Der Grundwasserstrom und seine Beziehung zur fließenden Welle hat in der bisherigen Gesetzgebung im allgemeinen keine Bewertung gefunden. Seine Berücksichtigung ist jedoch erfolgt im neuen preußischen Wassergesetz.

Es kann nicht Aufgabe dieser Schrift sein, auf das Wasserrecht und die geltende Gesetzgebung dieses Gebietes näher einzugehen. Es muß vielmehr auf die einschlägige Literatur und Gesetzessammlungen hingewiesen werden. Für Preußen befindet sich eine einheitliche Bearbeitung des Wasserrechts und Zusammenstellung der bisher geltenden Gesetze bei Nieberding-Frank »Gesetze betr. Wasserrecht und Wasserpolizei im Preußischen Staate«.

In einigen deutschen Bundesstaaten ist die neuere Wasserrechtsgesetzgebung bereits zum Abschluß gelangt. Für Württemberg gilt das Gesetz vom 1. Dezember 1900, für Bayern das Gesetz vom 23. März 1907, in Sachsen das Gesetz vom 12. März 1909¹⁾ und für Hessen ist das sog. Bachgesetz erlassen. In Baden, wo gegenwärtig das Gesetz vom 26. Juni 1899 Geltung hat, ist der Entwurf zu einer Abänderung von den gesetzgebenden Körperschaften genehmigt. In der Schweiz, in Frankreich u. a. m. ist die Entwicklung zu neuen Gesetzen im Gange und für Preußen ist das neue Wassergesetz nach jahrzehntelangen Vorarbeiten und Beratungen vom Landtag im Jahre 1913 angenommen.

¹⁾ Vergl. Meyer, Das Wassergesetz für das Königreich Sachsen. Leipzig 1910.

Die bedeutendste rechtliche Frage bei den Vorverhandlungen für einen Talsperrenbau pflegt neben den mit dem Grunderwerb und der Enteignung von Grund und Boden verbundenen Rechtsangelegenheiten die der Wasserentziehung zu sein. Ein großer Kreis von Anliegern wird durch die Aufspeicherung des Wassers in seinen Interessen berührt. Bei den oft langwierigen Erörterungen der Planfeststellung werden diese auf gesetzlicher Grundlage beruhenden Ansprüche erledigt und gerade hierbei hatte sich vielfach hemmend gezeigt, daß die Beziehungen des Grundwassers zur fließenden Welle bisher gesetzlich nicht genügend klar gestellt waren. Vor allem ist es für die Durchführung eines derartigen Unternehmens von überaus praktischer Bedeutung, sich das Enteignungsrecht nicht nur für die Erwerbung des zum Talsperrenbau und für das Staubecken nötigen Geländes zu sichern; man muß das Enteignungsrecht, da der freihändige Erwerb oft auf Schwierigkeiten stößt, auch für die Nebenanlagen, wie Kraftgebäude, Rohrleitungen, Wirtschaftsgebäude, elektrische Leitungen u. a. m. besitzen¹⁾. Wichtig sind auch die Maßnahmen zur Reinhaltung des Niederschlagsgebietes und der Zuflüsse bei solchen Talsperren, die der Trinkwasserversorgung dienen (s. S. 425). Die geltende Gesetzgebung bot hier nur eine unzureichende Handhabe zu entsprechendem Vorgehen. Die Frage des zulässigen Höchststaues, die bei den Wehreinbauten in Flüssen eine außerordentliche Rolle zu spielen pflegt, hat bei dem Neubau einer Talsperre weniger Bedeutung. Denn das ganze Gelände, soweit der Rückstau des Sammelbeckens reicht, muß ohnehin erworben werden, so daß die Wasserstauung innerhalb des erworbenen Geländes verbleibt. Wiederholt sind aber Ansprüche wegen Schädigung des Fischbestandes der Oberlieger geltend gemacht worden. Die Fische des oberen Baches treten, wenn nicht besondere Maßnahmen getroffen werden, in das Becken ein, wo sie dann dauernd verbleiben. Darauf sind Entschädigungsansprüche gegründet worden.

Die Talsperrenunternehmungen unterliegen im übrigen in rechtlicher Beziehung der allgemeinen Wasserrechtsgesetzgebung und, falls sie der Ausnutzung von Wasserkraften und Bewässerungen u. a. m. dienen, den hierfür geltenden besonderen Bestimmungen. Eine eigene Gesetzgebung für das Talsperrenwesen war bisher insofern geschaffen worden, als es sich darum handelte, gesetzliche Grundlagen zu finden für wirtschaftliche Formen, unter denen die diesen letzteren Zwecken dienenden Talsperren ins Leben gerufen werden sollten, vor allem soweit dabei der Weg der Genossenschaftsbildung in Frage kommt. Hinsichtlich der Talsperrenanlagen für die Aufhöhung des Niedrigwassers in Strömen für die Schifffahrt- und die Kanalspeisung werden genossenschaftliche Unternehmungen im engeren Sinne in Deutschland nicht in Betracht kommen, da dies Aufgaben des Staates sind. Ebenso gilt nach mancher Anschauung der Hochwasserschutz als Sache des Staates. Immerhin ist im neuen preußischen Wassergesetz die Möglichkeit vorgesehen, Genossenschaften für diesen Zweck zu bilden. Die Talsperren für Trinkwasserversorgung sind meist Einzelunternehmen von Gemeinden, wiewohl der Gedanke der gemeinschaftlichen Wasserversorgung einer Reihe kleiner Gemeinden aus einer Wassergewinnungsanlage in neuer Zeit mehrfach u. a. in Hessen, zur Verwirklichung gekommen ist; also kann die genossenschaftliche Form des Talsperrenbaues auch hier unter Umständen Bedeutung gewinnen.

Es mag nicht uninteressant erscheinen, hier einige Angaben über die Entwicklung des besonderen Zweiges der Gesetzgebung, die man als eine Talsperrengesetz-

¹⁾ Das Verfahren regelt sich für Preußen nach dem Gesetz über die Enteignung von Grundeigentum vom 11. Juni 1874 (G. S. S. 221), soweit nicht Vereinfachungen durch das neue Wassergesetz eingetreten sind.

gebung bezeichnen könnte, zu geben. Es ist dabei naturgemäß, daß die Gesetzgebung der durch die fortschreitende Technik herbeigeführten Entwicklung nachfolgt.

Wohl hat sich die ältere preußische Gesetzgebung mit dem Stau für landwirtschaftliche und gewerbliche Ausnutzung und mit der Regelung der landwirtschaftlichen Ent- und Bewässerung beschäftigt; auch der Hochwasserschutz fand in dem Deichgesetz vom Jahre 1848 eine umfassende Sicherstellung. Aber diese Gesetze betrafen die gewöhnlichen Stauungen in Bächen und Flüssen, das Deichgesetz den Wasserschutz der Niederungen durch Eindeichungen. Erst in dem Gesetz vom 1. April 1879, betreffend die Bildung von Wassergenossenschaften (Gesetzsamml. S. 297) fanden unter den baulichen Anlagen auch Sammelbecken Erwähnung. Dieses Gesetz gestattete die Benutzung von Wasserläufen zur Herstellung von Sammelbecken und die Bildung von Zwangsgenossenschaften zu diesem Zweck, jedoch nur für den Fall, daß es sich um die Bewässerung von Grundstücken zur Erhöhung der Landeskultur handelt (§§ 45 und 65). Für andere Zwecke war ein Zwang zur Vereinigung ausgeschlossen. Den ersten Bestrebungen zur Errichtung von Talsperren in Westfalen für industrielle Zwecke erwachsen aus dieser Sachlage große Schwierigkeiten, indem einzelne der anliegenden Triebwerkbesitzer widerwillig waren und sich der Bildung einer freien Genossenschaft, ohne welche die Durchführung des Unternehmens nicht möglich war, entgegenstellten. Es gab keine gesetzlichen Mittel, ihren Beitritt zu erzwingen, obwohl der gemeinnützige Zweck der Anlagen von der Mehrheit anerkannt wurde; an diesem Widerstande scheiterten zunächst die Ausführungen. Erst das Gesetz vom 19. Mai 1891 (Gesetzsamml. S. 97) als Abänderung des vorgenannten Gesetzes vom 1. April 1879, schaffte hierin Wandel, indem es die zwangsweise Bildung von Genossenschaften zur Errichtung von Sammelbecken für das Gebiet der Wupper und ihrer Nebenflüsse ermöglichte und ihnen das Enteignungsrecht verlieh; das Gesetz ist wegen seines geschichtlichen Interesses im Anhang zum Abdruck gebracht. Es wurde dann durch das Gesetz vom 30. Dezember 1891 vollinhaltlich auf das Gebiet der Lenne, vom 18. April 1900 auf das Gebiet der Ruhr ausgedehnt. Die Satzungen der Wuppertalsperren-genossenschaft, die auf Grund des Gesetzes vom 1. April 1879 und vom 19. Mai 1891 begründet ist, sind ebenfalls abgedruckt. Als ein anderes Beispiel sind die Satzungen des durch freiwilligen Zusammenschluß entstandenen Ruhrtalsperrenvereins (s. S. 675) mitgeteilt¹⁾. Ein Gesetz über diesen Verband wurde im Jahre 1913 vom Landtag angenommen.

In weiterer Folge hat denn auch der Hochwasserschutzzweck der Sammelbecken in der Gesetzgebung Berücksichtigung gefunden. Es ist dies geschehen durch das Gesetz vom 3. Juli 1900, betreffend Maßnahmen zur Verhütung von Hochwassergefahren in der Provinz Schlesien mit dem Geltungsbereiche für die größeren linkseitigen Zuflüsse der oberen und mittleren Oder (G. S. S. 171).

Diese Entwicklung hat neuerdings ihren Abschluß gefunden durch die Regelung des preußischen Wasserrechts im neuen Wassergesetz. Neben einer Reihe von einschlägigen Bestimmungen des allgemeinen Landrechts, sind damit die älteren Gesetze über den Mühlenstau, über die Benutzung der Privatflüsse, über das Deichwesen u. a. m. aufgehoben. Auch die vorerwähnten Gesetze über die Bildung der Wassergenossenschaften und die sog. Talsperrengesetze für die Wupper, Lenne und Ruhr sind außer Kraft gesetzt. Das schlesische Hochwassergesetz bleibt unberührt, soweit nicht über die Talsperren abweichendes bestimmt ist. Die bei der Durchführung aller dieser

¹⁾ Das Muster eines Vertrages zwischen dem Ruhrtalsperren-Verein und den beteiligten Genossenschaften im Ruhrgebiet s. bei Wulff a. a. O. S. 156.

Gesetze gewonnenen Erfahrungen sind verwertet worden. Es wird an dieser Stelle interessieren einige der grundlegenden Bestimmungen des neuen Wassergesetzes, im besonderen soweit sie die Talsperren betreffen, kennen zu lernen. Es ist daher in den nachstehenden Ausführungen ein kurzer Überblick gegeben und im Anhang (§ 92) ist ein Auszug aus dem Gesetz mitgeteilt.

Nach dem neuen Gesetz steht des Eigentum an den Wasserläufen erster Ordnung — es sind dies im allgemeinen die schiffbaren Wasserläufe und künstlichen Schiffahrtskanäle — dem Staate, an den Wasserläufen zweiter Ordnung (sonstige Gerinne von größerer Bedeutung für die Wasserwirtschaft) und dritter Ordnung (alle übrigen Wasserläufe) den Eigentümern der Ufergrundstücke zu (§ 2). Die Unterhaltung der ersteren liegt dem Staate ob, an den Wasserläufen zweiter Ordnung geschieht dies durch Genossenschaften, die für diesen Zweck gebildet werden. Die Wasserläufe dritter Ordnung, sowie die künstlichen Wasserstraßen hat der Eigentümer bzw. Anlieger zu unterhalten. Der Ausbau der Ströme ist im wesentlichen entsprechend den Bestimmungen des Strombangesetzes vom 20. Aug. 1883, das ebenfalls aufgehoben ist, geregelt. Für die Eintragung von bestehenden oder neuzubegründenden Rechten an Wasserläufen sind Wasserbücher einzurichten, für deren Anlegung und Führung der Bezirksausschuß zuständig ist. Das Gesetz ordnet ferner die Verfügung über die Quellen, Teiche und Seen, sowie die unterirdischen Gewässer (Grundwasser). Der Eigentümer eines Grundstückes darf das unterirdische Wasser nur in dem Umfange zu tage fördern, als er es für die eigene Haushaltung und Wirtschaft braucht. Es ist ihm nicht gestattet, Stoffe in den Boden einzuleiten, durch die das Grundwasser, der Wasserlauf oder ein See zum Nachteil anderer verunreinigt wird. Allerdings ist diese Bestimmung auf die Düngung von Grundstücken nicht anzuwenden. Wer unterirdisches Wasser fortleiten will, bedarf der polizeilichen Genehmigung. Die etwa Geschädigten können Einrichtungen, durch die der Schaden verhütet wird, oder Schadenersatz insoweit beanspruchen als es die Billigkeit begründet. Einspruch gegen solche Anlagen ist nur unter gewissen Bedingungen zulässig. Wasserwerke werden also in Zukunft für den Schaden, der durch die Entnahme von Grundwasser eintritt, Ersatz zu leisten haben. Dies wird auf Grundwasser-versorgungungen gegenüber Sammelbeckenanlagen finanziell nicht ohne Einfluß bleiben, und die Kosten der ersteren Unternehmungen unter Umständen nicht unerheblich erhöhen.

Eine wesentliche Neueinrichtung ist die »Verleihung«, wodurch auch von solchen Personen, die kein Eigentumsrecht an den Gewässern haben, Rechte dauernd oder auf Zeit erworben werden können (§ 65, 72 u. 73). Die Verleihungsbehörde ist der Bezirksausschuß. Ein Entgelt für die Benutzung des Wasserlaufs darf dem Unternehmer nicht auferlegt werden. Widerspricht die Ausübung dieses Rechtes dem Zweck einer aus Gründen des öffentlichen Wohles errichteten Talsperre, so darf die Verleihung nur mit Zustimmung des Ministers für Landwirtschaft erteilt werden. Vorhandene Rechte können durch Sicherstellung gewahrt, entgegenstehende Benutzungsrechte verschiedener Interessenten durch Ausgleich geregelt werden.

Für Stauanlagen und für Talsperren sind besondere Bestimmungen getroffen. Die letzteren gelten für Stauanlagen, bei denen die Höhe des Stauwerkes von des Sohle des Wasserlaufes bis zur Krone mehr als 5 m beträgt und das Sammelbecken, bis zur Krone des Stauwerks gefüllt, mehr als 100 000 cbm umfaßt. Näheres s. im Anhang §§ 91—105 und 106—112 des Gesetzes.

Die Vorschriften über die Wassergenossenschaften (§ 248—250) sind aufgebaut auf der Grundlage der Bestimmungen des Gesetzes vom 1. April 1879. Der Kreis der

Zwecke ist jedoch erweitert worden; neuzugelassen sind u. a. Genossenschaften für Wasserversorgungsanlagen und Hochwasserschadenverhütung (Zurückhaltung von Wasser in den Niederschlagsgebieten). Genossenschaften können allgemein zur Anlegung, Unterhaltung und Ausnutzung von Stauanlagen, auch mit Beitrittszwang gebildet werden. Eine neue Art ist die Zwangsgenossenschaft, die selbst gegen den Widerspruch aller zustande kommen kann. Das Gesetz hat ferner unter bestimmten Voraussetzungen Zwangsrechte zugunsten industrieller und kommunaler Unternehmungen eingeführt. Ein Stauberechtigter kann z. B. zur besseren Ausnutzung einer Triebwerkanlage Veränderungen des Wasserlaufs (Vertiefungen, Verbreiterungen, Durchstiche, Verlegungen) gegen Entschädigung verlangen. Eigentümer müssen die Durchleitung von Wasser — oberirdisch oder unterirdisch — durch ihr Grundstück gegen Entschädigung dulden. Will der Eigentümer eines Grundstückes eine Stauanlage errichten, so kann er von den Eigentümern der gegenüberliegenden Ufergrundstücke verlangen, daß sie den Anschluß an diese gegen Entschädigung gestatten.

Die Wasserpolizeibehörde bei Talsperren ist der Regierungspräsident, der die Aufsicht über die Talsperre führt (§ 342 u. 353). Als Beistand für die laufende Unterhaltung und Reinhaltung werden für Wasserläufe zweiter und dritter Ordnung Schauämter, bei Wasserläufen erster Ordnung zur Mitwirkung bei wichtigen wasserwirtschaftlichen Unternehmungen Wasserbeiräte nach Provinzen gebildet. Zur Entscheidung als Zentralbehörde für die ganze Monarchie über rechtliche Fragen bei dem Verleihungsverfahren und über sonstige rechtliche Fragen ist ein Landeswasseramt eingesetzt (§ 370). Für Wasserläufe erster Ordnung entscheidet mit geringen Ausnahmen die Ministerialinstanz¹⁾.

Man kann nicht verkennen, daß mancherlei Anschauungen aus dem heutigen Wirtschaftsleben in diesem preußischen Wassergesetz Geltung erhalten haben und darf erhoffen, daß sich hieraus eine lebhaftere Förderung unserer Wasserwirtschaft ergeben wird. Die Fassung des Gesetzes ist im ganzen allseitig anerkannt worden.

Aber es kann hier auch ein anderer Zweig der neueren deutschen Wassergesetzgebung nicht unerwähnt gelassen werden.

Durch das Schiffsabgabengesetz vom 24. Dezember 1911 ist der Zusammenschluß der Staaten der deutschen Stromgebiete zu Zweckverbänden zur Lösung gemeinsamer Aufgaben der Wasserwirtschaft herbeigeführt worden. Durch dieses Gesetz ist ferner die Erhebung von Abgaben für die Befahrung eines Stromes festgelegt. Die Abgaben dürfen jedoch die zur Herstellung und Unterhaltung erforderlichen Kosten nicht überschreiten. Als Kosten der Herstellung gelten dabei die Zinsen und Tilgungsbeträge für die aufgewendeten Kapitalien. Zur Durchführung der erforderlichen Maßnahmen sind für den Rhein, die Weser und Elbe, die verschiedenen Staatsgebieten angehören, Strombauverbände aus den Uferstaaten gebildet worden. Die Mittel, die aus der Abgabenerhebung zu den gemeinsamen Stromkassen zufließen, sind zur Verbesserung der Stromläufe für die Schifffahrt zu verwenden. Die Selbständigkeit der Staaten auf dem Gebiet des Strombaues bleibt dadurch unberührt. Eine Reihe von Maßnahmen zur Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse ist im Gesetz vorgesehen, u. a. die Herstellung einer Schifffahrtsstraße im Rhein zwischen Konstanz und Straßburg, sowie die Vermehrung der Fahrtiefen in der Elbe und Weser²⁾. Zweifellos wird sich auf diesen

1) Weiteres s. u. a.: Das neue preußische Wassergesetz. Textausgabe mit einer Einführung und Sachregister. Berlin, Carl Heymanns Verlag 1913.

2) Weiteres s. u. a. Peters, Das Reichsgesetz betreffend den Ausbau der deutschen Wasserstraßen. 1912.

zwischenstaatlichen Grundlagen auch die Anlage von Talsperren für Schifffahrtsw Zwecke leichter verwirklichen lassen. Es ist auf S. 22 die Aufhöhung des Niedrigwassers der Ströme aus Aufspeicherungen großen Stiles als die Aufgabe der Zukunft im Wasserbau bezeichnet werden. Die finanzielle Selbständigkeit der Stromgebiete und die aus den Befahrungsabgaben zu erwartenden bedeutenden Geldmittel werden sicherlich der Durchführung solcher Unternehmungen den Weg ebnen. Dieses Gesetz, dessen Grundgedanken der Verfasser in seiner Schrift »Der Talsperrenbau und die deutsche Wasserwirtschaft« (Berlin 1902 S. 81 u. f.) bereits vor einem Jahrzehnt vertreten hat, wird im weiteren Ausbau dieser Bestrebungen sicherlich zu dem Endziele führen, eine einheitliche Bewirtschaftung der ganzen Stromgebiete — ohne Rücksicht auf die politischen Grenzen — auch über die Grenzen der Schifffahrt hinaus bis in die Quellgebiete einzurichten. Dann erst werden alle Vorbedingungen für die Durchführung einer geordneten Wasserwirtschaft erfüllt sein, um die produktiven Kräfte des Wassers zur vollen Entfaltung zu bringen.

Die Einführung von Schifffahrtsabgaben auf den deutschen Strömen wird mehr als dies bisher geschah, die Frage der Rentabilität bei den Strombauten in den Vordergrund rücken. Es werden vornehmlich solche Anstalten und Regulierungen Aussicht auf Verwirklichung haben, die eine Verbesserung der Fahrwasserverhältnisse und die stetige Erhaltung der Fahrtiefen in solchem Maße herbeiführen, daß die Ausgaben durch die Einnahmen aus dem dadurch gesteigerten Verkehr gedeckt werden. Sorgsamer als vielleicht bisher wird man die entsprechenden Voranschläge aufstellen müssen. Das wird zur weiteren Folge haben, daß man sich in den Kreisen der beteiligten Ingenieure in erhöhtem Maße die wirtschaftliche Bedeutung wasserwirtschaftlicher Unternehmungen und verbesserter Regulierungsarten der Ströme klar macht. Das wirtschaftliche Empfinden des Ingenieurs wird geschärft werden.

Es ist unverkennbar, daß die neuere Gesetzgebung das Ziel hat, die Nutzung des Wassers in jeglicher Form in erhöhtem Maße der Allgemeinheit vorzubehalten. Auch im Auslande hat man sich mit dem Wasserrecht in den letzten Jahren stark beschäftigt, und man geht wohl nicht fehl, wenn man annimmt, daß auch hier die vermehrte Benutzung des Wassers für Wirtschaftszwecke, im besonderen die hohe Bedeutung, die die Ausnutzung der Wasserkräfte in den letzten Jahrzehnten erlangt hat, den Anlaß dazu gegeben hat. Wenn in Deutschland, wie oben ausgeführt, vornehmlich die wirtschaftliche Form der Talsperrenunternehmungen im Vordergrund der Erörterungen gestanden hat, so hat sich im Auslande in erster Linie die Streitfrage um das Eigentum der Wasserkräfte bewegt während in den Vereinigten Staaten von Nordamerika neben der Kraftnutzung auch die Bewässerung ausgedehnter Landbezirke (s. S. 5) aus Talsperren zum Gegenstande der Gesetzgebung gemacht worden ist. In fast allen Ländern Europas ist der Gedanke der gemeinnützigen Ausnutzung des Wassers und im besonderen der Verstaatlichung der Wasserkräfte stark in den Vordergrund gerückt. In erster Linie haben diese Bestrebungen, wie schon auf S. 602 bemerkt, in der Schweiz¹⁾ Boden gefunden, aber auch Frankreich, Schweden und Norwegen, Italien gehen diesen Weg. In Amerika haben die gleichen Bemühungen anläßlich der Ausnutzung der Niagarafälle angesetzt. Die Gesetzgebung ist überall in Bewegung die Wasserkräfte für staatliches Eigentum zu erklären oder zum mindesten auf die bedeutenden Wasser-

¹⁾ s. u. a. O. Schär, Die Verstaatlichung der schweizerischen Wasserkräfte. E. Klöti, Die Neuordnung des Wasser- und Elektrizitätsrechtes in der Schweiz.

kräfte zur Verwertung der Wasserkräfte für staatliche Zwecke Beschlag zu legen. Hand in Hand damit sind fast in allen Staaten die Grundlagen der Verleihung von Wasserkräften neu geregelt worden. Unter diese letztere Aufgaben fallen auch die Tal-sperrenanlagen, insofern oft erst mit ihrer Hilfe die Möglichkeit gegeben ist, unbedeutende Wasserführungen in den Bächen durch zweckmäßige Verteilung des Wasserabflusses zu bedeutend gesteigerter Nutzbarkeit zu erhöhen. Der Verfasser ist ausführlicher auf diesen Gegenstand eingegangen in seiner Schrift: »Die Ausnutzung der Wasserkräfte« und mag auf jene Darlegungen II. Auflage S. 503 u. f. verwiesen werden, s. auch Band 13 dieses Handbuches, Koehn, Ausbau von Wasserkräften S. 27.

§ 92. Anhang: Gesetze, Satzungen.

Gesetz

wegen Abänderung des Gesetzes, betreffend die Bildung von Wassergenossenschaften, vom 1. April 1879 (Gesetz-Samml. S. 297) für das Gebiet der Wupper und ihrer Nebenflüsse. Vom 19. Mai 1891¹⁾.

Wir Wilhelm, von Gottes Gnaden König von Preußen verordnen, unter Zustimmung der beiden Häuser des Landtages Unserer Monarchie, für das Gebiet der Wupper und ihrer Nebenflüsse, was folgt:

Artikel 1.

Der Eintritt in eine neu zu bildende Genossenschaft zur Anlegung, Benutzung und Unterhaltung von Sammelbecken für gewerbliche Anlagen kann gegen widersprechende Eigentümer der bei dem Unternehmen zu beteiligenden gewerblichen Anlagen erzwungen werden, wenn:

1. das Unternehmen — ohne die Landeskulturinteressen zu verletzen — eine bessere Ausnutzung der gewerblichen Triebkraft von Wasserläufen oder eine bessere Benutzung des Wassers zu sonstigen gewerblichen Zwecken verfolgt;
2. das Unternehmen nur bei Ausdehnung auf die im Eigentum der widersprechenden befindlichen gewerblichen Anlagen zweckmäßig ausgeführt werden kann, und
3. diejenigen Beteiligten, welche sich für das Unternehmen erklärt haben, eine Mehrheit des in den Voranschlägen ermittelten Vorteils vertreten.

Bei der unter Ziffer 3 erwähnten Abstimmung können nur die Eigentümer der bei dem Unternehmen zu beteiligenden gewerblichen Anlagen mitwirken.

Hinsichtlich solcher gewerblichen Anlagen, für welche nach Art des Betriebes das Unternehmen eine erhöhte Ertragsfähigkeit nicht in Aussicht stellt, findet ein Zwang zum Eintritt nicht statt.

Artikel 2.

Die Aufsicht des Staates (§ 49 des Gesetzes vom 1. April 1879) wird von dem Regierungspräsidenten und in der Beschwerdeinstanz von dem Oberpräsidenten geführt.

Sie hat sich auch darauf zu erstrecken, daß diejenigen Sicherheitsmaßregeln getroffen werden, welche zum Schutz der unterhalb der Sammelbecken liegenden Grundstücke und Gebäulichkeiten erforderlich sind.

Artikel 3.

Im übrigen finden die für Genossenschaften zur Ent- und Bewässerung von Grundstücken für Zwecke der Landeskultur gegebenen besonderen Vorschriften der §§ 66—70 des Gesetzes vom 1. April 1879 mit den aus den folgenden Paragraphen sich ergebenden Maßgaben entsprechende Anwendung.

§ 1.

Ein Genosse, welcher durch Erweiterung oder Verbesserung seiner gewerblichen Anlage eine größere Ausnutzung des Wassers der Sammelbecken oder der aus denselben fließenden Wasserläufe bewirkt, kann mit einem dem größeren Vorteil entsprechenden höheren Beiträge zu den Genossenschaftslasten herangezogen werden, falls die bessere Ausnutzung ganz oder teilweise durch das genossenschaftliche Unternehmen möglich geworden ist.

¹⁾ Durch das neue preußische Wassergesetz außer Kraft gesetzt und hier nur wegen seines geschichtlichen Interesses mitgeteilt.

§ 2.

Eigentümer von gewerblichen Anlagen, welche nach Begründung der Genossenschaft den Betrieb der Anlage auf die Benutzung des Wassers der Sammelbecken oder der aus denselben fließenden Wasserläufe einrichten, dürfen das Wasser erst benutzen, nachdem sie der Genossenschaft beigetreten sind.

Die Genossenschaft ist verpflichtet, solche Eigentümer auf Verlangen derselben in die Genossenschaft aufzunehmen, wenn die genossenschaftlichen Anlagen bei entsprechender Einrichtung hinreichen, um ohne Nachteil für die bereits vorhandenen Genossen den gemeinsamen Bedürfnissen zu entsprechen.

Der neu hinzutretende Genosse hat jedoch der Genossenschaft einen entsprechenden Anteil an den Herstellungs- und Unterhaltungskosten zu zahlen. Auch hat er die durch die Mitbenutzung der genossenschaftlichen Anlagen erwachsenden besonderen Kosten zu tragen.

§ 3.

Streitigkeiten in den Fällen der §§ 1, 2 unterliegen mit Ausschluß des ordentlichen Rechtsweges der Entscheidung des Bezirksausschusses.

Artikel 4.

Zu den im § 55 des Gesetzes vom 1. April 1879 bezeichneten [Nutzungsberechtigten gehört auch der Mieter von den der Genossenschaft angeschlossenen gewerblichen Anlagen sowie von gesonderten Arbeitsstellen in denselben. Gegen den Mieter gesonderter Arbeitsstellen kann die Exekution nur wegen des auf seine Arbeitsstelle zu verteilenden Beitrags erfolgen.

Artikel 5.

Außer den im § 74 Nr. 1—4 des Gesetzes vom 1. April 1879 bezeichneten Gegenständen ist zur Begründung des Antrages auf Bildung einer öffentlichen Genossenschaft zur Anlegung, Benutzung und Unterhaltung von Sammelbecken für gewerbliche Anlagen erforderlich:

Der Voranschlag des von dem Unternehmen zu erwartenden Vorteils sowie der Maßstab, nach welchem dieser Vorteil auf die bei dem Unternehmen zu beteiligenden Anlagen verteilt werden soll.

Artikel 6.

Die §§ 79, 80 des Gesetzes vom 1. April 1879 finden auf die Bildung der Genossenschaften zur Anlegung, Benutzung und Unterhaltung von Sammelbecken für gewerbliche Anlagen mit folgenden Abänderungen Anwendung.

1. An Stelle der Fläche und des Katastralreinertrages der Grundstücke tritt der in dem Voranschlage ermittelte Vorteil der gewerblichen Anlagen.
2. Wird der in dem Voranschlag ermittelte Vorteil oder der Maßstab, nach welchem dieser Vorteil auf die beteiligten gewerblichen Anlagen verteilt werden soll, bestritten, so tritt das schiedsrichterliche Verfahren ein. Die Leitung desselben liegt dem Kommissar (§ 77 a. a. O.) ob. Wenn sich die Parteien über andere Personen nicht einigen, so wählen die Zustimmenden und die Widersprechenden durch einen nach der Personenzahl zu fassenden Mehrheitsbeschluß je einen Schiedsrichter. Verweigert eine Partei die Wahl, oder erklärt sie sich innerhalb einer Frist von zwei Wochen nach der Aufforderung zur Wahl nicht, so ernennt für sie der Regierungspräsident den Schiedsrichter. Bei Meinungsverschiedenheiten der Schiedsrichter untereinander entscheidet ein von den Parteien im beiderseitigen Einverständnis gewählter und in Ermangelung eines solchen Einverständnisses vom Regierungspräsidenten zu ernennender Obmann.

Die Festsetzung des schiedsrichterlichen Verfahrens gilt nur für die bis zur Genehmigung des Genossenschafts-Statuts erforderlichen Abstimmungen.

Artikel 7.

Auf die Erwerbung der für die Zwecke der Genossenschaft zur Anlegung, Benutzung und Unterhaltung von Sammelbecken für gewerbliche Anlagen erforderlichen Grundstücke findet das Gesetz über die Enteignung von Grundeigentum vom 11. Juni 1874 (Gesetz-Sammlung S. 221) Anwendung.

Artikel 8.

Durch königliche Verordnung können die Bestimmungen dieses Gesetzes auch auf das Gebiet der Lenne und ihrer Nebenflüsse ausgedehnt werden.

Urkundlich unter Unserer Höchststeigehändigen Unterschrift und begedrucktem Königlichen Insigel.

Gegeben Elbing, den 19. Mai 1891.

(L. S.)

Wilhelm.

v. Caprivi. v. Boetticher. v. Maybach. Herrfurth. v. Schelling. Frhr. v. Berlepsch.
Miquel. v. Kaltenborn. v. Heyden. Gr. v. Zedlitz.

Verordnung

betreffend die Ausdehnung des Gesetzes vom 19. Mai 1891 (Gesetz-Samml. S. 97) auf das Gebiet der Lenne und ihrer Nebenflüsse.

Vom 30. Dezember 1891.¹⁾

Wir Wilhelm, von Gottes Gnaden König von Preußen, verordnen auf Grund des Artikels 8 des Gesetzes wegen Abänderung des Gesetzes, betreffend die Bildung von Wassergenossenschaften vom 1. April 1879 (Gesetz-Samml. S. 297) für das Gebiet der Wupper und ihrer Nebenflüsse vom 19. Mai 1891 (Gesetz-Samml. S. 97), was folgt:

Einziger Artikel.

Die Bestimmungen der Artikel 1 bis 7 des Gesetzes wegen Abänderung des Gesetzes, betreffend die Bildung von Wassergenossenschaften vom 1. April 1879 (Gesetz-Samml. S. 297) für das Gebiet der Wupper und ihrer Nebenflüsse vom 19. Mai 1891 (Gesetz-Samml. S. 97) werden auch auf das Gebiet der Lenne und ihrer Nebenflüsse ausgedehnt.

Urkundlich unter Unserer Höchststeigehändigen Unterschrift und begedrucktem Königlichen Insigel.

Gegeben Neues Palais, den 30. Dezember 1891.

(L. S.)

Wilhelm.

Gr. v. Caprivi. v. Boetticher. Herrfurth. v. Schelling. Frhr. v. Berlepsch.
Miquel. v. Kaltenborn. v. Heyden. Gr. v. Zedlitz. Thielen.

Wir Wilhelm,

von Gottes Gnaden König von Preußen usw.

verordnen auf Grund des § 57 des Gesetzes vom 1. April 1879 (Gesetz-Sammlung S. 297) und des Artikel 1 des Gesetzes vom 19. Mai 1891 (Gesetz-Sammlung S. 97) nach Anhörung der Beteiligten was folgt:

Statut der Wuppertalsperren-Genossenschaft.

§ 1.

Die Eigentümer der in den Plänen des Professors Intze zu Aachen vom April 1894 bzw. vom Oktober 1895 enthaltenen gewerblichen Anlagen im Gebiete der Wupper und ihrer Nebenflüsse werden zu einer Genossenschaft vereinigt, welche die Anlegung, Benutzung und Unterhaltung von Sammelbecken für die Wupper und ihrer Nebenflüsse zur besseren Ausnutzung der gewerblichen Triebkraft und zur besseren Benutzung des Wassers zu sonstigen gewerblichen Zwecken beabsichtigt.

Die zunächst in Angriff zu nehmenden Sammelbecken im Brucher- und im Bevertale sind auf Lageplänen, die ein Zubehör der zu Grunde liegenden oben angeführten Pläne bilden, mit Höhenkurven der für die Anlage der beiden Talsperren bestimmten Terrains in den genannten Tälern, im Mai 1888 angefertigt durch den Katasterkontrolleur Steffen, dargestellt und werden daselbst nach Nordwest im Bruchertale, nach Süden im Bevertale durch den rot angelegten Grundriß der Sperrmauer, im übrigen durch die Höhenkurve 362,55 m über N. N. für das Bruchertal und durch die Höhenkurve 286,43 m über N. N. für das Bevertal begrenzt.

¹⁾ s. Fußnote S. 665.

Die zur Herstellung, Unterhaltung und Ausnutzung der Sammelbecken, sowie zum Schutze der unterhalb derselben liegenden Grundstücke und Gebäulichkeiten zu erbauenden Sperrmauern sind auf den ebenfalls ein Zubehör der Pläne bildenden »Projekt-Zeichnungen zu der Talsperre im Bruchertale für 750 000 cbm Inhalt und zu der Talsperre im Bevertale für 3 000 000 cbm Inhalt, entworfen und berechnet durch O. Intze, Professor«, in Vorderansicht, Grundriß und Querschnitt dargestellt und mit einer graphischen Festigkeitsberechnung versehen.

Die bei dem Unternehmen beteiligten gewerblichen Anlagen sind in den ein weiteres Zubehör der Pläne bildenden Lagezeichnungen mit roter Farbe kenntlich gemacht. Auch sind diese Anlagen in den zugehörigen Verzeichnissen unter Angabe ihrer Eigentümer und des in den Voranschlägen ermittelten Vorteils speziell nachgewiesen.

Karten und Register werden mit einem auf das Datum des genehmigten Statuts Bezug nehmenden Beglaubigungsvermerke versehen und bei der Aufsichtsbehörde der Genossenschaft niedergelegt.

Abänderungen der Projekte, die im Laufe der Ausführung sich als erforderlich herausstellen, können vom Genossenschaftsvorstande beschlossen werden. Der Beschluß bedarf jedoch der Genehmigung der staatlichen Aufsichtsbehörde.

Vor Erteilung der Genehmigung sind diejenigen Genossen zu hören, deren Grundstücke oder gewerbliche Anlagen durch die Veränderungen direkt in Mitleidenschaft gezogen werden.

§ 2.

Die Genossenschaft führt den Namen »Wupper-Talsperren-Genossenschaft« und hat ihren Sitz in der Gemeinde Neuhückeswagen.

Die Verlegung des Sitzes an einen anderen im Gebiete der Wupper oder ihrer Nebenflüsse belegenen Ort kann von der Generalversammlung der Genossenschaft beschlossen werden und bedarf der Genehmigung der staatlichen Aufsichtsbehörde.

§ 3.

Die Kosten der Herstellung und Unterhaltung der gemeinschaftlichen Anlagen werden von der Genossenschaft getragen. Dagegen bleiben die nach den Zwecken der Talsperrenanlagen an den einzelnen Betriebswerken erforderlichen Einrichtungen den betreffenden Genossen überlassen.

Die Genossen sind gehalten, den im Interesse des ganzen Unternehmens getroffenen Anordnungen des Vorstehers Folge zu leisten.

§ 4.

Außer der Herstellung der im Projekte vorgesehenen Anlagen liegt dem Vorstande ob, Anlagen, welche im besonderen Interesse mehrerer Beteiligter zur besseren Ausnutzung der gewerblichen Triebkraft oder zur besseren Benutzung des Wassers der Sammelbecken und der dazu gehörigen Wasserläufe zu sonstigen gewerblichen Zwecken dienen sollen, einzurichten und auf Kosten der dabei Beteiligten ausführen zu lassen.

Die Absicht des Vorstandes ist unter Auflegung der Pläne und Kostenanschläge sowie der Kostenverteilung bei dem Vorsteher nach Vorschrift des § 8 dieses Statuts bekannt zu machen. Einsprüche sind bei dem Vorsteher innerhalb 4 Wochen nach Offenlegung schriftlich unter Angabe der Gründe anzubringen. Über dieselben entscheidet endgültig die Aufsichtsbehörde.

Die Unterhaltung derartiger Anlagen untersteht der Aufsicht des Vorstehers.

Die Generalversammlung kann die Ausführung und Unterhaltung solcher Anlagen auf Kosten der Genossenschaft beschließen. Ebenso kann die Generalversammlung die Neuanlage von Sammelbecken im Gebiete der Wupper und deren Nebenflüsse zur reichlicheren Versorgung der Genossenschaft mit Wasser beschließen. In beiden Fällen bedürfen die Beschlüsse der Generalversammlung der Genehmigung der staatlichen Aufsichtsbehörde. Der gleichen Genehmigung bedürfen die auf diese Anlagen bezüglichen Projekte sowie — in Ermangelung einer Einigung der Beteiligten — das Kostenbeitragsverhältnis.

§ 5.

Der Vorstand ist befugt, das Wasser der Sammelbecken und der dazu gehörigen Wasserläufe über die eigentlichen Genossenschaftszwecke hinaus mit der Maßgabe nutzbar zu machen, daß für die Sicherstellung der eigentlichen Genossenschaftszwecke die notwendigen Vorkehrungen getroffen werden.

Namentlich darf er:

1. Das Wasser für Landes-Meliorationen abgeben, auch mit Genehmigung der Generalversammlung und der Aufsichtsbehörde solche auf Rechnung der Genossenschaft einrichten;

2. das Wasser gegen Entgelt insbesondere auch für Wasserleitungen abgeben;
3. die Fischerei auf dem Becken verpachten;
4. die sonstige Benutzung des Beckens gegen Entgelt gestatten.

Alle für solche Nutzbarmachung des Beckens und des Wassers erforderlichen Anlagen unterstehen der Aufsicht des Vorstandes.

§ 6.

Die gemeinschaftlichen Anlagen werden unter Leitung des oder der vom Vorstande hierzu angenommenen Personen ausgeführt und unterhalten. Der Vorstand hat dafür Sorge zu tragen, daß die Sammelbecken im Brucher- und Bevertale, entsprechend den angeschlossenen Plänen des Professors Intze, so konstruiert werden, und daß der Betrieb derselben dauernd so eingerichtet wird, daß die zur Hochwasserzeit abfließenden Wassermengen zur Vermeidung von Überschwemmungen möglichst zurückgehalten werden.

§ 7.

Die Städte Barmen und Elberfeld zahlen zu den aufzubringenden Ausgaben der Genossenschaft für Verzinsung, Amortisation, Unterhaltung und Verwaltung der Brucher- und Bevertalsperren jede Stadt den festen Jahresbeitrag von 10 000 Mark. Nach Tilgung des Anlagekapitals fallen die vorgenannten Beiträge der beiden Städte für die laufenden Unterhaltungs- und Verwaltungskosten der Genossenschaft fort.

In welchem Maße bei etwa wachsenden Einnahmen der Genossenschaft im Falle des Artikels 3, §§ 1 und 2 des Gesetzes vom 19. Mai 1891 die Beiträge der beiden Städte eine vorzugsweise Ermäßigung erfahren sollen, bleibt der Vereinbarung des Vorstandes der Genossenschaft mit den Vertretungen der beiden Städte überlassen.

Im übrigen wird nach Begründung der Genossenschaft das Verhältnis, in welchem die einzelnen Genossen zu den Genossenschaftslasten beizutragen haben, nach Maßgabe des für dieselben aus den Genossenschaftsanlagen erwachsenden Vorteils in dem im § 8 dieses Statuts bezeichneten Verfahrens festgesetzt, wobei als Verteilungsmaßstab für das Jahr $\frac{1}{100}$ der durch das Talsperrenwasser gewonnenen Nutzpferdekraft 300 cbm des zu sonstigen gewerblichen Zwecken aus der Wupper entnommenen Wassers gleichzustellen ist. Hierbei sollen die Kosten pro Nutzpferdekraft auf ganze Mark und die Kosten pro Kubikmeter sonstigen Nutzwassers auf ganze Pfennige abgerundet werden und zwar bis einschließlich $\frac{1}{2}$ Mark bzw. $\frac{1}{2}$ Pfennig nach unten; über $\frac{1}{2}$ Mark bzw. $\frac{1}{2}$ Pfennig nach oben. Eine Änderung dieses Verteilungsmaßstabes, soweit er das Beitragsverhältnis der Genossen unter einander betrifft, kann nur durch Beschluß der Generalversammlung, welcher der Bestätigung der Aufsichtsbehörde bedarf, erfolgen.

Das nach Vorstehendem aufzustellende Register hat die einzelnen Genossen und das Beitragsverhältnis zu den Genossenschaftslasten zu enthalten.

§ 8.

Nach Ablauf von zwei Jahren nach Inbetriebsetzung der Anlagen sowie ferner auf Antrag von einem Dritteile der Genossen, wenn seit der letzten Revision zwei Jahre verflossen sind, hat eine Revision des Verteilungsmaßstabes beziehungsweise des Registers durch zwei vom Vorstande zu wählende Sachverständige unter Leitung des Vorstehers zu erfolgen, welcher bei Meinungsverschiedenheiten den Ausschlag gibt. Sowohl ein nach der Zahl der gewerblichen Anlagen wie ein nach der Beitragspflicht berechnetes Dritteil der Genossen ist zur Stellung eines Antrages berechtigt.

Nach vorgängiger Bekanntmachung in den amtlichen Kreisblättern derjenigen Kreise, deren Bezirken das Genossenschaftsgebiet ganz oder teilweise angehört, wird das revidierte Genossenschaftsregister vier Wochen lang zur Einsicht der Genossen in der Wohnung des Vorstehers ausgelegt. Auch kann jeder Genosse Abschrift des Verzeichnisses gegen Erstattung der Schreibgebühren vom Vorsteher verlangen. Abänderungsanträge müssen innerhalb der vierwöchentlichen Frist schriftlich bei dem Vorsteher angebracht werden.

Nach Ablauf dieser Frist hat der Vorsteher die bei ihm schriftlich eingegangenen Abänderungsanträge der Aufsichtsbehörde vorzulegen. Die letztere oder deren Kommissar läßt unter Zuziehung der Beschwerdeführer und eines Vertreters des Vorstandes die erhobenen Reklamationen durch einen Sachverständigen untersuchen.

Einigt sich der Vorstand und der Beschwerdeführer über die Person des Sachverständigen, so ist dieser zu nehmen, andernfalls wird der Sachverständige von der Aufsichtsbehörde ernannt.

Mit dem Ergebnis der Untersuchung werden die Beschwerdeführer und der Vertreter des Vorstandes von dem Kommissar bekannt gemacht. Sind beide Teile mit dem Gutachten einverstanden, so wird das Register demgemäß festgestellt; andernfalls sind die Verhandlungen der Aufsichtsbehörde zur Entscheidung einzureichen.

Der Aufsichtsbehörde ist es unbenommen, vor ihrer Entscheidung andere ihr geeignet scheinende Sachverständige zu hören.

Die bis zur Mitteilung des Ergebnisses der Untersuchung entstandenen Kosten sind in jedem Fall von der Genossenschaft zu tragen. Wird eine Entscheidung erforderlich, so sind die weiter erwachsenden Kosten dem unterliegenden Teile aufzuerlegen.

Außerdem kann jederzeit im Bedürfnisfalle eine in gleicher Weise vorzunehmende Revision des Verteilungsmaßstabes beziehungsweise des Registers vom Vorstande beschlossen oder von der staatlichen Aufsichtsbehörde angeordnet werden.

In den Fällen des Artikels 3 des Gesetzes vom 19. Mai 1891 findet die Neuregelung des Beitragsverhältnisses jederzeit von Amtswegen durch den Vorstand statt.

Den von der Aufsichtsbehörde, von dem Vorstande und auf Vereinbarung mit den Interessenten ernannten Sachverständigen ist seitens der Genossen die erforderliche Auskunft zu geben und der Zutritt zu den gewerblichen Anlagen zu gestatten.

Aus diesem Anlaß entstehende Streitigkeiten entscheidet endgültig die Aufsichtsbehörde.

§ 9.

Die Genossen sind verpflichtet, die Beiträge in den von dem Vorstande festzusetzenden Terminen zur Genossenschaftskasse abzuführen.

Bei versäumter Zahlung hat der Vorsteher die fälligen Beiträge beizutreiben.

§ 10.

Im Falle des Artikels 3, §§ 1 und 2 des Gesetzes vom 19. Mai 1891 sind Genossen, welche durch Erweiterung oder Verbesserung ihrer gewerblichen Anlagen eine größere Ausnutzung des Wassers der Sammelbecken oder der aus denselben fließenden Wasserläufe bezwecken, verpflichtet, vor Benutzung dieser Einrichtungen dem Vorsteher von ihrem Vorhaben Anzeige zu erstatten.

§ 11.

Jeder Genosse hat sich die Einrichtung der genossenschaftlichen Anlagen, diese Anlagen selbst, sowie deren Unterhaltung, soweit sein Eigentum davon vorübergehend oder dauernd betroffen wird, gefallen zu lassen.

Darüber, ob und zu welchem Betrage dem einzelnen Genossen unter Berücksichtigung der ihm aus der Anlage erwachsenden Vorteile eine Entschädigung gebührt, entscheidet, falls sich ein Genosse mit dem Vorsteher nicht gütlich verständigen sollte, das nach Vorschrift dieses Statuts zu bildende Schiedsgericht mit Ausschluß des Rechtsweges.

§ 12.

Das Stimmenverhältnis richtet sich nach der Teilnahme an den Genossenschaftslasten und zwar derart, daß für jede gewerbliche Anlage bei einer Beteiligung bis zu 10 Mark eine Stimme gerechnet wird, während bei größerer Beteiligung soviel weitere Stimmen hinzukommen, als die Zahl 10 in der überschießenden Summe von Mark enthalten ist. Bruchteile von 10 werden bei der Berechnung der Mehrstimmen nicht berücksichtigt.

Die Stimmliste ist demgemäß von dem Vorstande zu entwerfen und nach vorgängiger öffentlicher Bekanntmachung der Auslegung vier Wochen lang zur Einsicht der Genossen in der Wohnung des Vorstehers auszulegen. Jeder Genosse kann Abschrift der Stimmliste gegen Erstattung der Schreibgebühren verlangen.

Anträge auf Berichtigung der Stimmliste sind an keine Frist gebunden.

§ 13.

Miteigentümer einer an der Genossenschaft beteiligten gewerblichen Anlagen haben auf Erfordern des Vorstandes zur Wahrnehmung ihres gemeinschaftlichen Interesses einen Bevollmächtigten zu bestellen.

§ 14.

Der Genossenschaftsvorstand besteht aus:

- a) einem Vorsteher,
- b) sechs Beisitzern.

Die Vorstandsmitglieder bekleiden ein Ehrenamt. Als Ersatz für Auslagen und Zeitversäumnis erhält jedoch der Vorsteher, erforderlichen Falles auch der Stellvertreter desselben eine jährliche von dem Vorstande festzusetzende Entschädigung, welche der Genehmigung der Aufsichtsbehörde bedarf.

Die Stadtvertretungen von Barmen und Elberfeld haben dafür, daß die beiden Städte nach Maßgabe des aufgestellten Verteilungsmaßstabes zu den Kosten der beiden Talsperren einen Jahresbeitrag von je 10000 Mark zahlen, das Recht, jede einen von den sechs Beisitzern, sowie je einen Stellvertreter zu bestimmen. Die übrigen vier Beisitzer des Vorstandes nebst vier Stellvertretern werden von der Generalversammlung auf 4 Jahre nach absoluter Mehrheit der abgegebenen Stimmen gewählt.

Alle 2 Jahre scheidet die Hälfte der von der Genossenschaft gewählten Beisitzer und Stellvertreter aus. Die das erstmal Ausscheidenden werden durch das vom Vorsteher in einer Vorstandssitzung zu ziehende Los bestimmt.

Wählbar ist jeder Genosse, welcher den Besitz der bürgerlichen Ehrenrechte nicht durch rechtskräftiges Erkenntnis verloren hat.

Der Vorsteher, sowie der Stellvertreter desselben werden gleichfalls von der Generalversammlung nach absoluter Stimmenmehrheit auf 4 Jahre gewählt. Die Wahl derselben kann auf andere der Genossenschaft nicht angehörige Persönlichkeiten gerichtet werden und bedarf der Genehmigung der Aufsichtsbehörde.

Der Stellvertreter des Vorstehers kann auch aus den Beisitzern gewählt werden.

Die Wahl der von der Generalversammlung zu wählenden Vorstandsmitglieder wie der Stellvertreter erfolgt in getrennten Wahlhandlungen für jedes Mitglied. Wird im ersten Wahlgange eine absolute Stimmenmehrheit nicht erreicht, so erfolgt eine engere Wahl zwischen denjenigen beiden Personen, welche die meisten Stimmen erhalten haben. Bei Stimmgleichheit entscheidet das vom Vorsitzenden zu ziehende Los. Die Mitgliedschaft im Vorstande dauert bei Ablauf der Wahlperiode bis zur Wahl des Nachfolgers fort. Die Ausscheidenden sind wieder wählbar.

Im Übrigen finden die Vorschriften für Gemeindewahlen in den Landgemeinden der Rheinprovinz sinngemäße Anwendung.

Wenn kein Widerspruch erfolgt, kann Wahl durch Akklamation erfolgen.

§ 15.

Die Mitglieder des Vorstandes werden von der Aufsichtsbehörde durch Handschlag an Eidesstatt verpflichtet.

Zur Legitimation der Vorstandsmitglieder und ihrer Stellvertreter dient das von der Aufsichtsbehörde aufgenommene Verpflichtungsprotokoll.

Soll der Stellvertreter sich darüber ausweisen, daß der Fall der Stellvertretung eingetreten ist, so dient dazu ein Zeugnis der Aufsichtsbehörde.

Der Vorstand hält seine Sitzungen unter dem Vorsitze des Vorstehers, der gleiches Stimmrecht hat, wie die Beisitzer, und dessen Stimme im Falle der Stimmgleichheit entscheidet.

Zur Gültigkeit der gefaßten Beschlüsse ist es erforderlich, daß die Beisitzer unter Angabe der Gegenstände der Verhandlung geladen und daß mit Einschluß des Vorstehers mindestens drei Vorstandsmitglieder anwesend sind.

Wer am Erscheinen verhindert ist, hat dies unverzüglich dem Vorsteher anzuzeigen. Dieser hat alsdann den für das betreffende Mitglied gewählten Stellvertreter oder wenn auch dieser verhindert ist, den an Lebenszeit ältesten Stellvertreter zu laden.

§ 16.

Soweit nicht in diesem Statute einzelne Verwaltungsbefugnisse dem Vorstande oder der Generalversammlung vorbehalten sind, hat der Vorsteher die selbständige Leitung und Verwaltung aller Angelegenheiten der Genossenschaft.

Zeit und Art der Wasserabgabe aus der Talsperre bestimmt der Vorstand.

§ 17.

Die Verwaltung der Kasse führt ein Rechner, welcher von dem Vorstande auf 2 Jahre gewählt und dessen Remuneration sowie zu stellende Kautions vom Vorstande festgestellt wird. Die Aufsichtsbehörde kann jederzeit die Entlassung des Rechners wegen mangelhafter Dienstführung anordnen.

§ 18.

Zur Bewachung und Bedienung der genossenschaftlichen Anlagen stellt der Vorsteher auf Beschluß des Vorstandes zwei oder im Bedarfsfalle mehrere Wärter an und stellt den Lohn für dieselben fest.

Die Wärter sind allein befugt, die genossenschaftlichen Schleusen zu öffnen.

Die Wärter müssen den Anordnungen des Vorstehers pünktlich Folge leisten.

§ 19.

Der gemeinsamen Beschlußfassung der Genossen (Generalversammlung) unterliegen:

1. die Wahl der Vorstandsmitglieder und deren Stellvertreter;
2. die Wahl der Schiedsrichter und deren Stellvertreter;
3. die Abänderung des Statuts;
4. die in den Paragraphen 2, 4 und 7 dieses Statuts der Generalversammlung vorbehaltene Entscheidung.

§ 20.

Die erste zur Bestellung des Vorstandes erforderliche Generalversammlung beruft die Aufsichtsbehörde, welche auch zu den in dieser Versammlung erforderlichen Abstimmungen eine vorläufige Stimmliste nach dem vorläufig festgestellten Verteilungsmaßstabe aufzustellen hat.

Die weiteren Generalversammlungen sind in den gesetzlich vorgeschriebenen Fällen (§ 60 des Gesetzes vom 1. April 1879), mindestens aber alle zwei Jahre durch den Vorsteher zusammenzuberufen.

Die Einladung erfolgt unter Angabe der Gegenstände der Verhandlung durch ein öffentlich bekannt zu machendes Ausschreiben der Genossenschaft und außerdem durch Einzelladung an die Mitglieder der Genossenschaft, beziehungsweise an die von denselben gemäß § 13 des Statuts bestellten Bevollmächtigten.

Zwischen der Einladung und der Versammlung muß ein Zeitraum von mindestens zwei Wochen liegen.

Die Versammlung ist ohne Rücksicht auf die Zahl der Erschienenen beschlußfähig. Die Mitglieder der Genossenschaft können sich in der Generalversammlung durch andere stimmberechtigte Mitglieder oder durch einen bevollmächtigten Leiter ihres Betriebes vertreten lassen.

Der Vorsteher führt den Vorsitz.

Die Generalversammlung kann auch von der Aufsichtsbehörde zusammen berufen werden. In diesem Falle führt diese oder der von ihr ernannte Kommissar den Vorsitz.

§ 21.

Die Streitigkeiten, die zwischen Mitgliedern der Genossenschaft über das Eigentum an Grundstücken, über das Vorhandensein oder den Umfang von Grundgerechtigkeiten oder anderen Nutzungsrechten oder über besondere, auf speziellen Rechtstiteln beruhende Rechte und Verbindlichkeiten der Parteien entstehen, gehören zur Entscheidung der ordentlichen Gerichte.

Dagegen werden alle anderen Beschwerden, welche die gemeinsamen Angelegenheiten der Genossenschaft oder die vorgebliche Beeinträchtigung einzelner Genossen in ihren durch das Statut begründeten Rechten betreffen, von dem Vorsteher untersucht und entschieden, soweit nicht nach Maßgabe dieses Statuts oder nach gesetzlicher Vorschrift eine andere Instanz zur Entscheidung berufen ist.

Gegen die Entscheidung des Vorstehers steht, sofern es sich nicht um eine der ausschließlichen Zuständigkeit anderer Behörden unterliegende Angelegenheit handelt, jedem Teile die Anrufung der Entscheidung eines Schiedsgerichts frei, welche binnen zwei Wochen, von der Bekanntmachung des Bescheides an gerechnet, bei dem Vorsteher angemeldet werden muß. Die Kosten des Verfahrens sind dem unterliegenden Teile aufzuerlegen.

Das Schiedsgericht besteht aus einem Vorsitzenden, welchen die Aufsichtsbehörde ernennt und zwei Beisitzern.

Die Beisitzer werden nebst zwei Stellvertretern von der Generalversammlung nach Maßgabe der Vorschriften dieses Statuts gewählt. Wählbar ist Jeder, der in der Gemeinde seines Wohnorts zu den öffentlichen Gemeindeämtern wählbar und nicht Mitglied oder Nebeninteressent der Genossenschaft ist.

Wird ein Schiedsrichter mit Erfolg abgelehnt, so ist der Ersatzmann aus den gewählten Stellvertretern oder erforderlichen Falls aus den wählbaren Personen durch die Aufsichtsbehörde zu bestimmen.

§ 22.

Die von der Genossenschaft ausgehenden Bekanntmachungen sind unter der Bezeichnung »Wupper-Talsperren-Genossenschaft« zu erlassen und vom Vorsteher zu unterzeichnen.

Die für die Öffentlichkeit bestimmten Bekanntmachungen der Genossenschaft werden in das Kreisblatt aufgenommen, welches als amtliches Kreisblatt für den Ort des Sitzes der Genossenschaft gilt.

§ 23.

Soweit die Aufnahme neuer Genossen nicht auf einer, dem § 69 des Gesetzes vom 1. April 1879 oder dem Art. 3 § 2 des Gesetzes vom 19. Mai 1891 entsprechenden rechtlichen Verpflichtung beruht, kann sie auch als ein Akt der Vereinbarung auf den Antrag des Aufzunehmenden durch einen der Zustimmung der Aufsichtsbehörde bedürftigen Vorstandsbeschluß erfolgen.

Gegeben Neues Palais, den 29. April 1896.

[L. S.]

gez.: Wilhelm R.

Zugleich für den Minister der Landwirtschaft, Domänen und Forsten.

ggez.: Freiherr von Berlepsch. Thielen.

Es wird hiermit bescheinigt, daß vorstehendes Statut von der am 29. November 1895 stattgehabten Versammlung der Interessenten zur Bildung der Wupper-Talsperren-Genossenschaft in der in dem Protokoll über diese Versammlung angegebenen Weise beraten und angenommen worden ist.

Lennep, den 1. Dezember 1895.

[L. S.]

Der Kommissar

zur Bildung der Wupper-Talsperren-Genossenschaft

gez.: Koenigs, Landrat.

[I. III. 3829]

Wir Wilhelm,

von Gottes Gnaden König von Preußen usw.

verordnen auf Grund des § 57 des Gesetzes vom 1. April 1879 (Gesetz-Sammlung Seite 297) und des Artikels 1 des Gesetzes vom 19. Mai 1891 (Gesetz-Sammlung Seite 97) was folgt:

Der anliegende, von der General-Versammlung der Wupper-Talsperren-Genossenschaft vom 24. April 1897 beschlossene und vom Vorstande redigierte Nachtrag zu dem Statute der Wupper-Talsperren-Genossenschaft vom 29. April 1896 (Gesetz-Sammlung S. 122 Nr. 6) wird hierdurch genehmigt.

Urkundlich unter Unserer Höchstehändigen Unterschrift und begedrucktem Königlichen Insiegel.

Gegeben Berlin im Schloß, den 28. April 1898.

[L. S.]

gez.: Wilhelm R.

ggez.: Thielen. Hammerstein. Brefeld.

1. Nachtrag zu dem Statut der Wupper-Talsperren-Genossenschaft vom 29. April 1896.

I. Zu § 1. Statt der in den Plänen des Professors Intze zu Aachen vom April 1894 bezw. vom Oktober 1895 angegebenen Talsperre im Bruchertale für 750 000 cbm Inhalt soll die in den neuerdings angefertigten 4 Plänen des Geheimen Regierungsrates, Professor Intze zu Aachen vom 28. April 1897 bezw. 3 Plänen vom September/Oktober 1897 dargestellte Talsperre im Lingesetal bei Marienheide für einen Inhalt von 2 600 000 cbm zur Ausführung gelangen.

Dieselbe ist dargestellt durch einen Lageplan auf Meßtischblättern im Maßstabe von 1 : 25 000, durch einen vom öffentlich angestellten Landmesser Werner zu Opladen im April 1897 angefertigten Lageplan mit Höhenkurven im Maßstabe 1 : 2000, durch die auf 6 Blatt Zeichnungen im Grundriß, in der Ansicht und in Querschnitten angegebene Konstruktion der Mauer, des Überlaufes und der Durchlässe, und ist auf diesen Plänen eine graphische Festigkeitsuntersuchung vorgenommen. Das Sammelbecken im Lingesetal wird im Westen durch den rot angelegten Grundriß der Sperrmauer, im übrigen durch die Höhenkurve 340,50 m über N. N. begrenzt.

Die zur Ansammlung des in trockner Zeit während der Nacht ungenutzt abfließenden Talsperrenwassers und zur rechtzeitigen Abgabe desselben an die Triebwerke erforderlichen beiden Tagesausgleichweiher von 60 000 cbm Inhalt bei Beyenburg und von 66 000 cbm Inhalt bei Buchen-

hofen sind auf den Plänen des Geheimen Regierungsrates Professor Intze zu Aachen von April, Juni und August 1897 dargestellt.

Der Beyenburger Ausgleichweiher ist auf Grund der vom öffentlich angestellten Landmesser Werner zu Opladen im Herbst 1895 vorgenommenen Vermessung im Lageplan und im Längenprofil 1:1000 und in Querprofilen 1:100 bzw. 1:500 dargestellt. Dieser Weiher wird nordwestlich begrenzt durch ein Grundwehr, dessen Überfallkante auf 192,90 bzw. 193,20 m über N. N. angeordnet ist. Diese Wehranlage liegt etwa 140 m oberhalb der Eisenbahnbrücke über die Wupper in der Eisenbahnlinie von Dahlerau nach Rittershausen und ist in Ansicht, Grundriß und Querschnitt auf dem Plane des Geheimen Regierungsrats Professors O. Intze vom April 1897 dargestellt. Der Ausgleichweiher wird im übrigen durch die in den Plänen angegebenen Böschungen der Anschnitte und Anschüttungen begrenzt und staut bei normalen Wasserverhältnissen der Wupper bis auf 194,90 m über N. N. auf eine Entfernung von etwa 960 m oberhalb des Wehres zurück, während bei Hochwasser das bewegliche Wehr beseitigt ist und das Grundwehr nur auf eine Entfernung von 300 m oberhalb desselben einen geringfügigen Aufstau des höchsten Hochwassers bewirkt.

Der Buchenhofener Ausgleichweiher ist für 66 000 cbm Inhalt nach den Aufnahmen des öffentlich angestellten Landmessers Werner zu Opladen vom August 1895 entworfen worden in einem Lageplane 1:2500 und in Querprofilen 1:100 bzw. 1:500 und welche Pläne vom Geheimen Regierungsrat Professor Intze im April, Juni und August 1897 unterzeichnet sind. Dieser Ausgleichweiher ist westlich begrenzt durch ein Grundwehr, dessen Überfallkante auf 123,0 m bzw. 123,40 m über N. N. liegt und durch ein bei Niedrigwasser der Wupper in Tätigkeit zu setzendes bewegliches Wehr, dessen Oberkante auf 125,10 m über N. N. angenommen ist, wie diese Wehrkonstruktion im Grundriß und in der Ansicht auf dem Plane des Geheimen Regierungsrats Professor O. Intze vom April 1897 dargestellt ist.

Der Buchenhofener Ausgleichweiher wird im übrigen durch die Böschungen der Anschnitte und Anschüttungen begrenzt, welche in den vorgenannten Plänen angegeben sind. Der Aufstau des neuen beweglichen Wehres erstreckt sich bei normalen Wasserverhältnissen der Wupper und fast horizontalem Stauspiegel von 125,10 m über N. N. auf etwa 1140 m Entfernung oberhalb des neuen Wehres und hört bei Hochwasser und beseitigtem beweglichen Wehre an dem jetzt vorhandenen 450 m oberhalb gelegenen festen Wehre auf.

Außer diesen beiden Tagesausgleichweihern wird die Vergrößerung des der Firma Hardt, Pocorny & Co. gehörigen Dahlhausener Weihers um etwa 30 000 cbm Inhalt erforderlich, um rechtzeitig das Wasser allen unterhalb gelegenen Triebwerken zu liefern.

Diese Vergrößerung des Dahlhausener Weihers wird durch eine Erhöhung des vorhandenen Dahlhausener Wehres um etwa 0,5 m erzielt, mit welcher Erhöhung die Firma Hardt, Pocorny & Co. sich bei Übernahme der Kosten durch die Genossenschaft einverstanden erklärt hat.

II. In dem § 7 Zeile 3 werden die Worte »Brucher- und Bever-« und im § 14 Zeile 11 das Wort »beiden« gestrichen.

2. Nachtrag zu dem Statut der Wuppertalsperrengenosenschaft vom 29. April 1896.

Der § 14 erhält folgende Fassung:

Der Genossenschaftsvorstand besteht aus

- a) einem Vorsteher,
- b) sechs Beisitzern.

Der Vorsteher wird mit Besoldung angestellt und hat Anspruch auf Ruhegehalt und Hinterbliebenenversorgung nach den für die unmittelbaren Staatsbeamten geltenden Grundsätzen.

Die vom Vorstande festzusetzende Besoldung des Vorstehers bedarf der Genehmigung der Aufsichtsbehörde.

Der Stellvertreter des Vorstehers und die übrigen Vorstandsmitglieder bekleiden ein Ehrenamt.

Die Stadtvertretungen von Barmen und Elberfeld haben dafür, daß die beiden Städte nach Maßgabe des aufgestellten Verteilungsmaßstabes zu den Kosten der beiden Talsperren einen Jahresbeitrag von 10 000 Mk. zahlen, das Recht, je einen von den sechs Beisitzern, sowie je einen Stellvertreter zu bestimmen. Die übrigen vier Beisitzer des Vorstandes nebst vier Stellvertretern werden von der Generalversammlung auf vier Jahre nach absoluter Mehrheit der abgegebenen Stimmen gewählt.

Alle zwei Jahre scheidet die Hälfte der von der Genossenschaft gewählten Beisitzer und Stellvertreter aus. Die das erste Mal Ausscheidenden werden durch das vom Vorsteher in einer Vorstandssitzung zu ziehende Los bestimmt.

Wählbar ist jeder Genosse, welcher den Besitz der bürgerlichen Ehrenrechte nicht durch rechtskräftiges Erkenntnis verloren hat.

Der Vorsteher, sowie der Stellvertreter desselben werden gleichfalls auf der Generalversammlung nach absoluter Stimmenmehrheit und zwar der letztere auf vier Jahre gewählt. Die Wahl derselben kann auf andere, der Genossenschaft nicht angehörige Persönlichkeiten gerichtet werden und bedarf der Genehmigung der Aufsichtsbehörde.

Der Stellvertreter des Vorstehers kann auch aus den Beisitzern gewählt werden.

Die Wahl der von der Generalversammlung zu wählenden Vorstandsmitglieder wie der Stellvertreter erfolgt in getrennten Wahlhandlungen für jedes Mitglied. Wird im ersten Wahlgange eine absolute Stimmenmehrheit nicht erreicht, so erfolgt eine engere Wahl zwischen denjenigen beiden Personen, welche die meisten Stimmen erhalten haben. Bei Stimmgleichheit entscheidet das vom Vorsitzende zu ziehende Los. Die Mitgliedschaft im Vorstande dauert bei Ablauf der Wahlperiode bis zur Wahl des Nachfolgers fort. Die Ausscheidenden sind wieder wählbar. Im übrigen finden die Vorschriften für Gemeindewahlen in den Landgemeinden der Rheinprovinz sinngemäße Anwendung. Wenn kein Widerspruch erfolgt, kann Wahl durch Akklamation erfolgen.

Der Vorstand stellt die Beamten, sowie das erforderliche technische und Bureauhilfspersonal an, weist dasselbe zum Dienst an, führt die Aufsicht über dessen Tätigkeit und entläßt dasselbe.

Die Anstellung der Beamten erfolgt auf Lebenszeit, ist jedoch von der Erreichung des 30. Lebensjahres und einer fünfjährigen Dienstzeit in der Genossenschaft abhängig. Von der Erfüllung dieser Bedingung kann mit Zustimmung der Generalversammlung abgesehen werden. Bis zur Anstellung auf Lebenszeit werden die Beamten, soweit nicht ausdrücklich eine kürzere Kündigungsfrist vorgeesehen ist, auf dreimonatliche Kündigung angestellt.

Die Beamten haben, sofern nicht mit Genehmigung der Aufsichtsbehörde ein anderes festgesetzt ist, bei eintretender Dienstunfähigkeit Anspruch auf Ruhegehalt und im Falle des Todes auf Witwen- und Waisensorgung nach den für die unmittelbaren Staatsbeamten geltenden Grundsätzen.

Die auf Lebenszeit angestellten Beamten können gegen ihren Willen mit Genehmigung der Aufsichtsbehörde aus denselben Gründen aus dem Dienste entlassen werden, unter denen die Dienstentlassung der unmittelbaren Staatsbeamten nach dem Disziplinalgesetz zulässig ist.

Der vorstehende, von der Generalversammlung der Wuppertalsperrengenossenschaft vom 15. Februar 1908 beschlossene 2. Nachtrag zu dem Statut der Wuppertalsperrengenossenschaft vom 29. April 1896 (Gesetz-Sammlung S. 122 Nr. 6) ist durch Allerhöchste Verordnung vom 30. Mai 1908 genehmigt worden.

Satzungen des Ruhrtalsperrervereins.

Genehmigt durch Allerhöchste Ordre vom 11. Dezember 1899 und 14. Oktober 1905, bezw. durch Ministerial-Erlaß vom 19. August 1907¹⁾.

1. Zweck.

Der Verein hat den Zweck, den Wasserstand der Ruhr nach Menge und Beschaffenheit durch eigene Erbauung oder Förderung von Talsperrenanlagen im Niederschlagsgebiet der Ruhr zu verbessern und zwar mit möglichst gleichmäßiger Verteilung der Anlagen und Zuwendungen auf die obere Ruhr und deren Seitentäler.

In Verfolg dieses Zweckes kann der Verein auch die Regelung einheitlicher Untersuchungen über die Beschaffenheit des Ruhrwassers, des Wassers der Nebenbäche, sowie des von den Wasserwerken geförderten Leitungswassers übernehmen.

2. Name und Sitz.

Der Verein erhält den Namen »Ruhrtalsperrerverein« und hat seinen Sitz in Essen.

Das Geschäftsjahr ist das Kalenderjahr.

3. Eintritt der Mitglieder.

Mitglieder des Vereins können die Besitzer von Wasserwerken und anderen Anlagen werden, die Wasser aus der Ruhr, deren Nebenflüssen oder dem Grundwasser entnehmen oder benutzen.

Der Beitritt zum Verein erfolgt durch Abgabe einer schriftlichen Erklärung. Über die Aufnahme beschließt der Vorstand. Zu einer Ablehnung bedarf es der Zustimmung der Regierungs-Präsidenten zu Düsseldorf und Arnsberg.

¹⁾ Im Jahre 1913 sind die Grundlagen des Vereins durch Gesetz geregelt.

4. Austritt der Mitglieder.

Der Austritt der Mitglieder ist, vorbehaltlich der Bestimmung unter Nr. 5 B, nur zulässig, wenn sie auf die Entnahme oder die Benutzung von Wasser verzichten. Der Austritt kann nur am Schlusse eines Geschäftsjahres erfolgen und ist drei Monate vorher schriftlich zu erklären.

Bestehende Privatrechte der Triebwerksbesitzer werden hierdurch nicht berührt.

5. Beiträge.

Sämtliche Mitglieder sind zur Zahlung jährlicher Beiträge verpflichtet.

Dabei ist zu unterscheiden:

- A) Zwischen den Werken, welche das Wasser verbrauchen;
- B) Zwischen den Werken, welche das Wasser gebrauchen (Triebwerke).

A.

Die zu A bezeichneten Anlagen haben je nach der Menge des von ihnen entnommenen Wassers eine Abgabe zu entrichten und zwar:

1. für die Menge des nach der Feststellung im Jahre 1897 entnommenen Wassers 1,5 Pf. für 10 cbm;
2. für dasjenige Höchstquantum, welches in den Jahren 1898 bis 1902 einschließlich über die zu 1 bezeichnete Menge hinaus in einem Jahre entnommen worden ist, 2,5 Pfg. für 10 cbm;
3. für jede Mehrförderung über die zu 2 bezeichnete Menge hinaus 4 Pfg. für 10 cbm mit der Maßgabe, daß eine Erhöhung dieses Satzes durch Beschluß der Generalversammlung eintreten kann, wenn infolge weiterer Steigerung der Wasserentziehung die Erbauung noch weiterer Talsperren erforderlich wird oder die Einnahmen des Vereins und sein Kapitalvermögen zur Versinsung und Tilgung etwa aufzunehmender Anleihen nicht ausreichen.

Sie werden weiter in drei Klassen eingeteilt:

- a) in solche, welche das entnommene Wasser nicht wieder in das Ruhrgebiet zurückliefern; diese müssen von der ganzen Menge des entnommenen Wassers die Abgabe bezahlen;
- b) in solche, welche das nicht verbrauchte Wasser in das Ruhrgebiet zurückliefern; diese müssen von der Hälfte des entnommenen Wassers die Abgabe bezahlen;
- c) in solche (Fabriken, Färbereien, Gerbereien usw.), die ein verhältnismäßig geringes Quantum des entnommenen Wassers verbrauchen und den größten Teil wieder in die Ruhr zurückführen; diese müssen von dem zehnten Teil des entnommenen Wassers die Abgabe bezahlen.
- d) Wenn es zweifelhaft ist, ob die in industriellen Betrieben des Ruhrgebietes verwendete Wassermenge der Klasse a b oder a c zuzuweisen ist, so erfolgt die Berechnung des Beitrages in der Weise, daß das der Ruhr dauernd entzogene Wasser nach Klasse a a berechnet wird.

Die mit dem Vorzug eines geringeren Beitragssatzes behaftete, in dem Quantum des Jahres 1897 (Ziffer 5 A 1) und der Jahre 1898—1902 einschließlich (Ziffer 5 A 2) für die Klassen a, b und c, eine jede für sich, festgelegte Fördermenge wird lediglich auf die gleichen Klassen, nach a, b und c getrennt, des betreffenden späteren Beitragsjahres angerechnet.

Beiträge unter 10 Mark werden nicht erhoben.

Die Beiträge sind insgesamt oder für das einzelne Werk zu erlassen, bzw. zu ermäßigen, wenn und soweit die Kosten für Talsperrenanlagen, welche die Wasserentnahme ausgleichen, gedeckt sind. Die Beschlüsse bedürfen der übereinstimmenden Zustimmung des Vorstandes und der Generalversammlung, sowie der Genehmigung der beiden Regierungs-Präsidenten.

Die vorbezeichneten Anlagen sind insoweit von der Abgabepflicht zu befreien, als sie durch eigene Veranstaltungen (Talsperren) für einen Ersatz der der Ruhr oder deren Grundwasser entnommenen Wassermengen Sorge tragen. Darüber, ob und in wie weit diese Voraussetzung zutrifft, entscheidet der Vereinsvorstand. Diese Beschlußfassung unterliegt der Genehmigung der beiden Regierungspräsidenten zu Düsseldorf und Arnberg.

B.

Für die zu B bezeichneten Anlagen beginnt die Verpflichtung zur Beitragsleistung bei 12 Mill. cbm und endet bei 30 Mill. cbm Fassungsvermögen der vollendeten Talsperren. Sie währt solange, bis die zu Gunsten dieser Anlagen vom Ruhrtalsperrenverein übernommenen Verpflichtungen ihr Ende erreichen.

Für die innerhalb dieser Grenzen liegenden 18 Mill. cbm Stauinhalt haben die Triebwerksbesitzer für jede Million Kubikmeter Fassungsvermögen und für jedes Meter Nutzgefälle jährlich 20 Mk. Beitrag zu leisten.

C.

Falls in einzelnen besonderen Fällen die Verhältnisse der Wasserentnahme oder sonstige Billigkeitsgründe eine Abweichung von den unter A und B bezeichneten Grundsätzen geboten erscheinen lassen, ist zu einem dahingehenden Beschluß des Vereinsvorstandes die Genehmigung der beiden vorbenannten Regierungs-Präsidenten erforderlich.

6. Vorstand.

Es wird ein Vorstand von 9 Mitgliedern und 9 Stellvertretern gewählt, die ihr Amt als Ehrenamt verwalten, aber ihre baren Auslagen aus Vereinsmitteln ersetzt erhalten. Von denselben müssen mindestens 8 Mitglieder und ihre Stellvertreter Vereinsmitglieder sein, und zwar müssen je 4 Vorstandsmitglieder und ihre Stellvertreter den Gemeinden, 3 Vorstandsmitglieder und ihre Stellvertreter den privaten Wasserentnehmern und 1 Mitglied und sein Stellvertreter den Triebwerksbesitzern angehören.

Seine Legitimation wird durch eine Bescheinigung der Ortspolizeibehörde zu Essen geführt.

Alle 2 Jahre, zuerst am 1. Januar 1901, scheidet das eine Mal 5, das andere Mal 4 Mitglieder und deren Stellvertreter aus und werden durch die Generalversammlung neu gewählt. Die das erste Mal ausscheidenden Mitglieder werden durch das Los bestimmt. Wiederwahl ist zulässig. Die ausscheidenden Mitglieder bleiben jedoch in allen Fällen in Tätigkeit, bis die neuen gewählt sind.

Der Vorstand wählt für jede Wahlperiode einen Vorsitzenden, der die Verhandlungen leitet und bei Stimmgleichheit den Ausschlag gibt, und einen Schriftführer, sowie je einen Stellvertreter.

Der Vorstand tritt zusammen, wenn der Vorsitzende es für erforderlich hält, oder wenn 2 Vorstandsmitglieder dieses schriftlich beantragen. Die Einladungen zu den Vorstandssitzungen werden von dem Vorsitzenden erlassen; sie erfolgen schriftlich unter Mitteilung der Tagesordnung.

Der Vorstand ist nur bei Anwesenheit von mindestens 7 Personen beschlußfähig. Eine Ausnahme hiervon findet statt, wenn der Vorstand, zum zweiten Male über denselben Gegenstand zusammenberufen, dennoch nicht in genügender Anzahl erschienen ist. Bei der zweiten Berufung muß auf diese Bestimmung ausdrücklich hingewiesen werden. Er entscheidet mit absoluter Stimmenmehrheit der Erschienenen. Zu den Sitzungen sind auch die Regierungs-Präsidenten von Düsseldorf und Arnberg einzuladen.

Ein Stimmrecht steht den Regierungs-Präsidenten und deren Stellvertretern nicht zu.

Der Vorstand vertritt den Verein gerichtlich und außergerichtlich und kann nach Bedarf Beamte für den Verein anstellen. Zur Anstellung von Beamten auf Lebenszeit oder gegen Pensionsberechtigung und Anspruch auf Versorgung der Hinterbliebenen bedarf der Vorstand der Zustimmung der Generalversammlung.

Schriftliche Erklärungen des Vorstandes sind von dem Vorsitzenden und 2 Mitgliedern zu vollziehen. Er erläßt eine Geschäftsordnung, die der Genehmigung der beiden Regierungs-Präsidenten bedarf.

7. Berechnung und Zahlung der Beiträge.

Alljährlich im Januar reichen die Mitglieder des Vereins, welche nicht lediglich Besitzer von Triebwerken sind, dem Vorsitzenden des Vereins eine Aufstellung über das von ihnen in dem abgelaufenen Jahr aus der Ruhr und deren Grundwasser entnommene Wasserquantum ein. Alljährlich werden für das abgelaufene Kalenderjahr die stattgehabte Wasserentnahme und die Nutzgefälle der Triebwerke durch den Verein ermittelt. Der Vorstand stellt alsdann die Hebeliste der Beiträge sämtlicher Vereinsmitglieder auf und veranlaßt die Einziehung der Beiträge von den Vereinsmitgliedern unter Mitteilung eines Exemplars der Hebeliste.

Abschrift der Hebeliste erhalten die beiden Regierungs-Präsidenten.

Der Vorstand des Vereins ist berechtigt, sich durch seine Beamten davon zu überzeugen, daß die ihm gemachten Mitteilungen über das entnommene Wasserquantum den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen. Zu diesem Zwecke ist derselbe berechtigt, die Wasserwerke zu besuchen und von allen Betriebseinrichtungen Kenntnis zu nehmen.

Die Wasserwerke sind verpflichtet, dem Verein diejenige Auskunft zu erteilen, welche er zu dem Zwecke der Feststellung des entnommenen Wasserquantums bedarf, und auf Erfordern diejenigen Einrichtungen zu treffen, welche eine richtige Feststellung des entnommenen Quantums ermöglichen.

Einwendungen der Vereinsmitglieder gegen die Höhe ihrer Beiträge sind innerhalb 4 Wochen nach Empfang der Mitteilung bei dem Vorstände anzubringen.

Über diese Einwendungen entscheidet endgültig ein Schiedsrichter, der von dem Regierungspräsidenten desjenigen Bezirks ernannt wird, in welchem das betreffende Werk belegen ist. Die Kosten dieses Schiedsgerichts trägt der unterliegende Teil.

Durch Einspruch gegen die Hebeliste oder Antrag auf schiedsgerichtliche Entscheidung wird die Frist zur pflichtmäßigen Zahlung der strittigen Beiträge nicht aufgeschoben. Entscheidet der Schiedsrichter gegen den Vorstand, so ist die strittige Summe einschließlich 4 v. H. Zinsen, vom Tage der Einzahlung an gerechnet, von der Kasse des Ruhrtalsperrenvereins zurückzuerstatten.

8. Vereinsvermögen.

Die Verwaltung der Kasse und des Vereinsvermögens liegt dem Vorstände ob.

Die verfügbaren Bestände des Vereinsvermögens sind nach den Bestimmungen des Vormundschaftsrechts mündelsicher anzulegen.

Über die Verwendung der Vereinsmittel, sowie über die Aufnahme von Anleihen beschließt der Vorstand. Die Beschlüsse bedürfen, soweit es sich nicht um Ausgaben für die laufende Verwaltung handelt, der Zustimmung der Regierungspräsidenten.

9. Generalversammlung.

Alle zwei Jahre, und zwar zunächst im Jahre 1900, werden die Vereinsmitglieder durch den Vorsitzenden des Vorstandes zu einer ordentlichen Generalversammlung zusammenberufen.

Auf Beschluß des Vorstandes oder auf einen schriftlichen Antrag von $\frac{1}{4}$ der Vereinsmitglieder kann auch eine außerordentliche Generalversammlung einberufen werden.

Die Einladung erfolgt durch eingeschriebenen Brief unter Angabe der Verhandlungsgegenstände mindestens 14 Tage vor dem Termine. Die Mitglieder können sich auf Grund schriftlicher Vollmacht vertreten lassen. Den beiden Regierungspräsidenten, welche zu jeder Generalversammlung einzuladen sind und den von diesen ernannten Stellvertretern steht die Teilnahme an der Versammlung, jedoch ohne Stimmrecht, frei.

Die Generalversammlung wird durch den Vorsitzenden des Vorstandes geleitet.

Der Generalversammlung liegt ob:

- a) die Wahl der Mitglieder des Vorstandes und deren Stellvertreter;
- b) die Entgegennahme des Rechenschaftsberichts des Vorstandes;
- c) die Wahl des Kassenführers;
- d) die Wahl der Rechnungsrevisoren und deren Stellvertreter;
- e) die Prüfung und Dechargierung der Rechnungen;
- f) die Genehmigung des für zwei Jahre festzustellenden Etats;
- g) die Genehmigung zur Aufnahme von Anleihen;
- h) die Genehmigung zur Erhöhung der Beiträge (Nr. 5 A. 3 der Satzungen);
- i) die Genehmigung zur Anstellung von Beamten auf Lebenszeit oder gegen Pensionsberechtigung und Anspruch auf Versorgung der Hinterbliebenen (Ziffer 6, Absatz 8).

Stimmberechtigt in der Generalversammlung ist jedes Mitglied, welches im vorhergegangenen Jahre mindestens 10 Mk. Beitrag gezahlt hat. Mitglieder, welche im vorhergegangenen Jahre mehr als 1000 Mk. Beitrag gezahlt haben, erhalten für jede angefangene 10 000 Mk. Beitrag eine weitere Stimme.

Über die Stimmberechtigung wird nach fünf Jahren von der Generalversammlung ein erneuter Beschluß gefaßt. Diese Beschlußfassung unterliegt der Genehmigung der beiden Regierungspräsidenten.

Für die Beschlüsse der Generalversammlung gilt absolute Stimmenmehrheit ohne Rücksicht auf die Zahl der erschienenen Stimmen. Im Falle der Stimmgleichheit entscheidet die Stimme des Vorsitzenden.

Über die Beschlüsse der Generalversammlung ist ein Protokoll aufzunehmen und vom Vorsitzenden und von zwei von der Generalversammlung zu bezeichnenden Teilnehmern zu vollziehen. Abschrift des Protokolls ist den beiden Regierungspräsidenten einzureichen.

10. Rechenschaftsbericht.

Der Vorstand hat in jeder ordentlichen Generalversammlung einen Rechenschaftsbericht zu erstatten. Je ein Exemplar desselben ist den beiden Regierungspräsidenten zu überreichen.

11. Rechnungsrevision.

Es werden drei Rechnungsrevisoren und drei Stellvertreter gewählt. Diesen hat der Vorstand spätestens acht Wochen vor jeder ordentlichen Generalversammlung die Rechnungen der beiden vorhergehenden Geschäftsjahre zur Revision vorzulegen.

Die Generalversammlung entscheidet auf den Bericht der Rechnungsrevisoren über Erteilung der Entlastung an den Vorstand und Kassenführer.

12. Aufsicht.

Die Aufsicht über die laufende Geschäftsführung des Vereins steht dem Regierungspräsidenten in Düsseldorf zu.

13. Änderungen der Satzungen.

Änderungen dieser Satzungen können nur von der Generalversammlung mit $\frac{3}{4}$ der erschienenen Stimmen beschlossen werden und bedürfen, soweit es sich um Sitz und Zweck des Vereins handelt, der Allerhöchsten Genehmigung, im übrigen der Genehmigung der zuständigen Herren Minister.

14. Auflösung des Vereins.

Im Fall der Auflösung des Vereins fällt das Vereinsvermögen an den staatlichen Ruhrfonds, der dasselbe nur dem Zwecke des Vereins entsprechend verwenden darf.

Zur Auflösung des Vereins müssen $\frac{3}{4}$ der vorhandenen Stimmen erschienen sein. Falls die erste Versammlung nicht beschlußfähig ist, ist eine zweite Generalversammlung einzuberufen, die unter allen Umständen beschlußfähig ist.

Zu einem die Auflösung aussprechenden Beschlusse ist die Allerhöchste Genehmigung einzuholen.

Auszug aus dem neuen preußischen Wassergesetz.

Erster Abschnitt. Wasserläufe. Erster Titel. Begriff und Arten der Wasserläufe.

§ 2.

Im Sinne dieses Gesetzes sind:

1. Wasserläufe erster Ordnung: die in dem anliegenden Verzeichnis unter I aufgeführten Strecken natürlicher und die dort unter II bezeichneten Strecken künstlicher Wasserläufe;
2. Wasserläufe zweiter Ordnung: die Strecken natürlicher und künstlicher Wasserläufe, die in dem nach § 4 aufzustellenden Verzeichnis eingetragen sind;
3. Wasserläufe dritter Ordnung: alle anderen Strecken natürlicher und künstlicher Wasserläufe.

Natürliche Wasserläufe, die sich von einem natürlichen Wasserlauf abzweigen und wieder mit ihm vereinigen, (Nebenarme) sowie Mündungsarme eines natürlichen Wasserlaufs sind der Ordnung zuzuzählen, welcher der Hauptwasserlauf an der Abzweigungsstelle angehört, wenn sich nicht aus der Anlage ein anderes ergibt oder nach § 3 Abs. 1 oder § 4 ein anderes bestimmt wird.

Dritter Titel. Benutzung der Wasserläufe. IV. Verleihung.

§ 65.

Dem Antrag auf Verleihung sind die erforderlichen Zeichnungen und Erläuterungen beizufügen.

§ 72.

Der Verleihungsbeschluß hat zu enthalten:

1. die genaue Bezeichnung der verliehenen Rechte sowie der Unternehmungen, für die sie verliehen werden, und, wenn die Rechte mit dem Eigentum an Grundstücken verbunden werden sollen (§ 46 Abs. 3), auch die genaue Bezeichnung dieser Grundstücke;
2. die nach dem § 47, Abs. 2, 3, dem § 49, Abs. 1, 3, 4, dem § 50 Abs. 1 und den §§ 55 bis 60 getroffenen Bestimmungen;
3. den Ausschluß von Rechten nach Maßgabe der Verwarnung im § 67 Abs. 1;
4. die Entscheidung über Anträge nach § 61 und § 67 Abs. 2, wenn deren Ablehnung erfolgt;
5. die Bezeichnung der Streitigkeiten, die nach § 70 Abs. 2 zur richterlichen Entscheidung verwiesen sind;

6. die Entscheidung über die Widersprüche und Ansprüche und im Falle des § 70 Abs. 3 den Vorbehalt der Entscheidung;
7. im Falle des § 53 die genaue Bezeichnung der Grundstücke oder Anlagen, deren Eigentum der Unternehmer zu erwerben verpflichtet ist;
8. Die Festsetzung der von dem Unternehmer zu leistenden Entschädigungen.

§ 73.

Bei der Verleihung eines Staurechts hat der Beschluß ferner Bestimmungen zu enthalten:

1. über die bauliche Einrichtung der Anlagen, welche die abfließende Wassermenge oder die Vorflut beeinflussen;
2. über die inezuhaltenden Stauzeiten;
3. über die festgesetzten Stauhöhen und zwar, wenn der Wasserstand auf einer bestimmten Mindesthöhe gehalten werden muß, auch über diese;
4. über die zu benutzende Wassermenge, wenn ihre Beschränkung erforderlich ist;
5. über die zum Schutze gegen nachteilige Wirkungen des Staus etwa erforderlichen Maßnahmen;
6. in geeigneten Fällen über die Länge der Zeit, für die sich der Unternehmer eine Betriebsstörung ohne Anspruch auf Entschädigung gefallen lassen muß (§ 102 Abs. 2);
7. in geeigneten Fällen und stets, wenn es sich um eine Talsperre (§ 109) handelt, darüber, ob und unter welchen Bedingungen die Stauanlage dauernd außer Betrieb gesetzt oder beseitigt werden darf (§ 99 Abs. 3).

VI. Stauanlagen. 1. Allgemeine Vorschriften.

§ 91.

Für Anlagen im Wasserlauf, die durch Hemmung des Wasserabflusses eine Hebung des Wasserspiegels oder eine Ansammlung von Wasser bezwecken (Stauanlagen), gelten, wenn sie nicht nur vorübergehenden Zwecken dienen, folgende besondere Vorschriften.

§ 92.

Jede auf Grund eines verliehenen Rechtes oder mit gewerbepolizeilicher Genehmigung errichtete Stauanlage muß mit mindestens einer Staumarke — Merk-, Pegel-, Spiegel-, Meß-, Eichpfahl, Eichmarke, Stauziel — versehen werden, an dem sowohl die während des Sommers als auch die während des Winters inezuhaltenden Stauhöhen, und wenn der Wasserstand auf bestimmten Mindesthöhen gehalten werden muß, auch diese, deutlich angegeben sind.

Die Erhaltung der Höhenpunkte ist durch Beziehung auf möglichst unverrückbare und unvergängliche Festpunkte zu sichern.

Die Staumarke wird von der Wasserpolizeibehörde gesetzt, die darüber eine Urkunde aufzunehmen hat. Der Unternehmer der Stauanlage und, soweit tunlich, auch die anderen Beteiligten sind zuzuziehen.

Die Setzung der Staumarke kann nur durch Beschwerde im Aufsichtswege angefochten werden.

Die Oberkante der Schützen und schützenähnlichen Verschlußvorrichtungen darf bei geschlossener Stauanlage nicht über der höchsten, durch die Staumarke zugelassenen Stauhöhe liegen.

§ 94.

Der Stauberechtigte und derjenige, der die Stauanlage betreibt, haben für Erhaltung, Sichtbarkeit und Zugänglichkeit der Staumarken und Festpunkte zu sorgen, jede Beschädigung oder Änderung der Staumarken und Festpunkte der Wasserpolizeibehörde unverzüglich anzuzeigen und bei amtlichen Prüfungen unentgeltlich Arbeitshilfe zu stellen.

Eine die Beschaffenheit der Staumarken und Festpunkte beeinflussende Handlung darf nur mit Genehmigung der Wasserpolizeibehörde vorgenommen werden. Für die Erneuerung, Versetzung oder Berichtigung von Staumarken gilt § 92 Abs. 3, 4 entsprechend.

§ 95.

Die Kosten des Verfahrens zur Setzung oder Versetzung einer Staumarke hat der Stauberechtigte zu tragen. Die durch unbegründete Anträge oder Widersprüche entstandenen Kosten können jedoch dem Antragsteller oder Widersprechenden auferlegt werden.

Die Kosten der Erhaltung und Erneuerung der Staumarke fallen dem Stauberechtigten zur Last. Wegen der Festsetzung der Kosten ist nur die Beschwerde im Aufsichtswege zulässig.

§ 97.

Besteht die Gefahr, daß eine Stauanlage wegen ihrer Bauart durch Hochwasser beschädigt oder zerstört wird und daß hierdurch anderen Nachteile entstehen, und kann diese Gefahr durch einen Umbau oder eine Sicherung der Stauanlage beseitigt oder vermindert werden, ohne daß ihre Leistungsfähigkeit verringert wird, so kann der Stauberechtigte zum Umbau oder zur Sicherung der Stauanlage auf Antrag angehalten werden.

Antragsberechtigt sind die zur Unterhaltung des Wasserlaufs Verpflichteten sowie andere Beteiligte.

Die Kosten des Umbaus sind auf den Stauberechtigten, den zur Unterhaltung des Wasserlaufs Verpflichteten und auf alle anderen, die sonst an der Unterhaltung oder Sicherung der Stauanlage interessiert sind, nach Maßgabe ihres Vorteils zu verteilen.

Den Kosten ist der dem Stauberechtigten durch den Betriebsstillstand während des Umbaus entstehende, nach billigem Ermessen zu schätzende Schaden hinzuzurechnen. Dasselbe gilt für die durch den Umbau etwa entstehenden Mehrkosten der Unterhaltung. Soweit die Unterhaltung der Stauanlage durch den Umbau oder die Sicherung erleichtert wird, oder andere Vorteile für den Stauberechtigten entstehen, ist der darin liegende Vorteil von den Kosten abzurechnen.

§ 99.

Eine Stauanlage, die mit einer Staumarke versehen ist, darf nur mit Genehmigung der Wasserpolizeibehörde dauernd außer Betrieb gesetzt oder beseitigt werden.

Die Genehmigung darf nur versagt werden, wenn andere durch die Außerbetriebsetzung oder Beseitigung der Stauanlage geschädigt werden würden und sie sich dem Stauberechtigten und der Wasserpolizeibehörde gegenüber verpflichten, nach Wahl des Stauberechtigten die Kosten der Erhaltung der Stauanlage ihm zu ersetzen oder statt seiner die neue Stauanlage erhalten.

§ 101.

Das Wasser darf bei Stauanlagen nicht über die durch die Staumarke festgesetzte Höhe aufgestaut werden.

Sobald das Wasser über diese Höhe wächst, muß der Unternehmer unter Beachtung der Vorschrift des § 100 durch Öffnen der beweglichen Teile der Stauanlage und durch Wegräumen aller Hindernisse (Treibzeug, Eis, Geschiebe und dergleichen) den Abfluß des Wassers ohne Anspruch auf Entschädigung sogleich und unausgesetzt so lange befördern, bis das Wasser wieder auf die Höhe der Staumarke gesunken ist.

§ 104.

Der Staat und andere öffentlichrechtliche Verbände können als Unternehmer einer Stauanlage, bei der das Staubecken mehr als 100 000 cbm Wasser faßt, einen angemessenen Zuschuß zu den Kosten der Unterhaltung und des Betriebs der Anlage, einschließlich einer angemessenen Verzinsung und einer Tilgung des Baukapitals, von den zur Benutzung eines Wasserlaufs Berechtigten verlangen, die von der Änderung des Wasserabflusses Vorteil haben. Der Zuschuß ist nach dem ausgenutzten Vorteil zu bemessen.

Im Streitfall entscheidet der Bezirksauschuß im Verwaltungsstreitverfahren.

§ 105.

Bei Stauanlagen für gewerbliche Wassertriebwerke ist in dem Genehmigungsverfahren nach der Reichsgewerbeordnung der § 73 Nr. 2, 3 anzuwenden, wenn nicht eine Verleihung des Staurechts erforderlich ist. Sind die Beteiligten darüber einig oder ist im Rechtswege festgestellt, daß zwar ein Staurecht besteht, über die zulässige Stauhöhe jedoch rechtsverbindliche und klare Bestimmungen nicht vorliegen, so ist der innezuhaltende Wasserstand von der Genehmigungsbehörde nach den Grundsätzen des § 93 Abs. 2 zu bestimmen.

2. Talsperren.

§ 106.

Für Stauanlagen, bei denen die Höhe des Stauwerkes von der Sohle des Wasserlaufs bis zur Krone mehr als 5 m beträgt und das Sammelbecken, bis zur Krone des Stauwerkes gefüllt, mehr als 100 000 cbm umfaßt (Talsperren), gelten die nachstehenden Vorschriften.

§ 107.

Talsperren dürfen nur auf Grund eines Planes errichtet werden, der genaue Angaben über die gesamte Anlage, deren Bau, Unterhaltung und Betrieb enthalten muß und auch alle Einrichtungen zu berücksichtigen hat, durch die Nachteile und Gefahren für andere verhütet werden können. Der Plan bedarf, sofern nicht für die Talsperre die Verleihung oder die gewerbepolizeiliche Genehmigung erforderlich ist, der Genehmigung des Regierungspräsidenten.

Dasselbe gilt bei wesentlichen Veränderungen von Talsperren.

Vorstehende Bestimmungen sind auf die Talsperren anzuwenden, die nach dem Gesetz, betreffend Maßnahmen zur Verhütung von Hochwassergefahren in der Provinz Schlesien, vom 3. Juli 1900 (Gesetzsamml. S. 171) errichtet worden sind oder noch errichtet werden.

§ 108.

Talsperren unterstehen der Aufsicht des Regierungspräsidenten. Dieser hat besonders darauf zu achten, daß der Bau, die Unterhaltung und der Betrieb nach dem Plane geschehen; er ist befugt, dem Unternehmer auch nach Ausführung des Planes Sicherheitsmaßregeln aufzugeben, die er zum Schutze der unterhalb liegenden Grundstücke gegen Gefahren für notwendig hält.

Zur Deckung der Kosten der Aufsicht können von dem Unternehmer Gebühren erhoben werden. Die Höhe bestimmt der Regierungspräsident.

§ 109.

In den Fällen der §§ 107, 108 tritt an die Stelle des Regierungspräsidenten im Geltungsgebiete des Gesetzes vom 3. Juli 1900 der Oberpräsident.

§ 110.

Die §§ 107, 108 gelten auch für andere als die im § 106 bezeichneten Stauanlagen, wenn der Regierungspräsident feststellt, daß bei ihnen wegen der Gestaltung des Wasserlaufs oder seiner Umgebungen im Falle eines Bruches des Stauwerks erhebliche Gefahren zu befürchten sind. Gegen die Feststellung, die im Amtsblatt und in ortsüblicher Weise sowie, wenn Landkreise beteiligt sind, auch in den Kreisblättern bekannt zu machen ist, kann nur Beschwerde im Aufsichtswege erhoben werden.

Bei Stauanlagen, die erst nach Inbetriebsetzung auf Grund der Vorschriften des Abs. 1 den Bestimmungen über Talsperren unterworfen werden, können nur die im § 97 angegebenen Maßnahmen und diese nur nach §§ 97, 98 gefordert werden.

§ 111.

Erstreckt sich das Unternehmen auf mehrere Regierungsbezirke, so bestimmt der Oberpräsident und, wenn mehrere Provinzen beteiligt sind, der Minister für Landwirtschaft, Domänen und Forsten den Regierungspräsidenten, der die in den §§ 107, 108 bezeichneten Aufgaben wahrzunehmen hat.

Soll die Talsperre durch eine Wassergenossenschaft ausgeführt werden, so ist stets der Regierungspräsident zuständig, der die Aufsicht über die Genossenschaft führt (§ 217 Abs. 3).

§ 112.

Gegen die Entscheidungen des Regierungspräsidenten auf Grund der §§ 107, 108 ist nur binnen zwei Wochen die Beschwerde bei Wasserläufen erster Ordnung an den Minister der öffentlichen Arbeiten, sonst an den Minister für Landwirtschaft, Domänen und Forsten zulässig.

Dritter Abschnitt. Wassergenossenschaften. Erster Titel. Allgemeine Vorschriften.

§ 207.

Die Bildung der Genossenschaft erfordert den Nachweis, daß das Unternehmen dem öffentlichen Wohle dient oder einen gemeinwirtschaftlichen Nutzen bezweckt.

Sie erfolgt:

1. durch Genehmigung der Satzung auf Grund eines einstimmigen Beschlusses der Beteiligten;
2. durch Genehmigung der Satzung auf Grund eines Beschlusses der Mehrheit unter zwingender Heranziehung der Minderheit;
3. durch Erlaß der Satzung ohne Zustimmung der Mehrheit.

§ 214.

Die Satzung muß Bestimmungen enthalten über:

1. den Namen und Sitz der Genossenschaft;
2. den Genossenschaftszweck unter Bezugnahme auf den Plan des Unternehmens;
3. etwaige Änderungen des Planes;
4. die Benutzung und Unterhaltung der genossenschaftlichen Anlagen;
5. die von den Genossen zu übernehmenden Beschränkungen des Grundeigentums und die ihnen sonst obliegenden Verpflichtungen;
6. das Verhältnis der Teilnahme an den Nutzungen und Lasten sowie am Stimmrecht;
7. die Aufstellung des Haushaltsplanes und die Feststellung und Entlastung der Rechnung;
8. die Zusammensetzung und die Wahl des Vorstandes, die Befugnisse des Vorstandes und, wenn der Vorstand aus mehreren Mitgliedern besteht, auch die seines Vorsitzenden, die Formen für den Ausweis der Vorstandsmitglieder und die Beurkundung ihrer Beschlüsse;
9. die Voraussetzungen und die Form für die Zusammenberufung der Mitgliederversammlung oder des an ihre Stelle tretenden Ausschusses und die Beurkundung ihrer Beschlüsse;
10. die Gegenstände, die der Beschlußfassung der Mitgliederversammlung oder des Ausschusses unterliegen sollen;
11. die Zusammensetzung und die Wahl der Schaukommissionen (§ 237);
12. die Form für die Bekanntmachungen der Genossenschaft;
13. die öffentlichen Blätter, in welche die Bekanntmachungen aufzunehmen sind, soweit sie nach dem Gesetz, der Satzung oder den Beschlüssen der Genossenschaftsorgane durch öffentliche Blätter zu ergehen haben.

Der Satzung ist ein Verzeichnis der beteiligten Grundstücke, Bergwerke und gewerblichen Anlagen mit Angabe der jeweiligen Eigentümer sowie der beteiligten Verbände beizufügen. Das Verzeichnis ist auf dem laufenden zu erhalten.

§ 225.

Die Teilnahme an den Genossenschaftslasten ist nach dem Maßstab des für die Genossen aus den Genossenschaftsanlagen erwachsenden Vorteils zu regeln. Bei Genossenschaften zur Reinhaltung eines Gewässers bestimmt sich die Teilnahme an den Genossenschaftslasten vorzugsweise nach dem Maßstab der von den einzelnen Genossen hervorgerufenen Verunreinigung und der zur Beseitigung dieser Verunreinigung dienenden Aufwendungen der Genossenschaft.

Das Stimmrecht der Genossen ist nach dem Verhältnis ihrer Teilnahme an den Genossenschaftslasten festzustellen. Jeder beitragspflichtige Genosse muß mindestens eine Stimme haben.

Durch einstimmigen Beschluß der zur Abstimmung erschienenen Beteiligten kann ein anderer als der in den Vorschriften des Abs. 1 und des Abs. 2 Satz 1 festgestellte Maßstab bestimmt werden.

Vierter Titel. Verfahren zur Bildung von Genossenschaften.

§ 248.

Das Verfahren zur Bildung einer Genossenschaft wird durch den Regierungspräsidenten geleitet. Liegt das Genossenschaftsgebiet in mehreren Regierungsbezirken, so wird der zuständige Regierungspräsident durch den Oberpräsidenten, wenn mehrere Provinzen beteiligt sind, durch den zuständigen Minister endgültig bestimmt.

§ 249.

Das Verfahren zur Bildung der Genossenschaft kann von Amts wegen oder auf Antrag eingeleitet werden. Dem Verfahren ist ein Plan zugrunde zu legen, der enthalten muß:

1. die erforderlichen Zeichnungen und Erläuterungen;
2. einen Kostenanschlag des Unternehmens;
3. die Bezeichnung der an der Genossenschaft zu beteiligenden Grundstücke, Bergwerke und gewerblichen Anlagen sowie der dazu heranzuziehenden Wassergenossenschaften oder anderen Verbände (§ 210).

Dem Plane sind zur Vorbereitung der Abstimmung beizufügen: wenn Grundstücke beteiligt sind, die zur Ermittlung der Fläche und des Grundsteuerreinertrags nötigen Katasterauszüge, oder wenn die Grundstücke sämtlich einem Auseinandersetzungsverfahren unterliegen und in diesem besonders abgeschätzt sind, Auszüge aus den hierbei aufgestellten Verzeichnissen über den Wert oder Ertrag der Grundstücke. Sollen Bergwerke, gewerbliche Anlagen, Wassergenossenschaften oder andere

Verbände an der Genossenschaft beteiligt werden, so bedarf es eines Voranschlags des von dem Unternehmen zu erwartenden Vorteils und der Angabe des Maßstabs, nach dem dieser Vorteil auf die Grundstücke, Bergwerke, gewerblichen Anlagen und Verbände verteilt werden soll.

Wird das Verfahren auf Antrag eingeleitet, so hat der Antragsteller auf Verlangen des Regierungspräsidenten den Plan und die im Abs. 2 bezeichneten Unterlagen einzureichen.

§ 250.

Auf Antrag kann der Bezirksausschuß beschließen, daß die Besitzer von Grundstücken Vorarbeiten, die zur Vorbereitung der Genossenschaftsbildung erforderlich sind, dulden müssen. Der ihnen hierdurch etwa erwachsene Schaden ist zu vergüten. Zur Sicherstellung der Entschädigung kann der Bezirksausschuß vor Beginn der Arbeiten vom Antragsteller eine Sicherheit bestellen lassen und deren Höhe bestimmen.

Die Gestattung der Vorarbeiten wird von dem Bezirksausschuß in dem für seine öffentlichen Bekanntmachungen bestimmten Blatte bekannt gemacht. Von jeder Vorarbeit hat der Antragsteller unter Angabe von Zeit und Ort mindestens zwei Tage vorher den Gemeinde- (Guts-) Vorstand in Kenntnis zu setzen. Dieser hat die beteiligten Grundbesitzer davon besonders oder in ortsüblicher Weise allgemein zu benachrichtigen und ist ermächtigt, dem Antragsteller auf dessen Kosten einen beeideten Sachverständigen zur Seite zu stellen, um Beschädigungen sogleich festzustellen und abzuschätzen. Der abgeschätzte Schaden ist, vorbehaltlich anderweiter Feststellung im Rechtswege, den Berechtigten sofort auszuzahlen, widrigenfalls der Gemeinde- (Guts-) Vorstand auf Antrag des Beteiligten die Fortsetzung der Vorarbeiten zu hindern verpflichtet ist.

Zum Betreten von Gebäuden und eingefriedigten Hof- oder Gartenräumen bedarf der Antragsteller, soweit dazu der Grundbesitzer seine Einwilligung nicht ausdrücklich erteilt, in jedem einzelnen Falle einer besonderen Erlaubnis der Ortspolizeibehörde. Diese hat die Besitzer zu benachrichtigen und zur Offenstellung der Räume zu veranlassen.

Eine Zerstörung von Baulichkeiten jeder Art und ein Fällen von Bäumen ist nur zulässig, nachdem der Bezirksausschuß dies durch Beschluß genehmigt hat.

Der Beschluß ist endgültig.

Fünfter Abschnitt. Zwangsrechte.

§ 331.

Zugunsten eines Unternehmens, das die Entwässerung von Grundstücken, die Beseitigung von Abwässern oder die bessere Ausnutzung einer Triebwerksanlage bezweckt, kann der Unternehmer von den Eigentümern eines Wasserlaufs sowie von den Eigentümern der zur Durchführung des Unternehmens erforderlichen Grundstücke verlangen, daß sie die zur Herbeiführung eines besseren Wasserabflusses dienenden Veränderungen des Wasserlaufs (Vertiefungen, Verbreiterungen, Durchstiche, Verlegungen) gegen Entschädigung dulden, wenn das Unternehmen anders nicht zweckmäßig oder nur mit erheblichen Mehrkosten durchgeführt werden kann und der davon zu erwartende Nutzen den Schaden des Betroffenen erheblich übersteigt.

Bezweckt das Unternehmen nur die gewöhnliche Entwässerung von Grundstücken, für die der Wasserlauf der natürliche Vorfluter ist, so erwirbt der Unternehmer mit der Feststellung des ihm nach Abs. 1 zustehenden Rechtes zugleich das Recht, den Wasserspiegel auf der Strecke, für die das Recht festgestellt ist, zu senken oder durch Einleitung von Wasser in den Wasserlauf zu heben, soweit dadurch kein anderer Nachteil als eine Veränderung des Grundwasserstandes verursacht wird. Eine Entschädigung für Nachteile, die lediglich durch die Veränderung des Grundwasserstandes hervorgerufen werden, hat der Unternehmer nicht zu leisten.

§ 332.

Zugunsten eines Unternehmens, das die Entwässerung oder Bewässerung von Grundstücken, die Wasserbeschaffung zu häuslichen oder gewerblichen Zwecken oder die Beseitigung von Abwässern bezweckt, kann der Unternehmer unter den Voraussetzungen des § 331 Abs. 1 von den Eigentümern der dazu erforderlichen Grundstücke verlangen, daß sie die oberirdische oder unterirdische Durchleitung von Wasser und die Unterhaltung der Leitungen gegen Entschädigung dulden. Vorstehende Bestimmung ist auch gegen den Eigentümer eines Wasserlaufs anzuwenden.

Unreines Wasser darf jedoch nur mittels geschlossener, wasserdichter Leitungen durchgeleitet werden, wenn die Durchleitung sonst Nachteile oder Belästigungen für die Grundstückseigentümer zur Folge haben würde.

Ein auf Grund des Abs. 1 erhobener Anspruch kann zurückgewiesen werden, wenn durch das Unternehmen wichtige öffentliche Interessen geschädigt werden würden.

§ 334.

Will der Eigentümer oder Nutzungsberechtigte eines Ufergrundstücks auf Grund eines ihm verliehenen Rechtes eine Stauanlage errichten, so kann er von den Eigentümern der gegenüberliegenden Ufergrundstücke verlangen, daß sie den Anschluß an diese gegen Entschädigung gestatten.

Sechster Abschnitt. Wasserpolizeibehörden.

§ 342.

Wasserpolizeibehörde ist:

1. für Wasserläufe erster Ordnung der Regierungspräsident;
2. für Wasserläufe zweiter Ordnung und die nicht zu den Wasserläufen gehörenden Gewässer der Landrat, in Stadtkreisen die Ortspolizeibehörde. Die Städte, deren Polizeiverwaltung der Aufsicht des Landrats nicht untersteht, stehen den Stadtkreisen gleich;
3. für Wasserläufe dritter Ordnung die Ortspolizeibehörde.

Bei Talsperren ist der Regierungspräsident, der die Aufsicht über die Talsperre führt, Wasserpolizeibehörde.

§ 353.

Als Berater der Wasserpolizeibehörden werden technisch genügend vorgebildete Beamte bestellt. Die näheren Bestimmungen werden durch Ausführungsanweisung getroffen.

Neunter Abschnitt. Landeswasseramt.

§ 370.

Das Landeswasseramt hat seinen Sitz in Berlin und besteht:

1. aus einem Präsidenten und der erforderlichen Zahl von ständigen Mitgliedern, welche die Befähigung zum Richteramt oder zum höheren Verwaltungsdienst besitzen;
2. aus Laienmitgliedern, die in Wasserangelegenheiten erfahren sind.

Die Berufung sämtlicher Mitglieder erfolgt durch den König. Der Präsident und die ständigen Mitglieder werden im Hauptamt auf Lebenszeit, die Laienmitglieder auf sechs Jahre ernannt.

Die Laienmitglieder verwalten ihr Amt als unentgeltliches Ehrenamt.

Niemand kann gleichzeitig Mitglied des Bezirksausschusses und des Landeswasseramts sein.



Sachregister.

- Abdichtung der Berghänge der Mescheder Talsperre 586.
 —, Dämme mit künstlicher 301.
 — undichter Berghänge, neue Art 585.
 — der Dämme durch einen inneren Kern 309.
 — der Sperrmauern 200.
 — des Mauerfußes 513.
 — undichter Felshänge 585.
- Abdichtungsarbeiten, nachträgliche, an Sammelbecken 584.
 —, nachträgliche, an der Gothaer Talsperre 587.
- Abfallschächte 386.
 —, Eisenpanzerungen 405.
 — und Stollen (Druckstollen) 419.
- Abfindung der Unterlieger; Talsperre der Stadt Nordhausen am Harz 633.
- Abfluß von der Flächeneinheit 73.
 —, Berechnung der Öffnungen in Sperrmauern 420.
 — und Niederschlag, Beziehung zueinander 74.
- Abflußbeiwert an Wehren 56.
 Abflußbeiwerte, monatliche 76.
 Abflußgeschwindigkeit 57.
 Abflußmengen, Ermittlung 56.
 —, vorläufige Bestimmung 75.
 — nach Sätzen in v. H. 71.
 — Berechnung 57, 71.
 — nach dem Größenverhältnis der Niederschlagsgebiete 72.
 —, größte sekundliche 147.
 —, größte, für die Berechnung von Überfällen 416.
 —, Messung 54.
 —, Regelung 22.
 —, unschädliche, in Gebirgsflüssen 148.
 — im Eckertal 66.
- Abflußmengen, und Niederschlagshöhen im Langen Tale bei Nordhausen a. Harz 66.
 — und Regenhöhen im Sengbachtale 64.
 — der Urfttalsperre 66.
- Abflußmengenmessungen im Flußgebiet der Wiese (südl. Schwarzwald) 69.
- Abfluß- und Niederschlagsverhältnisse im Gebiet der Märkischen Wasserstraßen 68.
 — und Regenmengen Ostpreußens 70.
- Abführungsvermögen der Rohrleitungen; Berechnung 415.
- Abgabe von Zuschußwasser, Betriebspläne 114.
- Ablagerungen in den Becken 98.
- Abmessungen eines Staumauerquerschnittes; Berechnung 261.
- Abräumung des Talbeckens 433.
- Abräumungskosten für die Staubecken 622.
- Abrechnung, Massenberechnung 611.
- Abschließende Untersuchung vor der Betriebseröffnung 191.
- Abschreibung des Anlagekapitals 632.
- Absteckung der Talsperren 520.
 — bogenförmiger Talsperren 521.
- Afrikanische Kolonien, Talsperrenbau 11.
- Alfeldweiher (Vogesen), Bau 496.
 —, Betriebseinrichtungen 368.
 —, Betriebsergebnisse 565.
 —, Betriebsplan 154.
 —, Staumauer 349.
- Algier, Habratalsperre; Zerstörung 589.
- Alicante-Talsperre 218.
- Allgemeine Entwürfe (Massenberechnung) 610.
 — wirtschaftliche Betrachtungen. Literatur 657.
- Almanzatalsperrre 219.
- Altenweiher, Mauermaße 513.
- Amerika, Betonkernbauweise 313.
- Amerikanische Bauweise bei Dämmen 312.
 — bei Sperrmauern 501.
- Analytische Berechnung der Sperrmauern 236, 242.
- Anfertigung von Probemauerkörpern 515.
- Angebotspreise vom Bau des Wasser- und Elektrizitätswerkes der Stadt Solingen 615.
- Anlagen, ausgeführte, Kostangaben 618.
- Anlage eines Hochwasserschutzbeckens 90.
 — von Steinbrüchen 173, 457.
- Anlagekapital, Abschreibung 632.
 —, Verzinsung 631.
- Anleitung für Bau und Betrieb von Sammelbecken 181.
 —, für den Bau von Rohrstollen 187.
 —, für den Bau von Staudämmen 188.
 —, zur Unterhaltung der Talsperren 189.
- Anstauung, erste 543.
 —, Spannungen im Mauerwerk 544.
- Anstrichmasse, Versuche an Probeputzflächen 201.
- Anweisung betreffend die Beaufsichtigung der Stauweiheranlage im Sengbachtale bei Solingen 546.
- Arbeiten, hydrometrische, im allgemeinen 44.

- Arbeiter, Bedarf für die Mauerung 452.
- Arbeiterbedarf in den Steinbrüchen 452.
- Arbeiterunterbringung in Baracken 539.
- Arbeitsplan für die Bauausführung 451, 531.
- Architektur der Talsperren 214.
- Art der Abdichtung, neue 585.
- Arten und Begriff der Wasserläufe 679.
- Ash Fork, eiserne Talsperre 339.
- Assuan, Rollschütze in der Stau-
mauer 371.
- -Sperrmauer, Wasserentnahme 350.
- —, wirtschaftliches Ergebnis 651.
- -Sperrmauer, Aufhöhung 583.
- Stauanlage, Beschreibung 4.
- -Staubecken; Betriebsergebnisse 565.
- Talsperre, Schleusentreppe 422.
- — Gründungssohle 168.
- Aufgelöste Bauweise 335.
- Talsperren; Berechnung 336.
- Aufhöhung des Grundwassers in der Ruhr, Wasserwirtschaftsplan der Sammelbecken 125.
- des Niedrigwassers 26.
- , nachträgliche, von Sperrmauern 576.
- der Sperrmauer bei Assuan 583.
- der Ennepetalsperre 581.
- der Talsperre der Stadt Nordhausen 578.
- , nachträgliche und Vergrößerung der Talsperren; Literatur 594.
- der Überläufe 577.
- Aufschlagswassermenge und Wassermangel 117.
- Aufsicht über Betrieb und Unterhaltung, Handhabung 191.
- — — — der Talsperren 190.
- Aufstauen des Beckens 543.
- Aufstellung von Ertragsberechnungen 630.
- der Wasserwirtschaftspläne 109.
- Auftrieb, innerer, in Talsperren 265.
- Auftrieb, innerer, Versuche darüber bei der Östertalsperre 270.
- Ausbau, staffelförmiger, der Sammelbecken 91.
- Ausdehnungsbeiwert für Bruchsteinmauern und Beton 197.
- Ausführung der Dämme 299.
- — Mauer, stückweise 448.
- des Mauerwerks 534.
- — — — der Talsperre von Jersey-Stadt 519.
- der Staumauern in Beton 516.
- — Verzahnung an der Wasserseite 201, 534.
- Ausgeführte Anlagen, Kostengaben 618.
- Sperrmauern; Hauptabmessungen 260.
- Talsperren, Beanspruchungen des Mauerwerkes 257.
- Talsperren, Stauinhalte 100.
- Ausgießen, Reinigen und Betonieren der Felssohle 490.
- Ausgleichweiher 124.
- Aushub der Baugrube 486.
- des Bodens 532.
- des Fundamentes, Kosten 618.
- Ausschreibung der Talsperre der Stadt Nordhausen a. Harz; Preise nach dem Ergebnis der Ausschreibung 616, 617.
- Außergewöhnliche Betriebseinrichtungen 420.
- Außergewöhnlicher Regenfall 52.
- Austin-Talsperre in Pennsylvanien; Zerstörung 590.
- Australien, bogenförmige Talsperren 276.
- Ausziehrohr für Wasserentnahme 316.
- Auszug aus dem neuen preußischen Wassergesetz 679.
- Bachbett, Regulierung 145.
- Bakteriologische Untersuchungen 79.
- Baracken für die Unterbringung der Arbeiter 539.
- Bau und Betrieb von Sammelbecken, Anleitung 181.
- des Alfeldweihers 496.
- der Croton-Talsperre 503.
- der Katarakt-Sperre 529.
- Bau der Talsperre für das Elektrizitätswerk Kubel (Schweiz) 497.
- der Möhnetalsperre 530.
- — Umleitung des Wassers 449.
- der Talsperre der Stadt Nordhausen a. Harz, besondere Bedingungen 530.
- der Urfttalsperre, Betriebs-einrichtungen 441.
- Bauarbeiterverhältnisse 446.
- Bau mittels Gerüstkrane 496.
- Bauart, französische bei Staudämmen 301.
- Bauaufsicht, Handhabung 191.
- , staatliche, bei Talsperrenbauten 527.
- Bauausführung der Talsperren 185, 435.
- Bauausführung, Arbeitsplan 451.
- der Talsperren, Literatur 541.
- Bauausführungen, neuere, jährliche Leistung 498.
- Bauausschreibung der Talsperre Nordhausen a. Harz, Preise nach dem Ergebnis 616, 617.
- Baubedingungen bei Rohrstollen 535.
- bei Steinbrüchen 537.
- Baugrube, Aushub 486.
- , Wasserhaltung 451.
- Baugruben- und Mauerwerksinhalt gekrümmter Talsperren 611.
- Baukapital, Tilgungssatz desselben, bei Talsperren 632.
- Bausand 466.
- Bausteine 454.
- Baustelle, Einrichtung 435.
- einer Talsperre, Maschinenbetrieb 443.
- , Umleitung des Wassers während der Bauzeit 446.
- , Wohlfahrtseinrichtungen 446.
- Baustellen-Einrichtung für das Wasser- und Elektrizitätswerk der Stadt Solingen 436.
- Baustoffe der Talsperren 195.
- , Berechnung 606.
- , Förderung 187.
- , ihre Gewinnung und Prüfung 453.
- zulässige Inanspruchnahme 288.

- Baustoff-Förderung auf der Baustelle 439.
 Bauweise, amerikanische bei Erd-dämmen 312.
 —, aufgelöste 335.
 — bei Staumauern 501.
 —, besondere, der Talsperren 335.
 —, —, — —; Literatur 345.
 — der Staudämme 294.
 — — Talsperren 194.
 — — —, Literatur 199.
 — — Talsperre von Jersey-Stadt 313.
 —, englische bei Erddämmen 309.
 — mittels Seilbahnen 504.
 —, rheinisch-westfälische 493.
 — von Rohrstollen 353.
 Bauweisen, verschiedene, von Staudämmen; vergleichende Betrachtungen 327.
 — von Talsperren, Vergleich 498.
 Bauwerke, Mörtelfestigkeit 482.
 Bauzeit, Leistungsfähigkeit für die Wasserabführung, Umläufe in Stollen 447.
 Beanspruchungen des Mauerwerkes in ausgeführten Talsperren 257.
 —, zulässige, des Mauerwerkes 255.
 Beaufsichtigung der Stauweiheranlage im Sengbachtale bei Solingen, Anweisung 546.
 Becken, Ablagerungen 98.
 —, Aufstauen 543.
 — für Bewässerung 89.
 —, Verschlämmungen 98.
 Beckeninhalte, Kostensätze für die Einheit 623.
 —, Messung 184.
 Bedarf an Arbeitern 452.
 — an Wasser für Kanalspeisung 85.
 — an Wasser für die landwirtschaftliche Bewässerung 82.
 — an Wasser für Trinkwasserversorgungen 83.
 Bedeutung, wirtschaftliche, der Talsperren 595.
 —, des Hochwasserschutzes durch Talsperren 599.
 — —, der Trinkwasserversorgung 596.
 Bedingungen, besondere, für den Bau der Talsperre der Stadt Nordhausen a. Harz 530.
 — für die Genehmigung von Talsperren 185.
 — für die Lieferung von Traß 538.
 Befestigung der Fahrbahn 212.
 Begriff und Arten der Wasserläufe 679.
 Beispiele von Betrieben und Betriebsergebnisse 559.
 Beiträge der Genossen der Wuppertalsperren-Genossenschaft 640, 641.
 — (Ruhrtalsperrenverein) 676.
 Beitragsermittlungen für Talsperren-genossenschaften 638.
 Beitragskosten- und Ertragsberechnungen 628.
 — und Ertragsberechnungen; Literatur 658.
 Belubula-Fluß, Sperrmauer; Kosten 628.
 Bemessung der Leistungsfähigkeit der Entlastungsanlagen 393.
 Benachbarte Berghänge; Überfälle in Einsattlungen 387.
 Beobachtung der Durchbiegungen der Mauerkrone der Talsperren, Zielvorrichtung 550.
 Berechnung, analytische 236, 242.
 — des Abflusses durch Öffnungen in Sperrmauern 420.
 — der Abflußmengen 57, 71.
 — des Abführungsvermögens der Rohrleitungen 415.
 — der Abmessungen eines Stau-mauerquerschnittes 261.
 — der aufgelösten Talsperren 336.
 — der Baustoffe 606.
 — des Drehschützes 374.
 — der Druckhöhe in Rohrleitun-gen 416.
 — der eisernen Sperren 338.
 — der Erdmassen 609.
 — der Felsmassen 609.
 —, graphische, einer Sperrmauer 236.
 — der Kantenpressungen 237.
 — der Leistungsfähigkeit der Entnahme- und Hochwasser-entlastungsanlagen 414.
 Berechnung, der Massen 606.
 — der Massen für die Abrech-nung 611.
 — der Mauermassen 609.
 — der notwendigen Druckhöhe 416.
 — der Rollschütze 370.
 — der Sprengladungen 465.
 — und Entwurf von Sperrmauern, neuere Gesichtspunkte 264.
 — und Querschnittsgestaltung der gemauerten Talsperren 218.
 — und Querschnittsgestaltung der Sperrmauern; Literatur 263.
 — der Talsperre im Sengbachtale 240.
 — von Überfällen auf Grund d. größten Abflußmengen 416.
 — der Zugschütze 365.
 Berghänge, Abdichtung; Mesche-der Talsperre 586.
 —, benachbarte, Überfälle in Ein-sattlungen 387.
 — der Urfttalsperre 170.
 —, undichte, neue Art der Ab-dichtung 585.
 Berghang-Überfälle und Über-fälle auf der Sperrmauer 415.
 Bergtrass 478.
 Beschaffenheit, chemische, eines Talsperrenwassers 78.
 — des Mauerwerkes in Talsperren 185.
 — — Mörtels 186.
 — — Sandes 186, 196, 538.
 — — Talbeckens der Möhnetal-sperre 87.
 — des Wassers für die Mörtel-bereitung 481, 538.
 — der Ziegelsteine 186, 453, 538.
 Beschreibung der Remscheider Talsperren 14.
 — — Talsperre des Croton-flusses 17.
 Besichtigungsgänge 209.
 Besondere Bauweise der Tal-sperren 335.
 — Bauweise der Talsperren; Lite-ratur 345.
 — Bedingungen für den Bau der Talsperre der Stadt Nordhau-sen a. Harz 530.
 Bestand, »eiserner« 99.

- Bestandteile des Mauerwerks 186.
Bestimmung, vorläufige, der Abflußmengen 75.
— der Querschnittsabmessungen, Hochwasserschutzverfahren 235.
Beton, Eigenschaften 197.
—, Mischungsverhältnis 519.
—, Porigkeit 517.
—, Prüfung 482.
— und Bruchsteinmauerwerk, Ausdehnungsbeiwert 197.
—, Zubereitung 187, 536.
Betonieren, Reinigen und Ausgießen der Felssohle 490.
Betonierung, Bauvorgang 317, 517.
Betonkern im Staudamm 277.
—, Bewegung im Staudamm des Solinger Vorbeckens 552.
— im Staudamm der Stadt Solingen 314.
Betonkernbauweise in Amerika 313.
Betonsteine 186, 538.
Betrachtungen, allgemeine wirtschaftliche; Literatur 657.
—, vergleichende, über die verschiedenen Bauweisen von Staudämmen 327.
Betrieb, Einzelaufgaben 549.
—, Handhabung 546.
—, Leitsätze 556.
—, Organisation 545.
—, unmittelbare Gefahr 547.
— der Steinbrüche 457.
— der Talsperren 189, 543.
— der Talsperren; Literatur 594.
—, wasserwirtschaftlicher 554.
—, wasserwirtschaftlicher; Handhabung 556.
— und Unterhaltung der Talsperren, Aufsicht 190.
— und Unterhaltung, Handhabung der Aufsicht 191.
Betrieb und Bau von Sammelbecken, Anleitung 181.
Betriebe und Betriebsergebnisse; Beispiele 559.
Betriebsanleitung für Talsperren 189.
Betriebsausgaben 630.
Betriebseinrichtungen, außergewöhnliche 420.
— an Staudämmen 417.
Betriebseinrichtungen, beim Bau der Urfttalsperre 441.
— der Talsperren 346.
— des Alfeldweihers 368.
— des Hochwasserschutzbeckens in Marklissa 404.
— — Stauweihers bei Herischdorf 404.
— der Talsperre der Gileppe 539.
—, Literatur 422.
Betrieb-Einstellung der Talsperren 190.
Betriebserfahrungen bei Talsperren 94.
Betriebsergebnisse und Betriebe; Beispiele 559.
—, wasserwirtschaftliche, des Hochwasserschutzes 570.
—, wirtschaftliche 646.
— der Talsperren für Schifffahrtzwecke 569.
— des Alfeldweihers (Vogesen) 565.
— des Staubeckens von Assuan 565.
— des Ruhrtalsperrenvereins 567.
— der Hochwasserschutzsperrren in Schlesien 572.
—, wirtschaftliche, des Wasser- und Elektrizitätswerkes der Stadt Solingen 647.
—, wirtschaftliche, der Wuppergenossenschaft 651.
Betriebsöffnung der Staubecken 189.
—, vorherige abschließende Untersuchung 191.
Betriebsführung 545.
Betriebskosten, gesamt, von Talsperren 635.
Betriebsplan, wasserwirtschaftlicher 554.
Betriebspläne 101.
— zur Abgabe von Zuschußwasser 114.
— für Hochwasserschutzbecken 143.
— für Sammelbecken, die mehreren Zwecken zugleich dienen 151.
— für Talsperren zu Schifffahrtzwecken 130.
— für gleichmäßige Wasserabgabe 109.
Betriebspläne für zentrale Wasserkraftwerke 133.
Betriebsplan des Stauweihers im Alfeld 154.
— der Listertalsperre 137.
— der Talsperre Marklissa am Queis 136.
— für die Trinkwasserversorgung der Stadt Nordhausen a. Harz 135.
— Okertalsperre 110.
— der Talsperre der Stadt Plauen 113.
— des Solinger Wasser- und Elektrizitätswerkes 153.
— für die Urfttalsperre 133.
Betriebswassermengen für ein Kraftwerk 136.
Bever- und Lingesetal, Wasserwirtschaftsplan der Sammelbecken 122.
Bewahrung von Eisenbetonkonstruktionen 345.
Bewässerung, landwirtschaftliche 3, 636.
—, landwirtschaftliche, Bedarf an Wasser 82.
— des Niltals 3.
Bewässerungsbecken 89.
Bewässerungszwecke, Talsperren 2.
Bewegungen, elastische der Mauerkrone der Solinger Talsperre 553.
Bewegung des Betonkerns im Staudamm des Solinger Vorbeckens 552.
— der Mauerkrone, Ergebnisse der Messungen 551.
Bewegungsmessungen 550.
Beziehung zwischen Aufschlagwassermenge und Wassermangel 117.
— zwischen Niederschlag und Abfluß 74.
Beziehungen zwischen den Stauhöhen einer Talsperre und den Kosten 96.
Bilanz des Elektrizitätswerkes der Hochwasserschutzstalsperre von Marklissa 656.
Bildung von Genossenschaften, Verfahren 683.
Bindemittel 478.

- Boden, Aushub 532.
 Bodenförderung 490.
 Bodenuntersuchung 299.
 Bogen als Konstruktionsform 273.
 Bogenwirkung 280.
 Bogen- und Stützmauer, gleichzeitige Wirkung 277.
 Bogenförmige Mauern 274.
 — Staudämme 331.
 — Talsperren, Absteckung 521.
 — Talsperren in Australien 276.
 Bogenförmig gebaute Talsperren, rechnerische Untersuchungen 274.
 Böhmen, Staubecken 33.
 Böhmisches Talsperren; Hochwasserschutz 574.
 Böhmen, Talsperren; Querschnitte 256.
 Bohrungen für den Stausee im oberen Sihltale 165.
 Böschungen bei Erddämmen 296.
 Bouzey, Zerstörung der Talsperre 588.
 Breite der Fahrbahn 212.
 Bruchsteine, Beschaffenheit 508, 536.
 —, Prüfung 455.
 Bruchsteinmauerwerk, Gewichtsermittlung 230.
 — in Traßmörtel; Kosten 620.
 — und Beton, Ausdehnungsbeiwert 197.
 Bruchstein-Talsperrenmauerwerk Kosten für 1 cbm 621.
 Buchführung im Talsperrenbetriebe 548.
 Buchwald, Talsperre 199.
 Charmes-Dämme 303.
 Chemische Beschaffenheit des Talsperrenwassers 78.
 — Untersuchung des Wassers aus dem Staubecken der Stadt Solingen 561.
 — Zusammensetzung von Kalk 478.
 Crotonsperrmauerwerk, Beschreibung 17.
 Croton-Talsperre, Hochwasserentlastung 377.
 —, Bau 503.
 —, Gründung 167.
 Cylinder-(Glocken-)Ventile 374.
 Dämme, Abdichtung derselben durch einen inneren Kern 309.
 —, amerikanische Bauweise 312.
 —, Ausführung 299.
 — aus Erde, Zerstörung 593.
 — aus Geröllschüttung 326.
 —, Bauweise 292.
 —, Herstellung der 188.
 — mit Kern 312.
 — mit künstlicher Abdichtung 301.
 — mit Mauerkern 312.
 — und Mauern, Vergleich 292.
 — von Charmes 303.
 — am Necaxa- und Tenangofluß 325.
 — von Villegusien an der Vingeanne 303.
 Dammerde, Beschaffenheit 188.
 Dammquerschnitt des Stauweihers von Herischdorf 311.
 Dammquerschnitte, vergleichende 329.
 Dammschüttung, Ausführung der 318.
 Dampfaushilfe bei Wasserkraftanlagen 120.
 Darstellung der Messungsergebnisse 58.
 —, vergleichende, neuerer Talsperrenquerschnitte 261.
 Delocre-Querschnitt 220.
 Dichtigkeits- und Festigkeitsversuche mit Traßkalk- und Traßzementmörtel 470.
 Dienst an der Sperrmauer 546.
 Dienstweisung für Stauwörter bei Sammelbecken 193.
 Dörntaler Teich 305.
 Drehschütze 373.
 —, Berechnung 374.
 Drosselklappen 373.
 Druck, hydraulischer 268.
 Druckbeanspruchung des Mauerwerkes 255.
 Druckfestigkeit der Steine 456.
 Druckhöhe, hydrostatische 268.
 — in Rohrleitungen, Berechnung 416.
 —, notwendige, Berechnung 416.
 Drucklinie für die lotrechten Schnitte 290.
 Druckstollen und Abfallschächte 419.
 Dünger, Verwendung von künstlichem 430.
 Durchbiegungen der Mauerkrone der Talsperre; Zielvorrichtung zur Beobachtung 550.
 Durchflußöffnungen im Mauerwerk der Sperrmauern 391.
 Eckertal, Abflußmengen 66.
 —, Talsperre, Wasserwirtschaftsplan 140.
 Eifel, Urftalsperre 27.
 Eigenbetrieb, Kosten 528.
 — oder Unternehmerbau 527.
 Eigenschaften des Betons 197.
 — — Talsperrenwassers 78.
 — — Trasses 478.
 — von Traßmörtel 468.
 Eigentum der Wasserkräfte 664.
 — an den Wasserläufen 662.
 Einfluß des Waldes auf den Abflußvorgang 2.
 Einheitspreise vom Bau der Solinger Talsperren 615.
 Einnahmen aus Talsperrenbetrieben 636.
 Einrichtung der Baustelle 435.
 — der Baustelle für das Wasser- und Elektrizitätswerk der Stadt Solingen 436.
 Einrichtungen zur Wasserentnahme 349.
 — — — bei der Talsperre der Stadt Nordhausen 356.
 Einsattlungen benachbarter Bergänge; Überfälle 387.
 Einschlämmung von Staudämmen 322.
 Einstellung des Betriebes der Talsperren 190.
 Einwirkung des Wassers auf den Kalk 161.
 Einzelaufgaben des Betriebes 549.
 Eisbrecher 396.
 Eisdruck 232.
 Eisenbetonkonstruktionen, Behandlung 345.
 Eisenbeton-Talsperren 341.
 Eiseneinlagen in Talsperren 342.
 Eisenpanzerung in Abfallschächten 405.
 Eisenteile (Lieferungsbedingungen) 539.
 Eiserne Talsperren 338.

- Eiserne Sperren, Berechnung 338.
 — Talsperre bei Ash Fork 339.
 »Eiserner« Bestand 99.
 Elastische Bewegungen der Mauerkrone der Solinger Talsperre 553.
 Elche-Talsperre 219.
 Elektrische Zündung (Steinbruchbetrieb) 461.
 Elektrizitätswerk Kubel, Sammelweiher 299.
 — Kubel (Schweiz) Bau der Talsperre 497.
 — Luzern—Engelberg 321.
 — der Hochwasserschutztalesperre von Marklissa; Bilanz 656.
 — der Stadt Nordhausen a. Harz. Wirtschaftliche Ergebnisse 650.
 Elektrizitäts- und Wasserwerk d. Stadt Solingen 38.
 — und Wasserwerk der Stadt Solingen; Angebotspreise beim Bau 615.
 — und Wasserwerk Solingen; Betriebsplan 153.
 — und Wasserwerk der Stadt Solingen, Einrichtung der Baustelle 436.
 — und Wasserwerk der Stadt Solingen; Talsperrenanlage 559.
 Elektrizitätswerk, Wasser- und der Stadt Solingen; Wirtschaftliche Betriebsergebnisse 647.
 England, Trinkwasser aus Talsperren 16.
 Englische Bauweise der Dämme 309.
 Ennepetalsperre, Aufhöhung 581.
 Entlastungsanlagen (Bauliche Anordnung) 398.
 —, Bemessung der Leistungsfähigkeit 393.
 —, Talsperre Solingen 377.
 — der Urfttalsperre 388.
 Entlastungseinrichtungen (Allgemeines) 349.
 Entlastungsvorrichtungen der Hochwasserschutzbecken 396.
 Entnahmeeinrichtungen (Allgemeines) 348.
 — der Talsperre Nordhausen 536.
 — — Talsperre San Roque 351.
 — — Solinger Talsperre im Sengbachtale 355.
 Entnahmeeinrichtungen an der Urfttalsperre 360.
 Entnahme- und Hochwasserentlastungsanlagen; Berechnung der Leistungsfähigkeit 414.
 Entnahmeschächte 354.
 Entschädigung für Wasserentziehung 632.
 — für Wasserentziehung; Talsperre der Stadt Remscheid im Eschbachtale 632.
 Entwässerung des Mauerinnern 209.
 Entwerfen der Talsperren in Frankreich 180.
 Entwicklung der Querschnittsformen, geschichtlicher Rückblick 218.
 Entwürfe, allgemeine 610.
 Entwurfsaufstellung 176.
 Entwurf und Berechnung von Sperrmauern, neuere Gesichtspunkte 264.
 Entwürfe, Vorbereitung, Form und Inhalt 181.
 Erd- und Felsarbeiten 486.
 Erdanschüttung an der Wasserseite 206.
 Erddämme 292.
 —, Böschungen 296.
 —, englische Bauweise 309.
 —, Kalkmilchdichtung 307.
 —, statische Verhältnisse 292.
 —, Zerstörung 593.
 Erddruck (Berechnung) 242.
 Erddruckmoment, Ermittlung 247.
 Erd- und Wasserlast auf der geböschten Mauerfläche 234.
 Erdmassenberechnung 607.
 Erdschüttung, reine, bei Staudämmen 294.
 Ergänzung des Grundwasserstromes 19.
 Ergebnis der Ausschreibung der Talsperre der Stadt Nordhausen a. Harz; Preise 616, 617.
 Ergebnisse der Messungen der Bewegung der Mauerkrone 551.
 Ergebnis, statistisches, der Mauerarbeiten 512.
 —, wirtschaftliches, der Assuan-Sperre 651.
 Ergebnisse, wasserwirtschaftliche, der Talsperre der Stadt Nordhausen a. Harz 563.
 —, wirtschaftliche, des Elektrizitätswerks der Stadt Nordhausen a. Harz 650.
 —, wasserwirtschaftliche, der Solinger Talsperrenanlage 560.
 —, wasserwirtschaftliche, der Wuppertalsperren 564.
 —, wirtschaftliche, der Wupper- und Ruhrtalsperrenengenossenschaften 653.
 Erhöhung der Talsperre der Stadt Lennep 579.
 Ermittlung der Abflußmenge 56.
 — des Erddruckmomentes 247.
 — der Gewichte 240.
 — der Kantenpressungen 248.
 — der Kosten 614.
 —, vorläufige, des Mauerinhaltes der Staumauern 610.
 — der Stützlinie 242.
 — des Wasserdrucks 240.
 — der Wassermomente und der Wasserlasten 246.
 Erneuerungsfonds 632.
 Erreichbare Genauigkeit bei hydrographischen Messungen, 58.
 Erste Anstauung der Staubecken 543.
 Ertrag aus Talsperren für Schifffahrtzwecke 636.
 — der Talsperren für Trinkwasserversorgung 636.
 Ertragsberechnungen (Aufstellung) 630.
 — für ein zentrales Kraftwerk 637.
 Ertrags- und Beitragskostenberechnungen (Allgemeines) 628.
 — und Beitragskostenberechnungen; Literatur 658.
 Erzielbarer Preis einer Kraft 635.
 Eschbachtal, Beschreibung der Talsperre 14.
 —, Talsperre der Stadt Remscheid; Entschädigung für Wasserentziehung 632.
 —, Talsperre der Stadt Remscheid; wirtschaftlicher Nutzen 647.
 Etzelkraftwerk, Wasserwirtschaftsplan 142.

- Fahrbahn, Allgemeines 211.
 —, Befestigung 212.
 Feldmeßarbeiten 173.
 Fels- und Erdarbeiten 486.
 Felshänge, Abdichtung undichter 585.
 Felsmassenberechnung 609.
 Felssohle, Reinigen, Ausgießen u. Betonieren 490.
 Festigkeitsprüfung der Mörtel 481.
 Festigkeitsversuche mit Traßzementmörtel 469.
 Festigkeits- und Dichtigkeitsversuche mit Traßkalk- und Traßzementmörtel 470.
 Festlegung der Gründungssohle 166.
 Filter zur Wasserreinigung 427.
 —, überdeckte; Kosten 623.
 Finanzielle Vorbereitung von großen Unternehmungen 605.
 Finanzierung der Talsperrenunternehmungen 605.
 Finanzübersicht für den Ruhrtalsperrenverein 654.
 Fische, Zuchtstätten 43.
 Fischereibetrieb in den Talsperrenbecken 575.
 Fischereierträge aus dem Talsperrenbetriebe 576.
 Flächeneinheit, Abfluß von dieser 73.
 Flächenermittlung der Talbecken 176.
 Flachschieber 367.
 Fließendes Wasser, Wasserverluste 108.
 Flügelapparat für Wassermessungen 57.
 Förderung der Baustoffe auf der Baustelle 187, 439.
 —, Wasser- aus der Ruhr 652.
 Form, Vorbereitung und Inhalt der Entwürfe 181.
 —, wirtschaftliche, der Unternehmung 600.
 Fortschritt der Mauerung 510.
 Frankreich, Entwerfen von Talsperren 180.
 Französische Bauart 301.
 Fugen, künstliche 342.
 Fundamentaushub; Kosten 618.
 Furens-Talsperre 221.
 Gang des Verfahrens für die Querschnittsermittlung 259.
 Gebirgsflüsse, Hochwasserabflussmengen 394.
 Gebirgsflüsse, unschädliche Abflussmengen 148.
 Geböschte Mauerfläche, Wasser- und Erdlast 234.
 Geeignetster Mörtel, Wahl 477.
 Gefahr, unmittelbare, im Betriebe 547.
 Gekrümmte Talsperren, Gewölbewirkung 273.
 — Talsperren, Baugruben- und Mauerwerkinhalt 611.
 Geländer der Spermauern 213.
 Geldaufbringung für Talsperrenbauten 605.
 Gemauerte Kanäle 349.
 — Talsperren, Berechnung und Querschnittsgestaltung 218.
 — Talsperren mit aufgelöstem Querschnitt; Kosten 626.
 Gemeinsamkeit der Interessen 35.
 Gemeinsame Zwecke bei Talsperren 34.
 — Zwecke, Wirtschaftlichkeit d. Talsperren 645.
 Genauigkeit, erreichbare, bei hydrographischen Messungen 58.
 Genehmigung-Bedingungen für Talsperren 185.
 Genossenbeiträge der Wuppertalsperren genossenschaft 640, 641.
 Genossenschaften, Beitragsermittlung 638.
 Genossenschaften, Verfahren zur Bildung 683.
 Genossenschaft; Volmetalsperren 654.
 — der Wuppertalsperren, Zweck 26.
 Genossenschaft, Wuppertalsperren- 640, 641, 651.
 —, Wupper- und Ruhrtalsperren; wirtschaftliche Ergebnisse 653.
 Genossenschaftliche Vereinigung beim Bau von Talsperren 601.
 Genossenschaftsbeiträge für eine Pferdekraftstunde bei den Talsperren im Wupper- und Ruhrgebiet 653.
 Genossenschaftslasten (nach dem preuß. Wassergesetz) 683.
 — (Wuppertalsperren) 669.
 Geologische Gutachten 162.
 — Karte des Langen Tales im Südhaz 159.
 — Untersuchungen 157.
 — Untersuchung, Umlaufstollen 170.
 — Verhältnisse der Kataraktsperr 172.
 — Vorprüfung 157.
 Geröllschüttung, Dämme 326.
 Gerüst an der Wasserseite 495.
 Gerüstkrane beim Bau 496.
 Gesamte Betriebskosten bei Talsperren 635.
 Gesamtkosten bei Talsperren 620.
 — neuerer Talsperrenanlagen 625.
 Gesichtlicher Rückblick über die Entwicklung der Querschnittsformen 218.
 Gesetz, betreffend die Bildung von Wassergenossenschaften 665.
 Gesetzgebung, Hochwasserschutz 661.
 —, wasserrechtliche 659.
 Gesichtspunkte, neuere, für die Berechnung und den Entwurf von Sperrmauern 264.
 —, praktische, für die Querschnittsgestaltung 225.
 Gesteinsuntersuchungen 160.
 Gewichte, Ermittlung 240.
 Gewichtsermittlung von Bruchsteinmauerwerk 230.
 Gewinn, wirtschaftlicher, der Stauweiher in den Vogesen 650.
 Gewinnung von Kraftgefälle 99.
 — und Prüfung der Baustoffe 453.
 Gewölbewirkung 194, 273.
 Gleichmäßige Wasserabgabe, Betriebspläne 109.
 Gleichzeitige Wirkung der Stützmauer und des Bogens 277.
 Gleiten, Sicherheit dagegen 258.
 Glocken-(Cylinder-)Ventile 374.
 Glüh- und Trockenverlust des Trasses 480.
 Gothaer Talsperre; nachträgliche Abdichtungsarbeiten 587.
 Gileppe-Talsperre 224, 359.

- Graphische Berechnung einer Sperrmauer 236.
 — Untersuchung der Staumauern 240.
 Größe der Mörtelanlage und der Kalkgruben 451.
 — des Stauraumes 93.
 —, wirtschaftlich günstigste, des Stauraumes 97.
 — der Steine im Mauerwerk 507.
 Größenverhältnis der Niederschlagsgebiete, Abflußmengen nach dem 72.
 Große Unternehmungen; finanzielle Vorbereitung 605.
 Größte Abflußmengen für die Berechnung von Überfällen 416.
 — sekundliche Abflußmengen 147.
 — Kantenpressungen im Mauerwerk 254.
 Grundablässe der Hochwasser-schutzbecken 389.
 Grundablaß zur Wasserentnahme 349.
 Grunderwerb, Durchführung des 180.
 —, Kosten 622.
 Grundlagen, technische 1.
 —, wirtschaftliche 595.
 Grundriß der Sperrmauern 194.
 Gründung der Croton-Talsperre 167.
 Gründungssohle der Talsperre bei Assuan 168.
 —, Probeschacht in der 489.
 —, Festlegung 166.
 —, Unterdruck 265.
 Gründungsverhältnisse der Mescheder Talsperre 168.
 Grundwasser oder Talsperren-wasser 81.
 —, Verfügung über 662.
 Grundwasserversorgung 12.
 Grundwasser in der Ruhr, Wasser-wirtschaftsplan der Sammel-becken zur Aufhöhung 125.
 Grundwasserstrom, Talsperren zur Ergänzung 19.
 Grüssau, Stauweiher 309.
 Günstigste Größe des Stauraums 97.
 Gutachten, geologisches 162.
- Habratalsperrre in Algier, Zer-störung 589.
 Handhabung der Aufsicht über Betrieb und Unterhaltung 191.
 — der Bauaufsicht 191.
 — des Betriebes 546.
 — des wasserwirtschaftlichen Be-triebes 556.
 Hangkaskaden, Überläufe 416.
 Härtegrade des Wassers 78.
 Harz, Betriebsplan für die Trink-wasserversorgung der Stadt Nordhausen 135.
 —, Elektrizitätswerk der Stadt Nordhausen; wirtschaftliche Ergebnisse 650.
 —, Niederschlagshöhen und Ab-flußmengen im Langen Tale bei Nordhausen 66.
 —, Stauweiher 25.
 Harztalsperren 25.
 Harz, Talsperre der Stadt Nord-hausen, Beschreibung 41.
 —, Talsperre der Stadt Nord-hausen, Hochwasserentlastung 381.
 Hauptabmessungen ausgeführter Sperrmauern 260.
 Hauptbecken, Reserve 98.
 Hauptforderungen für die Wahl eines Talbeckens 86.
 Hauser-Lake, Staudamm 340.
 Heber zur Wasserentnahme 356.
 Herdmauer 209.
 Herstellung der Dämme 188.
 — des Mauerwerks 187.
 Herisdorf; Stauweiher, Betriebs-einrichtungen 404.
 —, Stauweiher, Querschnitt des Staudammes 311.
 Hochflut des Queis vom Juli 1897 150.
 Hochwasserabfluß, Regulierung der Bachbetten 145.
 Hochwasserabflußmengen in Ge-birgsflüssen 394.
 Hochwasserentlastung der Cro-tontalsperre 377.
 — durch die Talsperre der Stadt Nordhausen a. Harz 381.
 —, Solinger Talsperre 377.
 —, Umlaufstollen für 389.
 —, Urfttalsperre 388.
- Hochwasserentlastungen, Lei-stungsfähigkeit, während der Bauzeit 447.
 Hochwasserentlastungsanlagen 375.
 — der Waldecker Talsperre 385.
 Hochwasserentlastungs- und Ent-nahmeanlagen; Berechnung der Leistungsfähigkeit 414.
 Hochwassermengen der Reichen-berger Neiße 152.
 Hochwasserschaden, Schätzung 643.
 —, Verhütung 29.
 Hochwasserschutz, Literatur 34.
 — durch Talsperren 28, 599.
 —, Wirtschaftlichkeit 642.
 —, Zweck 29.
 —, böhmische Talsperren 574.
 —, Talsperren im Wuppergebiet 571.
 —, wasserwirtschaftliche Be-triebsergebnisse 570.
 Hochwasserschutzbecken, Wahl des Tales 90.
 —, Betriebspläne 143.
 —, Entlastungsvorrichtungen 396.
 —, Grundablässe 389.
 —, Vorarbeiten 145.
 — bei Marklissa 404.
 — am Queis bei Marklissa in Schlesien, Wasserwirtschafts-plan 149.
 — von Mauer i. Schl. 407.
 Hochwasserbecken, schlesische 401.
 Hochwasserschutzsperrren; wirt-schaftlicher Nutzen 655.
 — in Schlesien; Betriebsergeb-nisse 572.
 Hochwasserschutz-talsperre von Marklissa; Bilanz des Elektri-zitätswerkes 656.
 Hochwasserschutz-zweck, Gesetz-gebung 661.
 Hochwasserverwallungen, schle-sische 309.
 Hochwasserzurückhaltung der Talsperre bei Marklissa 574.
 Höhe der Staudämme 295.
 Höhenlage der Mauerkrone 211.
 — des Überlaufs 395.
 Hydraulischer Druck 268.

- Hydraulischer Kalkmörtel 477.
 Hydrographie, Literatur 76.
 Hydrographische Messungen, erreichbare Genauigkeit 58.
 Hydrometrische Arbeiten im allgemeinen 44.
 Hydrometrisches Bureau, schweizerisches 45.
 Hydrostatische Druckhöhe 268.
- Inanspruchnahme, zulässige 288.
 Inbetriebsetzung der Talsperren 543.
 Inhalt, Vorbereitung und Form der Entwürfe 181.
 Innerer Auftrieb, Versuche darüber bei der Östertalsperre 270.
 Interessengemeinsamkeit bei Talsperrenanlagen 35.
 Intze-Querschnitt 223.
- Jährliche Leistung bei neueren Bauausführungen 498.
 Jersey-Stadt, Talsperre, Bauausführung 519.
 —, Talsperre, Beschreibung 313.
 —, Talsperre, Kranbetrieb beim Bau 502.
 —, Wasserwerk, Trinkwasserreinigung 434.
- Kalk, Beschaffenheit 186, 485, 537.
 —, chemische Zusammensetzung 478.
 —, Einwirkung des Wassers 161.
 Kalkbedarf 452.
 Kalkgruben und Mörtelanlage, Größe 451.
 Kalkmilchdichtung bei Erddämmen 307.
 Kalkmörtel, hydraulischer 477.
 Kanäle, gemauerte 349.
 Kanalspeisung, wirtschaftliche Bedeutung 599.
 — aus Sammelbecken 20.
 —, Bedarf an Wasser 85.
 Kantenpressungen, Ermittlung 248.
 —, Berechnung 237.
 —, größte, im Mauerwerk 254.
 Kantinen für Arbeiter 539.
 Karte, geologische, des Langen Tales im Südhaz 159
 Kartierung 173.
- Katarakt-Sperre, Bau 529.
 Kataraktsperrre, geologische Verhältnisse 172.
 Katarakttsperre, Betriebseinrichtungen 358.
 Kern in Dämmen 312.
 Kern-Abdichtung bei Erddämmen 309.
 Kleinverteilung der Kräfte 597.
 Kohlengebirge, Talsperre im Senkungsgebiet 172.
 Kollergänge für Mörtelbereitung 485.
 Kolonien, afrikanische, Talsperrenbau 11.
 Konstruktionsform, Bogen 273.
 Kosten der Talsperren 606.
 — der Talsperren. Literatur 658.
 — bei Eigenbetrieb 528.
 — für 1 cbm Bruchstein-Talsperrenmauerwerk 621.
 — der Talsperren, bezogen auf 1 cbm Mauerwerkinhalt 624.
 — des Bruchsteinmauerwerks in Traßmörtel 620.
 — des Mauerwerks, Allgemeines 618.
 — des Mauerwerks in Zement-Traßmörtel 620.
 — des Fundamentaushubes 618.
 — des Grunderwerbs 622.
 — der Steingewinnung 463.
 — des Traßmörtels 619.
 — des Zement-Traßmörtels 619.
 — und Stauhöhe einer Talsperre, deren Beziehungen 96.
 — der Talsperre von Marklissa, nach der Ausführung 626.
 — der Talsperre von Mauer in Schlesien, nach der Ausführung 626.
 — vongemauerten Talsperren mit aufgelöstem Querschnitt 626.
 — der überdeckten Filter 623.
 — der Vorarbeiten 623.
 Kostenangaben nach ausgeführten Anlagen 618.
 Kostenanschlag, Massenberechnung 607.
 Kostenanschläge 617.
 Kostenermittlung bei Talsperren 614.
 Kostenfrage bei Traßmörtelverwendung 477.
- Kostensätze für die Einheit des Beckeninhalts 623.
 Kostenüberschläge 617.
 Kraft, erzielbarer Preis einer 635.
 Kraftausnutzung, zentrale 603.
 Kraftbedarf im Baubetriebe 444.
 Kräfte, Kleinverteilung 597.
 Kraftgefälle, Gewinnung 99.
 Kraftgewinn, Wert 637.
 Kraftgewinnung, wirtschaftliche Bedeutung 596.
 —, Staubecken 89.
 — durch Talsperren 24.
 —, zentrale 26.
 —, zentrale; Unternehmungsform bei den Talsperren 602.
 Kraftwerk, Betriebswassermengen 136.
 Kraftwerke des Preußischen Staates 604.
 Kraftwerk, zentrales; Ertragsberechnungen 637.
 Kraftzwecke, Talsperrenbau 602.
 Kranbetrieb beim Bau der Jersey-Stadt-Talsperre 502.
 Krantz-Querschnitt 221.
 Kreuter-Querschnitt 226.
 Kronenbreite 212, 296.
 Krümmungshalbmesser 195, 273.
 Kubel, (Schweiz), Sammelweiher für das Elektrizitätswerk 299.
 — Bau der Talsperre für das Elektrizitätswerk 497.
 Künstliche Abdichtung von Dämmen 301.
 Künstlicher Dünger; Verwendung 430.
 Künstliche Fugen 342.
- Lage, wirtschaftliche, des Ruhr-talsperrenvereins 651.
 Lagerfugen, offene, Standfestigkeit der Staumauern 271.
 Lake Cheesman-Sperrmauer 278.
 Landeswasseramt 685.
 Landschaftsbild, Verschönerung 43.
 Landwirtschaft; wirtschaftliche Bedeutung der Wasseraufspeicherung 598.
 Landwirtschaftliche Bewässerung 3.
 — Bewässerung (Wirtschaftlichkeit) 636.

- Landwirtschaftlicher Bewässerung, Bedarf an Wasser 82.
- Langes Tal bei Nordhausen am Harz, Niederschlagshöhen und Abflusmengen 66.
- Tal im Südharz, geologische Karte 159.
- Leistung, jährliche, bei neueren Bauausführungen 498.
- Leistungsanzeiger für Rohrleitungen 557.
- Leistungsfähigkeit der Entlastungsanlagen; Bemessung 393.
- der Entnahme- und Hochwasserentlastungsanlagen; Berechnung 414.
- der Hochwasserentlastungen während der Bauzeit 447.
- der Rohrleitungen, Verminderung 418.
- für die Wasserabführung während der Bauzeit, Umläufe in Stollen 447.
- Leitsätze für den Betrieb 556.
- Lenep, Erhöhung der Talsperre 579.
- Leucittuff 478.
- Lieferung von Traß, Bedingungen 538.
- Listertalsperre, Betriebsplan 137.
- Lingese Talsperre; Undichtigkeiten in den Steinbrüchen 587.
- und Bevertal, Wasserwirtschaftsplan der Sammelbecken 122.
- Literatur. Allgemeine wirtschaftliche Betrachtungen 657.
- über Bauausführung der Talsperren 541.
- zu Bauweise der Talsperren im allgemeinen 199.
- über die Berechnung und Querschnittsgestaltung der Sperrmauern 263.
- zu »Besondere Bauweise der Talsperren« 345.
- zu »Betrieb der Talsperren« 594.
- über Betriebseinrichtungen 422.
- Ertrags- und Beitragskostenberechnungen 658.
- , Hochwasserschutz 34.
- über Hydrographie 76.
- Literatur, Kosten der Talsperren 658.
- zu »Nachträgliche Aufhöhung und Vergrößerung der Talsperren« 594.
- der Staudämme 334.
- zu »Zerstörung der Talsperren« 595.
- , Zwecke der Talsperren 24.
- Lotrechte Schnitte, Drucklinie 290.
- Schnitte, Materialbeanspruchungen 284.
- Luftkabelbahnen 504.
- Luzern—Engelberg, Elektrizitätswerk 321.
- Märkische Wasserstraßen, Niederschlags- und Abflußverhältnisse in deren Gebiet 68.
- Marklissa am Queis, i. Schlesien, Betriebsplan der Talsperre 136.
- , Bilanz des Elektrizitätswerks der Hochwasserschutztalesperre 656.
- , Hochwasserschutzbecken, Betriebseinrichtungen 404.
- , Hochwasserzurückhaltung d. Talsperre 574.
- , Rollschütze für die Talsperre 369.
- , Talsperre, Kosten nach der Ausführung 626.
- Wasserwirtschaftsplan für das Hochwasserschutzbecken 149.
- Maschinenbetrieb auf der Baustelle einer Talsperre 443.
- , zentralisierter 443.
- Maschinen-Mörtelmischung 484.
- Massenberechnung 606.
- (allgemeine Entwürfe) 610.
- für die Abrechnung 611.
- für den Kostenanschlag 607.
- Massives Meßwehr zur Messung der Wasserabgabe mit Schreibpegel 558.
- Materialbeanspruchungen in den lotrechten Schnitten 284.
- Mauer, Abdichtung 200.
- , Sicherheit gegen Verschieben 201.
- , stückweise Ausführung 448.
- , Überfälle 376.
- , Winterabdeckung 513.
- Maueri. Schl.; Hochwasserschutzbecken 407.
- in Schlesien, Talsperre, Kosten nach der Ausführung 626.
- Mauerarbeiten 506.
- , statistisches Ergebnis 512.
- Mauerfläche, geböschte, Wasser- und Erdlast 234.
- Mauerfuß, Abdichtung 513.
- , Zugspannungen 291.
- Mauerinhalt der Stauauern, vorläufige Ermittlung 610.
- Mauerinneres, Entwässerung 209.
- Mauerkern in Dämmen 312.
- Mauerkörper, Moment 243.
- Mauerkrone, Ergebnisse der Messungen der Bewegung 551.
- Mauerkrone, Höhenlage 211.
- der Solinger Talsperre; elastische Bewegungen 553.
- der Talsperre, Zielvorrichtung zur Beobachtung der Durchbiegungen 550.
- Mauermasse des Altenweihers 513.
- Mauermassenberechnung 609.
- Mauern, bogenförmige 274.
- und Dämme, Vergleich 292.
- Mauerung (Bauvorgang) 509.
- , Fortschritt 510.
- , Mörtel 508.
- Mauerwerk, Ausführung 534.
- Mauerwerk, zulässige Beanspruchungen 255.
- , Bestandteile 186.
- aus Bruchsteinen, Gewichtsermittlung 230.
- , Druckbeanspruchung 255.
- , Größe der Steine 507.
- , Herstellung 187.
- , größte Kantenpressungen 254.
- , Kosten 618.
- , Raumgewicht 231.
- der Sperrmauern; Durchflußöffnungen 391.
- in Talsperren (Beschaffenheit) 185.
- in ausgeführten Talsperren, Beanspruchungen 257.
- der Talsperre von Jersey-Stadt, Ausführung 519.
- in Zement-Traßmörtel; Kosten 620.
- inhalt und Baugrubeninhalte gekrümmter Talsperren 611.

- Mauerwerksspannungen bei Anstauung der Talsperren 544.
- Meer Allum-Sperre 338.
- Meldewesen i. Talsperrenbetriebe 556.
- Mescheder Talsperre; Abdichtung der Berghänge 586.
- Talsperre, Gründungsverhältnisse 168.
- Meßarbeiten beim Bau 520.
- Messung der Abflüßmengen 54.
- Messungen der Abflüßmengen im Flußgebiet der Wiese (südl. Schwarzwald) 69.
- Messung des Beckeninhalts 184.
- Messungen der Bewegungen 550.
- , Ergebnisse der Bewegung der Mauerkrone 551.
- , hydrographische, erreichbare Genauigkeit 58.
- von Niederschlägen 46.
- mittels Schwimmer 60.
- von Sickerungen 553.
- der Wärme im Mauerkörper der Talsperren 549.
- der Temperatur in Staubecken 79.
- Messung der Wasserabgabe mit Schreibpegel; massives Meßwehr 558.
- Messungsergebnisse (Wassermessungen), Darstellung 58.
- von Niederschlagshöhen und Wasserabflüßmengen 62, 63.
- Meßvorrichtung, selbstzeichnende 55.
- Meßwehr, massives, zur Messung der Wasserabgabe mit Schreibpegel 558.
- Meßwehre, Überlaufhöhe 56.
- Minenlegung i. Steinbruchbetrieb 460.
- Mischungsverhältnis des Betons 519.
- des Mörtels 186.
- Mittelkraftlinie 236.
- Möhnetalsperre (Beschaffenheit des Talbeckens) 87.
- , Bau 530.
- , Stollen 526.
- , Umleitung des Wassers beim Bau 449.
- , Wasserwirtschaftsplan 128.
- Moment des Mauerkörpers 243.
- Momente, wirtschaftspolitische 600.
- Monatliche Abflüßbeiwerte 76.
- Mörtel (Beschaffenheit) 186.
- Mörtel der Talsperren 196.
- Mörtel (Bedingungen für den Bau) 537.
- der Mauerung 508.
- Mörtelanlage 485.
- und Kalkgruben, Größe 451.
- Mörtelbereitung 484.
- , Beschaffenheit des Wassers 481, 538.
- , Kollergänge 485.
- Mörtelfestigkeit in den Bauwerken 482.
- Mörtel, Festigkeitsprüfung 481.
- Mörtel, Mischungsverhältnis 186.
- Mörtelverbrauch 452.
- Mörtel, Wassergehalt 475.
- Mörtel, Zubereitung 186.
- Mörtel, zweckmäßigster, für Talsperren 467.
- Mörtelmaschinen 452.
- Mörtelmischen mit Maschinen 484.
- Nachtrag zu dem Statut der Wupper-Talsperren-Genossenschaft 673.
- Nachträgliche Abdichtungsarbeiten an Sammelbecken 584.
- Abdichtungsarbeiten an der Gothaer Talsperre 587.
- Aufhöhung von Sperrmauern 576.
- Aufhöhung und Vergrößerung der Talsperren; Literatur 594.
- Naturgemäße Querschnittsform 224.
- Nebenanlagen 423.
- Necaxa- und Tenangofluß-Dämme 325.
- Neiße, Reichenberger, Hochwassermengen 152.
- Neue Art der Abdichtung 585.
- Neuere Bauausführungen, jährliche Leistungen 498.
- Gesichtspunkte für die Berechnung und den Entwurf von Sperrmauern 264.
- Talsperrenanlagen, Gesamtkosten 625.
- Neues Wassergesetz in Preußen 661.
- Neues preußisches Wassergesetz, Auszug 679.
- Neu York, Wasserversorgung 17.
- Neyetal, Schürfungsarbeiten für die neue Remscheider Talsperre 165.
- , Talsperre, allgemeine Beschreibung 16.
- Niederschläge, Verteilung 51.
- Niederschlag und Abfluß, Beziehung zu einander 74.
- Niederschlagsgebiete, Abflüßmengen nach dem Größenverhältnis 72.
- Niederschlagsgebiet der Nordhauser Talsperre, Reinhaltung 431.
- der Nordhauser Talsperre; Wirtschaftsbeschränkungen 432.
- Niederschlagshöhen und -Mengen 46.
- und Wasserabflüßmengen, Messungsergebnisse 62, 63.
- und Abflüßmengen im Langen Tale bei Nordhausen (Harz) 66.
- Niederschlagsmengen und -Höhen 46.
- Niederschlagsmessungen 46.
- Niederschlags- und Abflußverhältnisse im Gebiet der Märkischen Wasserstraßen 68.
- Niedrigwasser, Aufhöhung 26.
- Nijar-Talsperre 219.
- Niltal, Bewässerung 3.
- Nordamerika; Sammelbecken 5.
- Nordhausen, Schieberrichtungen 367.
- a. Harz, Allgemeine Beschreibung der Talsperrenanlage 41.
- , Überlauf der Talsperre 381.
- , Entnahmeeinrichtungen der Talsperre 356.
- a. Harz, Talsperre der Stadt; Abfindung der Unterlieger 633.
- , Aufhöhung der Talsperre 578.
- a. Harz, Besondere Bedingungen für den Bau der Talsperre 530.
- am Harz, Betriebsplan für die Trinkwasserversorgung 135.
- a. Harz, Niederschlagshöhen und Abflüßmengen im Langen Tale 66.

- Nordhausen a. Harz; Preise nach dem Ergebnis der Bauausschreibung der Talsperre 616, 617.
- , Reinhaltung des Niederschlaggebietes 431.
- , a. Harz, Schürfungen für den Bau der Talsperre 164.
- , wasserwirtschaftliche Ergebnisse der Talsperre 563.
- Nordhauser Talsperre, Wirtschaftsbeschränkungen im Niederschlaggebiet 432.
- a. Harz, Elektrizitätswerk d. Stadt; wirtschaftliche Ergebnisse 650.
- Normalisierungsplan 555.
- Notfallen 364.
- Notwendige Druckhöhe, Berechnung 416.
- Nutzen, wirtschaftlicher, der Hochwasserschutzsperrungen 655.
- , wirtschaftlicher, der Talsperre der Stadt Remscheid im Eschbachtal 647.
- von Zuschußwasser 638.
- Nutzwasserentnahme, Talsperre Solingen 355.
- , Umlaufstollen 358.
- Nutzwasserentnahmerichtungen der Talsperre von San Roque 351.
- Nutzwassermenge 638.
- Oberes Sihltal**, Bohrungen für den Stausee 165.
- Wesergebiet, Staubecken 42.
- Oder, Staubecken 24.
- Offne Lagerfugen, Standfestigkeit der Staumauern 271.
- Öffnungen in Sperrmauern, Berechnung des Abflusses 420.
- Okertalsperre, Betriebsplan 110.
- Organisation des Betriebes 545.
- Östertalsperre, Versuche über inneren Auftrieb 270.
- Ostpreußens Regen- und Abflußmengen 70.
- Patapasco-Talsperre 343.
- Pathfinder-Talsperre 362.
- Pegelablesungen 64.
- Pennsylvanien, Zerstörung der Austin-Talsperre 590.
- Pferdekraftstunde, Genossenschaftsbeiträge für eine, bei den Talsperren im Wupper- u. Ruhrgebiet 653.
- Plauen, Betriebsplan der Talsperre 113.
- Porigkeit des Betons 517.
- Praktische Gesichtspunkte für die Querschnittsgestaltung 225.
- Preis, erzielbarer, einer Kraft 635.
- Preise nach dem Ergebnis der Ausschreibung der Talsperre der Stadt Nordhausen a. Harz 616, 617.
- Preußen, Auszug aus dem neuen Wassergesetz 679.
- , Talsperrenbauten 527.
- , neues Wassergesetz 661.
- Preußischer Staat; Kraftwerk 604.
- Probemauerkörper, Anfertigung 515.
- Probeputzflächen, Versuche mit Anstrichmasse 201.
- Probeschacht in der Gründungssohle 489.
- Prüfung von Beton 482.
- von Bruchsteinen 455.
- und Gewinnung der Baustoffe 453.
- der Steine auf Wetterbeständigkeit 454.
- von Traß 480.
- Queis**, Betriebsplan der Talsperre Marklissa 136.
- Queis-Hochflut vom Juli 1897 150.
- Queis-Hochwasserschutzbecken bei Marklissa i. Schlesien, Wasserwirtschaftsplan 149.
- Quellenfassung in der Gründungssohle 490.
- Querschnitt nach Delocre 220.
- nach Intze 223.
- von Krantz 221.
- nach Kreuter 226.
- nach Rankine 222.
- nach de Sazilly 220.
- des Dammes des Stauweihers von Herischdorf 311.
- , Scherbeanspruchung am Rande desselben 239.
- der Sperrmauern, Verteilung der Schubkräfte 283.
- Querschnitt einer Staumauer, Berechnung der Abmessungen 261.
- Querschnitte von Talsperren in Böhmen 256.
- Querschnitt der Talsperre im Furens 221.
- — — der Gileppe 224.
- , Wahl 260.
- Querschnittsabmessungen, Rechnungsverfahren zur Bestimmung der, 235.
- Querschnittsermittlung, Gang des Verfahrens 259.
- Querschnittsformen, geschichtlicher Rückblick über die Entwicklung 218.
- Querschnittsform, naturgemäße 224.
- Querschnittsgestaltung nach praktischen Gesichtspunkten 225.
- von Staudämmen 295.
- und Berechnung der Sperrmauern; Literatur 263.
- und Berechnung der gemauerten Talsperren 218.
- Radaune**, Staudamm 412.
- Rand-Scherbeanspruchung 239.
- Randspannungen 238.
- Rankine-Querschnitt 222.
- Raumgewicht des Mauerwerkes 231.
- Rechnerische Untersuchungen bogenförmig gebauter Talsperren 274.
- Untersuchung von Talsperren-Querschnitten 229.
- Rechnungsverfahren zur Bestimmung der Querschnittsabmessungen 235.
- Rechten, Verleihung von 662.
- Redridge-Sperre 340.
- Regelung der Abflußmengen 22.
- Regenfall; außergewöhnlicher 52.
- Regenhöhen 47.
- und Abflußmengen im Sengbachtale 64.
- Regenkarten 50.
- Regen- und Abflußmengen Ostpreußens 70.
- Regenmesser 48.
- Regenstationen 48.
- Regulierung der Bachbetten für Hochwasserabfluß 145.

- Reichenberger Neißer, Hochwassermengen 152.
- Reine Erdschüttung bei Staüdämmen 294.
- Reinhaltung des Niederschlagsgebiets der Nordhauser Talsperre 431.
- und Reinigung des Talsperrenwassers 425.
- Reinigen, Ausgießen und Betonieren der Felssohle 490.
- Reinigung des Wassers; Solingen 426.
- und Reinhaltung des Talsperrenwassers 425.
- Remscheider Talsperren, Beschreibung 14.
- Remscheid, Talsperre der Stadt im Eschbachtal; Entschädigung für Wasserentziehung 632.
- Remscheider Talsperre im Neyetal, Schürfungsarbeiten 165.
- Remscheid, Talsperre im Eschbachtal; wirtschaftlicher Nutzen 647.
- Remscheider Talsperre, Zuflüßmengen 68.
- Reserve des Hauptbeckens 98.
- Rhein, Schifffahrtsverhältnisse 132.
- Rheinisch-westfälische Bauweise 493.
- Rheinland und Westfalen, Talsperren 12.
- Rieselwiesen, Bauweise 428.
- , Kosten 623.
- Ringspannungsformel 276.
- Rohrleitungen, Berechnung der Druckhöhe 416.
- , Leistungsanzeiger 557.
- in Staumauern 353.
- , Berechnung des Abführungsvermögens 415.
- , Verminderung der Leistungsfähigkeit 418.
- , Widerstandshöhe 417.
- Rohrschieber 364.
- Rohrstollen, Bauweise 353.
- , Anleitung für den Bau 187.
- , Baubedingungen 535.
- Rollschütze 368.
- , Berechnung 370.
- Rollschützen, Versuche mit 370.
- Rollschütze an der Staumauer bei Assuan 371.
- für die Talsperre bei Marklissa 369.
- am Roosevelt-Damm 373.
- Roosevelt-Damm, Rollschütze 373.
- Rückblick, geschichtlicher, über die Entwicklung der Querschnittsformen 218.
- Ruhr, Wasserförderung aus dieser 652.
- Ruhrgebiet und Wupper-, Genossenschaftsbeiträge für eine Pferdekraftstunde 653.
- Ruhr, Wasserwirtschaftsplan der Sammelbecken zur Aufhöhung des Grundwassers 125.
- Ruhrgebiet 18.
- Ruhrtalsperren, Zweck 19.
- Ruhrtalsperrenengenossenschaften, Wupper- und, wirtschaftliche Ergebnisse 653.
- Ruhrtalsperrengesellschaft 654.
- Ruhrtalsperrenverein, Beiträge 676.
- Ruhrtalsperrenverein, Betriebsergebnisse 567.
- Ruhrtalsperrenverein, Finanzübersicht 654.
- , Satzungen 675.
- , wirtschaftliche Lage 651.
- Sammelbecken zur Aufhöhung d. Grundwassers in der Ruhr, Wasserwirtschaftsplan 125.
- , staffelförmiger Ausbau 91.
- , die mehreren Zwecken zugleich dienen; Betriebspläne 151.
- im Bever- und Lingesetal, Wasserwirtschaftsplan 122.
- in Nordamerika 5.
- , nachträgliche Abdichtungsarbeiten 584.
- , Dienstanweisung für Stauwörter 193.
- , Kanalspeisung 20.
- , Stauinhalt 93.
- , Wasserhaushalt 102.
- Sammelbeckenbuch 192.
- Sammelweiher für das Elektrizitätswerk Kubel 299.
- Sand, Beschaffenheit 186, 196, 538.
- Sandbedarf 452.
- Sandfilter 427.
- Sandzusatz, wechselnder, bei Traßkalkmörtel 474.
- San Roque, Talsperre, Beschreibung 6.
- , Talsperre, Entnahmeeinrichtungen 351.
- , Talsperre, Überläufe 383.
- Sätze in v. H., Abflußmenge darnach 71.
- Satzungen, Allgemeines 659.
- des Ruhrtalsperrenvereins 675.
- de Sazilly-Querschnitt 220.
- Schadenhochwasser 29.
- Schädliche Wassermenge 145.
- Scherbeanspruchung am Rande des Querschnitts 239.
- , zulässige 258.
- Scherkraft 286.
- Schiebereinrichtungen, Nordhausen 367.
- der Solinger Talsperre 367.
- Schieberhäuser 355.
- Schiebrothrieddamm 306.
- Schifffahrt, Vorteil aus den Talsperren 598.
- Schifffahrtsabgabengesetz 663.
- Schifffahrtsverhältnisse des Rheins 132.
- Schifffahrtsw Zwecke, Talsperren 19.
- , Talsperren für, Ertrag 636.
- , Talsperren; Betriebsergebnisse 569.
- bei Talsperren, Betriebspläne 130.
- Schlamm in Staubecken, Untersuchung 161.
- Schlesien, Hochwasserschutzsperren; Betriebsergebnisse 572.
- , Kosten nach der Ausführung der Talsperre von Mauer 626.
- , Wasserwirtschaftsplan für d. Hochwasserschutzbecken am Queis 149.
- Schlesische Hochwasserbecken 401.
- Hochwasserverwaltungen 309.
- Talsperren 31.
- Schleusenanlage der Talsperre von Assuan 422.
- Schnitte, Drucklinie für die lotrechten 290.

- Schnitte, lotrechte, Materialbeanspruchungen 284.
- Schnüren im Steinbruchbetrieb 461.
- Schönfiltration 426.
- Schräge Stollenführung 399.
- Schreibpegel, massives Meßwehr zur Messung der Wasserabgabe 558.
- Schubkräfte-Verteilung im Querschnitt der Sperrmauern 283.
- Schürflöcher, Solinger Talsperre 163.
- Schürfungen 162.
- für den Bau der Talsperre der Stadt Nordhausen a. Harz 164.
- Schürfungsarbeiten für die neue Remscheider Talsperre im Neyetal 165.
- Schütterde für Staudämme 297.
- Schüttung eines Dammes 318.
- Schutzmantel für Sperrmauern 204.
- Schwankungen des Wasserspiegels im Solinger Staubecken 561.
- Schwarzwald, südl., Abflußmessungen im Flußgebiet der Wiese 69.
- Schweizerisches hydrometrisches Bureau 45.
- Schwimmermessungen 60.
- Segmentschütze 374.
- Seilbahnen, Bauweise mittels 504.
- Selbstzeichnende Meßvorrichtung für Wasserabfluß 55.
- Sengbachtal bei Solingen, Anweisung betreffend die Beaufsichtigung der Stauweiheranlage 546.
- , Berechnung der Talsperre 240.
- , Regenhöhen und Abflußmessungen 64.
- Senkungsgebiet eines Kohlengebirges, Talsperre im 172.
- Settons, Schutzmantel der Sperrmauer von 205.
- Shoshone-Talsperre 390.
- Sicherheit gegen Gleiten 258.
- gegen Verschieben der Mauer 201.
- Sickermengen in Talsperren 103.
- Sickermengenmessungen 553.
- Sihltal, oberes, Bohrungen für den Stausee 165.
- Six Mile Creek-Damm 282.
- Solingen; Angebotspreise vom Bau des Wasser- und Elektrizitätswerkes 615.
- , Anweisung betreffend die Beaufsichtigung der Stauweiheranlage im Sengbachtal 546.
- , chemische Untersuchung des Wassers aus dem Staubecken 561.
- , Einrichtung der Baustelle für das Wasser- und Elektrizitätswerk 436.
- , Reinigung des Wassers 426.
- Solinger Talsperre, Schürflöcher 163.
- Staubecken, Schwankungen des Wasserspiegels 561.
- Solingen, Staudamm mit Betonkern 314.
- Solinger Talsperre im Sengbachtale, Entnahmeeinrichtungen 355.
- Talsperre, Schiebereinrichtungen 367.
- Talsperre, Hochwasserentlastung 377.
- Talsperre, elastische Bewegungen der Mauerkrone 553.
- Talsperrenanlage, Stollenbau 524.
- Solingen, Talsperrenanlage des Wasser- und Elektrizitätswerkes, Betrieb 559.
- Solinger Talsperrenanlage, wasserwirtschaftliche Ergebnisse 560.
- Talsperrenbau, Gründungsarbeiten 487.
- Vorbecken, Bewegung des Betonkerns im Staudamm 552.
- Solingen, Wasser- und Elektrizitätswerk, Beschreibung 38.
- Solinger Wasser- und Elektrizitätswerk, Betriebsplan 153.
- Solingen, Wasser- und Elektrizitätswerk der Stadt; wirtschaftliche Ergebnisse 647.
- Solinger Talsperren; Einheitspreise vom Bau 615.
- Spanische Staumauern 218.
- Spannungen im Mauerwerk bei Anstauung 544.
- Sperren, eiserne; Berechnung 338.
- Sperre von Assuan 350.
- Sperre von Assuan, wirtschaftliches Ergebnis 651.
- , Katarakt-, Bau 529.
- Sperrmauer bei Assuan, Aufhöhung 583.
- , Dienst an der 546.
- , Öffnungen in der 420.
- am Belubula-Fluß, Kosten 628.
- Sperrmauern, Abdichtung 200.
- , amerikanische Bauweise 501.
- , analytische Berechnung 236, 242.
- , ausgeführte; Hauptabmessungen 260.
- , nachträgliche Aufhöhung 576.
- Sperrmauern, graphische Berechnung 236.
- Sperrmauern; Durchflußöffnungen im Mauerwerk 391.
- , Geländer 213.
- , Grundriß 194.
- , Literatur über die Berechnung und Querschnittsgestaltung 263.
- , neuere Gesichtspunkte für die Berechnung und den Entwurf 264.
- , Schutzmantel 204.
- , Verputz an der Wasserseite 201.
- Sperrmauer, Lake-Chesman 278.
- Sperrmauer von Settons, Schutzmantel 205.
- Sperrmauern, Theorie 224.
- Sperrmauern, Überfälle 415.
- Sperrmauern, Unterhaltung 548.
- , Verteilung der Schubkräfte im Querschnitt 283.
- Spindelschieber 364.
- Sprengbetrieb 460.
- Sprengladungen, Berechnung 465.
- Springbrunnen bei Stauweihern 428.
- Staat, Preussischer; Kraftwerk 604.
- Staatliche Bauaufsicht bei Talsperrenbauten 527.
- Talsperrenbauten in Preußen 527.
- Staffelförmiger Ausbau der Sammelbecken 91.
- Standfestigkeit der Staumauern mit offenen Lagerfugen 271.

- Standsicherheitsbedingungen 229.
 Statische Verhältnisse der Erd-
 dämme 292.
 Statistisches Ergebnis der Mauer-
 arbeiten 512.
 Statut der Wuppertalsperren-
 Genossenschaft 667.
 — der Wuppertalsperren-Ge-
 nossenschaft, Nachtrag 673.
 Stauanlage von Assuan 4.
 Stauanlagen, Allgemeine Vor-
 schriften, Wassergesetz 680.
 Staubecken, Abräumungskosten
 622.
 —, erste Anstauung 543.
 —, Betriebseröffnung 189.
 — für Kraftgewinnung 89.
 —, Temperaturmessungen 79.
 — für Trinkwasserversorgung 88.
 — von Assuan, Betriebsergebnisse
 565.
 — an der Oder 24.
 — in Böhmen 33.
 —, Solinger; Schwankungen des
 Wasserspiegels 561.
 — der Stadt Solingen; chemische
 Untersuchung des Wassers 561.
 —, Untersuchung des Schlammes
 161.
 — im oberen Wesergebiet 42.
 Staudämme 292.
 —, Anleitung für den Bau 188.
 —, Bauweise 294.
 —, vergleichende Betrachtungen
 über die verschiedenen Bau-
 weisen 327.
 Staudamm mit Betonkern 277.
 Staudämme; Betriebseinrichtun-
 gen 411.
 —, bogenförmige 331.
 —, französische Bauart 301.
 —, Herstellung mittels Ein-
 schlämmung 322.
 — in reiner Erdschüttung 294.
 —, Höhe 295.
 —, Literatur 334.
 —, Querschnittsgestaltung 295.
 Staudamm am Hauser-Lake 340.
 — an der Radaune 412.
 Staudamm mit Betonkern der
 Stadt Solingen 314.
 — des Solinger Vorbeckens, Be-
 wegung des Betonkerns 552.
 — bei Straschin-Prangschin 311.
 Stauhöhe einer Talsperre und
 Kosten, deren Beziehungen 96.
 Stauinthalt eines Sammelbeckens
 93.
 Stauinthalte ausgeführter Tal-
 sperren 100.
 Staumauern, Ausführung in Beton
 516.
 —, graphische Untersuchung
 240.
 — mit offenen Lagerfugen, Stand-
 festigkeit 271.
 —, Rohrleitungen in 353.
 Staumauer des Alfeldweiher 349.
 Staumauern, spanische 218.
 Staumauern, vorläufige Ermitt-
 lung des Mauerinhaltes 610.
 —, zerstörte; Wiederherstellung
 593.
 Staumauer bei Assuan, Roll-
 schütze 371.
 Staumauerquerschnitt, Berech-
 nung der Abmessungen 261.
 Stauraum, Größe 93.
 —, wirtschaftlich günstigste
 Größe 97.
 —, Zerlegung 90.
 Stausee im oberen Sihltal, Boh-
 rungen 165.
 Stauwörter 190.
 — bei Sammelbeckens, Dienstan-
 weisung 193.
 Stauweiher in Alfeld, Betriebs-
 plan 154.
 — von Grüssau 309.
 — im Harz 25.
 — von Herischdorf, Querschnitt
 des Damms 311.
 — bei Herischdorf, Betriebsein-
 richtungen 404.
 —, Springbrunnen 428.
 Stauweiheranlage im Sengbach-
 tale bei Solingen, Anweisung
 betreffend die Beaufsichtigung
 546.
 Stauweiher in den Vogesen, Be-
 schreibung 7.
 — in den Vogesen; wirtschaft-
 licher Gewinn 650.
 Steinbrüche, Anlage 173, 457.
 —, Arbeiterbedarf 452.
 Steinbrüche, Baubedingungen 537.
 Steinbruchbetrieb 463.
 —, elektrische Zündung 461.
 Steinbruchbetrieb, Minenlegung
 460.
 —; Schnüren 461.
 Steinbrüche, Undichtigkeiten;
 Lingese-Talsperre 587.
 Steine, Druckfestigkeit 456.
 —, Größe im Mauerwerk 507.
 —, Prüfung auf Wetterbestän-
 digkeit 454.
 —, Untersuchung 455.
 —, Vorrat 462.
 —, Wasseraufnahme 456.
 —, Zufuhr 441.
 Steingewinnung, Kosten 463.
 Steinmaterial, Beschaffenheit 186.
 196.
 Stollen 353.
 — (Druckstollen) und Abfall-
 schächte 419.
 —, Umläufe in 447.
 — für die Möhnetalsperre 526.
 Stollenbau der Solinger Talsper-
 renanlage 524.
 Stollenführung, schräge 399.
 Stoß der Wassermassen bei Über-
 fällen 381.
 Strahldicke 56.
 Straschin-Prangschin-Staudamm
 311.
 Stückweise Ausführung der
 Mauern 448.
 Stützlinie 236.
 —, Ermittlung 242.
 Stützmauer und Bogen, gleich-
 zeitige Wirkung 277.
 Südharz, geologische Karte des
 Langes Tales 159.
 Tagesausgleichweiher 124.
 Talbecken, Abräumung 433.
 —, Hauptforderungen für die
 Wahl 86.
 —, Versickern 103.
 —, Wahl 85.
 — der Möhnetalsperre, Beschaf-
 fenheit 87.
 Tal, Langes, im Südharz, Geo-
 logische Karte 159.
 Talsperren, Absteckung 520.
 —, —, bogenförmige 521.
 —, Architektur 214.
 —, aufgelöste; Berechnung 336.
 —, Aufsicht über Betrieb und
 Unterhaltung 190.

- Talsperren, ausgeführte, Beanspruchungen des Mauerwerkes 257.
- für Bewässerungszwecke 2.
- , Gesamtkosten 620.
- , bogenförmige in Australien 276.
- , ausgeführte, Stauinhalte 100.
- , Bauausführung, Vorschriften 185.
- , Bauausführung 435.
- , Baustoffe 195.
- , Bauweise im allgemeinen 194.
- , besondere Bauweise 335.
- , Betrieb 543.
- , Betriebsanleitung 189.
- , Betrieb; Literatur 594.
- , Betriebseinrichtungen 346.
- , Betriebserfahrungen 94.
- , Beziehungen zwischen Stauhöhen und Kosten 96.
- , bogenförmig gebaute, rechnerische Untersuchungen 274.
- , Einstellung des Betriebes 190.
- aus Eisenbeton 341.
- , Eiseneinlagen 342.
- , eiserne 338.
- zur Ergänzung des Grundwasserstromes 19.
- , Geldaufbringung 605.
- , Fischereibetrieb 575.
- , gemauerte, Berechnung und Querschnittsgestaltung 218.
- , gemauerte, mit aufgelöstem Querschnitt; Kosten 626.
- , Genehmigungs-Bedingungen 185.
- für gemeinsame Zwecke 34.
- , gesamte Betriebskosten 635.
- , gekrümmte 273.
- , gekrümmte; Baugruben- und Mauerwerkinhalt 611.
- für Hochwasserschutz, Allgemeines 28.
- , Hochwasserschutz, wirtschaftliche Bedeutung 599.
- , der innere Auftrieb in 265.
- , Kosten 606.
- , Kosten, bezogen auf 1 cbm Mauerwerkinhalt 624.
- , Kosten; Literatur 658.
- für Kraftgewinnung 24.
- , Literatur über Bauausführung 541.
- Talsperren, Literatur zur Bauweise im allgemeinen 199.
- , Literatur zu »Besondere Bauweise« 345.
- aus Mauerwerk 185.
- , zweckmäßigster Mörtel 467.
- für Schiffahrtzwecke, Allgemeines 19.
- für Schiffahrtzwecke, Ertrag 636.
- für Schiffahrtzwecke; Betriebsergebnisse 569.
- für Schiffahrtzwecke, Betriebspläne 130.
- Schlamm, Untersuchung 161.
- im Senkungsgebiet eines Kohlengebirges 172.
- , Tilgungssatz des Baukapitals 632.
- , für Trinkwasserversorgung, Allgemeines 11.
- für Trinkwasserversorgung, Ertrag 636.
- , Unterhaltung 189.
- , Unterhaltungskosten 643.
- , Vergleich zwischen den Bauweisen 489.
- Vorteil für Schiffahrt 598.
- , Wasserbedarf für deren Zwecke 81.
- (Wassergesetz) 681.
- , wirtschaftliche Bedeutung 595.
- , Wirtschaftlichkeit für gemeinsame Zwecke 645.
- für zentrale Kraftgewinnung; Unternehmungsform 602.
- , Zerstörung 587.
- , Zerstörung; Literatur 595.
- , Ziegelmauerwerk aus 197.
- , Zwecke 1.
- Talsperre, eiserne, bei Ash Fork 339.
- bei Assuan, Gründungssohle 168.
- von Assuan, Schleusenanlage 422.
- , bogenförmige in Australien 276.
- von Austin in Pennsylvanien; Zerstörung 590.
- , böhmische; Hochwasserschutz 574.
- in Böhmen, Querschnitte 256.
- von Bouzey, Zerstörung 588.
- Talsperre, von Buchwald 199.
- des Crotonflusses, Beschreibung 17.
- des Crotonflusses, Gründung 167.
- des Croton, Hochwasserentlastung 377.
- im Eckertale, Wasserwirtschaftsplan 140.
- von Elche 219.
- der Ennepe, Aufhöhung 581.
- im Eschbachtal 14.
- in Frankreich, Entwerfen 180.
- im Furens, Querschnitt 221.
- der Gileppe, Betriebseinrichtungen 359.
- der Gileppe, Querschnitt 224.
- , Gothaer; nachträgliche Abdichtungsarbeiten 587.
- Habra in Algier; Zerstörung 589.
- im Harz 25.
- von Jersey-Stadt, Bauweise 313.
- von Jersey-Stadt, Kranbetrieb beim Bau 502.
- von Jersey-Stadt, Ausführung des Mauerwerkes 519.
- , Katarakt- 358.
- für das Elektrizitätswerk Kubel (Schweiz), Bau 497.
- der Stadt Lennep, Erhöhung 579.
- Lingese; Undichtigkeiten in den Talsperren 587.
- der Lister, Betriebsplan 137.
- Marklissa am Queis, Betriebsplan 136.
- bei Marklissa; Hochwasserzurückhaltung 574.
- von Marklissa. Kosten nach der Ausführung 626.
- bei Marklissa, Rollschütze 369.
- von Mauer in Schlesien. Kosten nach der Ausführung 626.
- , Meer Allum 338.
- , Meschede; Abdichtung der Berghänge 586.
- Meschede, Gründungsverhältnisse 168.
- an der Möhne, Talbecken 87.
- an der Möhne, Bau 530.
- an der Möhne, Stollen 526.

- Talsperre, an der Möhne, Umleitung des Wassers beim Bau 449.
- an der Möhne, Wasserwirtschaftsplan 128.
- im Neyetale 16.
- der Stadt Nordhausen am Harz 41.
- der Stadt Nordhausen am Harz, Hochwasserentlastung 381.
- der Stadt Nordhausen, Einrichtungen zur Wasserentnahme 356.
- der Stadt Nordhausen, Aufhöhung 578.
- der Stadt Nordhausen a. Harz. Abfindung der Unterlieger 633.
- der Stadt Nordhausen a. Harz, besondere Bedingungen für den Bau 530.
- der Stadt Nordhausen a. Harz, Preise nach dem Ergebnis der Bauausschreibung 616, 617.
- von Nordhausen, Reinhaltung des Niederschlaggebietes 431.
- der Stadt Nordhausen a. Harz, Schürfungen 164.
- der Stadt Nordhausen; wasserwirtschaftliche Ergebnisse 563.
- Nordhausen, Wirtschaftsbeschränkungen im Niederschlaggebiet 432.
- am Patapsco-Fluß 343.
- , Pathfinder- 362.
- im Okertal, Betriebsplan 110.
- der Stadt Plauen, Betriebsplan 113.
- , Redridge- 340.
- Remscheid 14.
- der Stadt Remscheid im Eschbachtale; Entschädigung für Wasserentziehung 632.
- der Stadt Remscheid im Eschbachtal; wirtschaftlicher Nutzen 647.
- Remscheid, Zuflüßmengen 68.
- von Remscheid im Neyetal, Schürfungsarbeiten 165.
- von San Roque, Nutzwasserentnahmeeinrichtungen 351.
- in Rheinland und Westfalen 12.
- an der Ruhr 19.
- von San Roque, Beschreibung 6.
- Talsperre von San Roque, Überfälle 383.
- , Schlesische 31.
- im Sengbachtale; Berechnung 240.
- von Shoshone 390.
- Solingen, Nutzwasserentnahme 355.
- Solingen, Schiebereinrichtungen 367.
- Solingen, Entlastungsanlagen 377.
- , Solinger, Einheitspreise vom Bau 615.
- , Solinger, elastische Bewegungen der Mauerkrone 553.
- , Undichtigkeit 104.
- der Urft (Eifel) 27.
- der Urft, Hochwasserentlastung 388.
- der Urft, Abflüßmengen 66.
- der Urft, Berghänge 170.
- der Urft, Betriebseinrichtungen 443.
- der Urft, Betriebsplan 133.
- der Urft, Entnahmeeinrichtungen 360.
- von Wachusett 388.
- Waldecker, Hochwasserentlastungsanlagen 385.
- , Waldecker, Zweck 22.
- Waldecker, gemeinsame Zwecke 42.
- im Wupper- und Ruhrgebiet, Genossenschaftsbeiträge für eine Pferdekraftstunde 653.
- im Wuppergebiet. Hochwasserschutz 571.
- Talsperrenanlage, Solinger, Stollenbau 524.
- Talsperrenbau, Solinger 487.
- Talsperrenanlage, Solinger, wasserwirtschaftliche Ergebnisse 560.
- des Wasser- und Elektrizitätswerks der Stadt Solingen 559.
- Talsperrenanlagen, neuere; Gesamtkosten 625.
- Talsperrenauführungen, Tunnelbau 523.
- Talsperrenbau in den afrikanischen Kolonien des deutschen Reiches 11.
- Talsperrenbau für Kraftzwecke 602.
- Talsperrenbauten in Preußen 527.
- , staatliche 527.
- , staatliche Bauaufsicht 527.
- Talsperrenbetrieb, Buchführung 548.
- , Fischereierträge 576.
- , Meldewesen 556.
- Talsperrengenossenschaften; Beitragsermittlungen 638.
- Talsperrengenossenschaft, Volme- 654.
- Talsperrenengesellschaft, Rur- 654.
- Talsperrenengesetzgebung 660.
- Talsperrenmauerwerk aus Bruchstein; Kosten für 1 cbm 621.
- Talsperrenquerschnitte, rechnerische Untersuchung 229.
- , vergleichende Darstellung 261.
- Talsperrenunternehmungen, Finanzierung 605.
- Talsperrenverein, Ruhr-, Finanzübersicht 654.
- Talsperren- oder Grundwasser 81.
- Talsperrenwasser, chemische Beschaffenheit 78.
- Talsperrenwasser, Eigenschaften 78.
- , Reinhaltung und Reinigung 425.
- Technische Grundlagen 1.
- Teich, Dörntaler 305.
- Temperaturmessungen in Stau- becken 79.
- Tenango- und Necaxafluß-Dämme 325.
- Theorie der Sperrmauern 224.
- Tilgungssatz des Baukapitals bei Talsperren 632.
- Transportbahnen und Zufuhr- wege 539.
- Traß 186.
- , Eigenschaften 478.
- , Bedingungen für die Lieferung 538.
- , Prüfung 480.
- , Trocken- und Glühverlust 480.
- , wilder 478.
- Traß-Kalkmörtel 468.
- Traßmörtel, Kostenfrage 477.
- Traßkalkmörtel mit wechselndem Sandzusatz 474.
- , Zugfestigkeit 473.

- Traßkalk- und Traßzementmörtel, Dichtigkeit- und Festigkeitsversuche 470.
 Traßmörtel 196.
 —, Eigenschaften 468.
 —, Kosten 619.
 —, Kosten des Bruchsteinmauerwerks 620.
 Traßzementmörtel, Festigkeitsversuche 469.
 Traßzement- und Traßkalkmörtel, Dichtigkeit- u. Festigkeitsversuche 470.
 Trinkwasserreinigung 434.
 Trinkwasserversorgung, wirtschaftliche Bedeutung 596.
 —, Bedarf an Wasser 83.
 —, Staubecken 88.
 — aus Talsperren 11.
 —, Talsperren für, Ertrag 636.
 — der Stadt Nordhausen a. Harz, Betriebsplan 135.
 Trocken- und Glühverlust des Traßes 480.
 Tuffsteingruben 478.
 Tunnelbau bei Talsperrenausführungen 523.
 Überdeckte Filter, Kosten 623.
 Überfälle; größte Abflußmengen für die Berechnung 416.
 — am Berghange und auf der Sperrmauer 415.
 — in Einsattlungen benachbarter Berghänge 387.
 — an der Mauer 376.
 — der Talsperre von San Roque 383.
 —, Überströmungshöhe 379.
 Überfallwehre 56.
 Überlandzentralen 26.
 Überlauf, Höhenlage 395.
 — der Talsperre Nordhausen 381.
 Überläufe, Aufhöhung 577.
 Überläufe der Hangkaskaden 416.
 — der Talsperre San Roque 383.
 Überlaufhöhe an Meßwehren 56.
 Überströmungshöhe der Überfälle 379.
 Umläufe in Stollen, Leistungsfähigkeit für die Wasserabführung während der Bauzeit 447.
 Umlaufstollen, geologische Untersuchung 170.
 Umlaufstollen, für Hochwasserentlastung 389.
 — zur Nutzwasserentnahme 358.
 Umleitung des Wassers um die Baustelle während der Bauzeit 446.
 — des Wassers beim Bau der Möhnetalsperre 449.
 Undichte Berghänge, neue Art der Abdichtung 585.
 — Felshänge, Abdichtung 585.
 Undichtigkeit der Talsperren 104.
 Undichtigkeiten in den Steinbrüchen der Lingese Talsperre 587.
 Unmittelbare Gefahr im Betriebe 547.
 Unschädliche Abflußmengen an Gebirgsflüssen 148.
 Unterbringung der Arbeiter in Baracken 539.
 Unterdruck in der Gründungssohle 265.
 Untergrunduntersuchungen 157.
 Unterhaltung der Talsperren, Anleitung 189.
 — und Betrieb der Talsperren, Aufsicht 190.
 — und Betrieb, Handhabung der Aufsicht 191.
 — der Sperrmauern 548.
 Unterhaltungskosten der Talsperren 634.
 Unterlieger, Abfindung; Talsperre der Stadt Nordhausen am Harz 633.
 Unternehmerbau oder Eigenbetrieb 527.
 Unternehmung; wirtschaftliche Form 600.
 Unternehmungen; finanzielle Vorbereitung 605.
 Unternehmungsform bei den Talsperren für zentrale Kraftgewinnung 602.
 Untersuchung, abschließende, vor der Betriebsöffnung 191.
 Untersuchungen, bakteriologische 79.
 —, geologische 157.
 —, geologische, der Umlaufstollen 170.
 — des Gesteins 160.
 Untersuchung, graphische 240.
 Untersuchungen, rechnerische, bogenförmig gebauter Talsperren 274.
 —, rechnerische, von Talsperrenquerschnitten 229.
 — der Steine 455.
 — des Talsperren-Schlammes 161.
 — des Untergrundes 157.
 —, chemische, des Wassers aus den Staubecken der Stadt Solingen 561.
 Unterwasserfilter 427.
 Urfttalsperre in der Eifel, Beschreibung 27.
 —, Entlastungsanlagen 388.
 —, Abflußmengen 66.
 —, Berghänge 170.
 —, Betriebseinrichtungen beim Bau 441.
 —, Betriebsplan 133.
 —, Entnahmeeinrichtungen 360.
 Val de Inferno, Talsperre 219.
 Venturimesser 557.
 Verdunstungshöhen 105.
 Verein, s. Ruhrtalsperrenverein 654.
 Vereinigung, genossenschaftliche 601.
 Verfahren zur Bildung von Genossenschaften 683.
 — für die Querschnittsermittlung, Gang 259.
 Verfügung über Grundwasser 662.
 Vergleich zwischen den Bauweisen von Talsperren 498.
 — zwischen Dämmen und Mauern 292.
 Vergleichende Betrachtungen über die verschiedenen Bauweisen von Staudämmen 327.
 — Dammquerschnitte 329.
 — Darstellung neuerer Talsperrenquerschnitte 261.
 Vergrößerung und nachträgliche Aufhöhung der Talsperren; Literatur 594.
 Verhältnisse, statische, der Erdämme 292.
 Verleihung von Rechten 662.
 —, Wassergesetz 679.
 Verluste durch Versickern in Staubecken 103.

- Verluste an Wasser im fließenden Wasser 108.
- Verlusthöhe beim Wasserabfluß 74.
- Vermessungsarbeiten 173.
- Verminderung der Leistungsfähigkeit der Rohrleitungen 418.
- Verputz an der Wasserseite der Sperrmauern 201.
- Verschieben der Mauer, Sicherheit 201.
- Verschiedene Bauweisen von Staudämmen; vergleichende Betrachtungen 327.
- Verschlämmungen des Beckens 98.
- Verschlußvorrichtungen 362.
- Verschönerung des Landschaftsbildes 43.
- Versickern im Talbecken 103.
- Versuche über innerem Auftrieb der Östertalsperre 270.
- Verstaatlichung der Wasserkräfte 602.
- Verstärkungspfeiler 577.
- Versuche an Probestputzflächen mit Anstrichmasse 201.
- mit Rollschützen 370.
- Verteilung der Niederschläge 51.
- der Schubkräfte im Querschnitt der Sperrmauern 283.
- Vertragsbedingungen 527.
- Verwendung von künstlichem Dünger 430.
- Verzahnung an der Wasserseite, Ausführung 201, 534.
- Verzinsung des Anlagekapitals 631.
- Villegusien an der Vingeanne, Dämme 303.
- Vingeanne, Dämme von Villegusien an der 303.
- Vogesen, Alfeldweiher; Betriebsergebnisse 565.
- , Stauweiher, Zweck 7.
- , Stauweiher; wirtschaftlicher Gewinn 650.
- Volmetalsperrengenosenschaft 654.
- Vorarbeiten, Allgemeines 44.
- zu Hochwasserschutzbecken 145.
- , Kosten 623.
- Vorbecken 98.
- , Solinger, Bewegung des Betonkerns im Staudamm 552.
- Vorbereitung, Form und Inhalt der Entwürfe 181.
- , finanzielle, von großen Unternehmungen 605.
- Vorläufige Bestimmung der Abflußmenge 75.
- Ermittlung des Mauerinhaltes der Staumauern 610.
- Vorprüfung, geologische 157.
- Vorrat an Steinen beim Bau 462.
- Vorschriften, allgemeine, für Stauanlagen 680.
- , allgemeine, für Wassergenossenschaften 682.
- für die Bauausführung von Talsperren 185.
- Vorteil aus den Talsperren für die Schifffahrt 598.
- Voruntersuchungen des Wassers 81.
- , wasserwirtschaftliche 44.
- Wachusett-Talsperre 388.
- Wahl eines Talbeckens 85.
- eines Talbeckens, Hauptforderungen 86.
- des geeignetesten Mörtels 477.
- des Querschnittes 260.
- des Tales für Hochwasserschutzbecken 90.
- Waldecker-Talsperre, Zweck, 22, 42.
- Talsperre, Hochwasserentlastung 385.
- Waldeinfluß auf den Abflußvorgang 2.
- Wärmemessungen 549.
- Wärtergebäude 423.
- Wasser, Beschaffenheit für die Mörtelbereitung 481, 538.
- , Härtegrade 78.
- der Talsperren, chemische Beschaffenheit 78.
- der Talsperren, Eigenschaften 78.
- , fließendes, Wasserverluste 108.
- , Reinigung; Solingen 426.
- , Voruntersuchungen 81.
- aus dem Staubecken der Stadt Solingen, chemische Untersuchung 561.
- Wasserabfluß, selbstzeichnende Meßvorrichtung 55.
- , Verlusthöhe 74.
- Wasserabflußmengen und Niederschlagshöhen, Messungsergebnisse 62, 63.
- Wasserabführung während der Bauzeit, Leistungsfähigkeit der Umläufe in Stollen 447.
- Wasserabgabe, gleichmäßige; Betriebspläne 109.
- , massives Meßwehr zur Messung mit Schreibpegel 558.
- Wasseraufnahme der Steine 456.
- der Ziegelsteine 454.
- Wasseraufspeicherung für die Landwirtschaft 598.
- Wasserbedarf für Kanalspeisung 85.
- für die landwirtschaftliche Bewässerung 82.
- — Trinkwasserversorgungen 83.
- — die Zwecke der Talsperren, Allgemeines 81.
- Wasserdruck, Ermittlung 240.
- Wassereinwirkung auf den Kalk 161.
- Wasserentnahme, Ausziehröhr 316.
- , Einrichtungen 349.
- bei der Talsperre der Stadt Nordhausen 356.
- Wasserentziehung 660.
- , Entschädigung für; Talsperre der Stadt Remscheid im Eschbachtale 632.
- Wasserförderung aus der Ruhr 652.
- Wassergehalt des Mörtels 475.
- Wassergenossenschaften 661, 662.
- , Allgemeine Vorschriften 682.
- , Gesetz, die Bildung betreffend 665.
- Wassergeschwindigkeit 57.
- Wassergesetz, Allgemeine Vorschriften für Stauanlagen 680.
- , Auszug aus dem neuen preussischen 679.
- , neues, in Preußen 661.
- , Talsperren 681.
- , Verleihung 679.
- Wasserpolizeibehörden 685.
- , Zwangsrechte 684.

- Wasserhaltung in der Baugrube 451.
- Wasserhaushalt der Sammelbecken 102.
- Wasserkraftanlagen, Dampfaus-
hilfe 120.
- Wasserkraftverwertung beim Bau 444.
- Wasserkräfte, Eigentum 664.
- , Verstaatlichung 602.
- , Wert 598.
- Wasserkraftwerke, zentrale, Be-
triebspläne 133.
- Wasser- und Erdlast auf der ge-
böschten Mauerfläche 234.
- Wasserlasten- u. Wassermomente,
Ermittlung 246.
- Wasserläufe, Begriff und Arten 679.
- Wasserläufe, Eigentum 662.
- Wassermangel und Aufschlag-
wassermenge 117.
- Wassermengen, Allgemeines 51.
- Wassermenge, schädliche 145.
- Wassermengennmessungen mittels
Flügelapparat 57.
- Wassermessungen mittels Wehr,
Bauart 54.
- Wassermomente- und Wasser-
lasten, Ermittlung 246.
- Wasserpolizeibehörde 663.
- Wasserpolizeibehörden (Wasser-
gesetz) 685.
- Wasserpolster 381.
- Wasserrechtliche Gesetzgebung 659.
- Wasserreinigung mittels Filter 427.
- Wasserseite, Gerüst für den Bau 495.
- , Verputz an der 201.
- , Verzahnung an der, Aus-
führung 201, 534.
- Wasserspiegel-Schwankungen im
Solinger Staubecken 561.
- Wasserstraßen, Märkische, Nie-
derschlags- und Abflußverhält-
nisse in deren Gebiet 68.
- Wasser-Umleitung von der Bau-
stelle während der Bauzeit 446.
- beim Bau der Möhnetalsperre 449.
- Wasserverluste im fließenden
Wasser 108.
- Wasserversorgung einer Tal-
sperrenbaustelle 439.
- von Neu York 17.
- Wasserwerk von Jersey-Stadt 434.
- Wasser- und Elektrizitätswerk d.
Stadt Solingen, Beschreibung 38.
- und Elektrizitätswerk Solin-
gen, Betriebsplan 153.
- und Elektrizitätswerk d. Stadt
Solingen; Betriebsergebnisse 559.
- und Elektrizitätswerk d. Stadt
Solingen, Angebotspreise vom
Bau 615.
- und Elektrizitätswerk d. Stadt
Solingen, Einrichtung der Bau-
stelle 436.
- und Elektrizitätswerk d. Stadt
Solingen. Wirtschaftliche Be-
triebsergebnisse 647.
- Wasserwirtschaftspläne. Allge-
meines 101.
- , Aufstellung 109.
- Wasserwirtschaftlicher Betrieb,
Allgemeines 554.
- Betrieb, Handhabung 556.
- Wasserwirtschaftliche Betriebser-
gebnisse des Hochwasser-
schutzes 570.
- Wasserwirtschaftlicher Betriebs-
plan 554.
- Wasserwirtschaftsplan der Sam-
melbecken im Bever- und Lin-
gesetal 122.
- der Talsperre im Eckertale 140.
- für das Etzelkraftwerk 142.
- für das Hochwasserschutz-
becken am Queis bei Markklissa
in Schlesien 149.
- für die Möhnetalsperre 128.
- Wasserwirtschaftsplan der Sam-
melbecken zur Aufhöhung des
Grundwassers in der Ruhr 125.
- Wasserwirtschaftliche Ergebnisse
der Talsperre der Stadt Nord-
hausen a. H. 563.
- Voruntersuchungen 44.
- Wasserwirtschaftliche Ergebnisse
der Solinger Talsperrenanlage 560.
- Ergebnisse der Wuppertal-
sperren 564.
- Wechselnder Sandzusatz bei Traß-
kalkmörtel 474.
- Wehr zur Wassermessung, Bau-
art 54.
- Wehre, Abflußbeiwert 56.
- Wehrüberfälle 381.
- Wehrüberlauf 56.
- Weißkalk 478.
- Wellenschlag, Größe des Stoßes 233.
- Wert der Wasserkräfte 598.
- Wesergebiet, oberes, Staubecken 42.
- Westfalen und Rheinland, Tal-
sperren 12.
- Wetterbeständigkeit der Steine,
Prüfung 454.
- Widerstandshöhe in Rohrleitun-
gen 417.
- Wiederherstellung von zerstörten
Staumauern 593.
- Wiese (südl. Schwarzwald), Ab-
flußmessungen in deren
Flußgebiet 69.
- Wilder Traß 478.
- Winterabdeckung der Mauer 513.
- Wirkung, gleichzeitige, der Stütz-
mauer und des Bogens 277.
- Wirtschaftliche Bedeutung des
Hochwasserschutzes durch Tal-
sperren 599.
- — der Talsperren 595.
- allgemeine Betrachtungen.
Literatur 657.
- Betriebsergebnisse 646.
- Betriebsergebnisse des Wasser-
und Elektrizitätswerkes der
Stadt Solingen 647.
- Betriebsergebnisse der Wup-
pergenossenschaft 651.
- — der Trinkwasserversor-
gung 596.
- Wirtschaftliches Ergebnis der
Assuan-Sperre 651.
- Wirtschaftliche Ergebnisse des
Elektrizitätswerkes der Stadt
Nordhausen a. Harz 650.
- Ergebnisse der Wupper- und
Ruhtalsperren genossenschaft-
ten 653.
- Form der Unternehmung 600.
- Wirtschaftlicher Gewinn der
Stauweiher in den Vogesen 650.

- Wirtschaftlich günstigste Größe des Stauraumes 97.
- Wirtschaftliche Grundlagen 595.
- Lage des Ruhrtalsperrenverein 651.
- Wirtschaftlicher Nutzen der Hochwasserschutzsperrren 655.
- Nutzen der Talsperre der Stadt Remscheid im Eschbachtal 647.
- Wirtschaftlichkeit des Hochwasserschutzes 642.
- der Talsperren für gemeinsame Zwecke 645.
- Wirtschaftsbeschränkungen im Niederschlaggebiet der Nordhauser Talsperre 432.
- Wirtschaftspolitische Momente 600.
- Wohlfahrtseinrichtungen auf der Baustelle 446.
- Wuppergebiet, Talsperrenanlagen 13.
- , Talsperren; Hochwasserschutz 571.
- Wuppertalsperren-Genossenschaft, Allgemeines 26.
- Wupper- und Ruhrtalsperrenengenossenschaften; wirtschaftliche Ergebnisse, Zusammenfassung 653.
- Wuppertalsperrenengenossenschaft; Beiträge der Genossen 640, 641.
- Wupperengenossenschaft, wirtschaftliche Betriebsergebnisse 651.
- Wuppertalsperren, wasserwirtschaftliche Ergebnisse 564.
- Wupper- und Ruhrgebiet, Genossenschaftsbeiträge für eine Pferdekraftstunde 653.
- Wuppertalsperren, Genossenschaftslasten, Verteilung der Lasten 669.
- Wuppertalsperren - Genossenschaft, Statut 667.
- , Nachtrag zu dem Statut 673.
- Zement 186, 538.
- Zementkalkmörtel 196, 473.
- Zementmörtel 476.
- Zementtraßmörtel 196, 476.
- Zement-Traßmörtel; Kosten 619.
- , Kosten des Mauerwerks 620.
- Zementtraßverputz 534.
- Zentrale Kraftausnutzung 603.
- Kraftgewinnung 26.
- Kraftgewinnung; Unternehmensform bei den Talsperren 602.
- Zentrales Kraftwerk; Ertragsberechnungen 637.
- Zentrale Wasserkraftwerke, Betriebspläne 133.
- Zentralisierter Maschinenbetrieb beim Bau 443.
- Zerlegung eines großen Stauraumes 90.
- Zerstörte Staumauern; Wiederherstellung 593.
- Zerstörung der Austin-Talsperre in Pennsylvanien 590.
- der Talsperre von Bouzey 588.
- der Habratalsperre in Algier 589.
- von Erddämmen 593.
- von Talsperren 587.
- der Talsperren; Literatur 595.
- Ziegelmauerwerk in Talsperren 197.
- Ziegelsteine, Beschaffenheit 186, 453, 538.
- , Wasseraufnahme 454.
- Zielvorrichtung zur Beobachtung der Durchbiegungen der Mauerkrone der Talsperren 550.
- Zubereitung des Betons 187, 536.
- des Mörtels 186.
- Zuchtstätten für Fische 43.
- Zuflußmengen der Remscheider Talsperre 68.
- Zufuhr der Steine 441.
- Zufuhrbahnen, Allgemeines 436.
- Zufuhrwege und Transportbahnen (Ausführungsbedingungen) 539.
- Zugbeanspruchungen 256.
- Zugfestigkeit des Traßkalkmörtels 473.
- Zugschieber 365.
- Zugschütze, Berechnung 365.
- Zugspannungen am Mauerfuß 291.
- Zulässige Beanspruchungen des Mauerwerks 255.
- Inanspruchnahme der Baustoffe 288.
- Scherbeanspruchung 258.
- Zuleitungsstollen 354.
- Zündschnurzündung oder Zündung auf elektrischem Wege 461.
- Zuschußwasser, Betriebspläne zur Abgabe 114.
- , Nutzen davon 638.
- Zwangsrechte, Wassergesetz 684.
- Zwecke der Talsperren 1.
- Zwecke der Talsperren, Literatur 24.
- , gemeinsame, bei Talsperren 34.
- , gemeinsame; Wirtschaftlichkeit der Talsperren 645.
- Zwecke der Waldecker Talsperre 22.
- Zweckmäßigster Mörtel für Talsperren 467.



Th. Koehn

Ausbau von Wasserkräften

Handbuch der Ingenieurwissenschaften. III. Teil:

Der Wasserbau.

Herausgegeben von J. F. Bubendey, G. Franzius, A. Frühling,
Th. Koehn, Fr. Kreuter, Th. Rehbock, Ed. Sonne und de Thierry.

13. Band. Zwei Bände.

Lex.-8^o. **Textband:** XXIII u. 1232 Seiten. Mit 467 Abbildungen.

Atlas: 84 zum Teil lithographische Tafeln. Preis geh. *M* 58.—;
in Halbfranz geb. *M* 66.—.

Was aber bisher fehlte, war eine zusammenfassende Beschreibung des Stoffes, insbesondere ein Werk, das neben den rein technischen auch die wirtschaftlichen Einzelheiten der von Tag zu Tag an Bedeutung gewinnenden Aufgabe des Ausbaues der Wasserkräfte einer Erörterung unterzog. Der Verfasser hat diese Lücke in vortrefflicher Weise ausgefüllt. Das Buch wird von niemand, der sich heute mit dem Ausbau von Wasserkräften, sei es als ausführender Ingenieur oder in wirtschaftlicher Beziehung, zu befassen hat, entbehrt werden können.

Wochenschrift des Architekten-Vereins zu Berlin.

Th. Rehbock

Entwurf eines Wasserkraftwerkes im Gebiet der Murg oberhalb Forbach

Zweite, erweiterte Auflage

9 Bogen Text. Quart. Mit 30 Tafeln. *M* 9.60.

In dem vor kurzem erschienenen Werke bespricht der Verfasser der vom badischen Staate erworbenen, dicht vor der Verwirklichung stehenden Entwürfe für die Ausnutzung der Wasserkräfte der Murg, Oberbaurat Rehbock, in eingehender und klarer Weise seinen Entwurf und bringt ihn auf 22 Tafeln auch in den Einzelheiten zur Darstellung. Dieses groß angelegte Projekt sieht den Ausbau eines Werkes mit einer gleichzeitigen **Höchstleistung von 88 000 P.S.** vor, womit dieses Werk alle seither in Europa erbauten Kraftwerke ganz bedeutend an Leistungsfähigkeit übertreffen wird. Die gewonnene Kraft soll dem stark schwankenden Verbrauch des Eisenbahnbetriebes und von städtischen Lichtzentralen angepaßt werden. Das Werk ist ein Stollenwerk von bedeutendem Fassungsraum und ein großes Hochdruckpumpwerk in den Ecken. Die Publikation über ein ähnliches Projekt ist die erste in dieser Gattung. Sie ist eine wertvolle Ergänzung zu dem in diesem Werke ausgesprochenen Entwurf eines Wasserkraftwerkes. Die neu in der Technik interessanten Einzelheiten sind durch die Abbildungen sehr anschaulich für den mit dem Entwurf beauftragten Ingenieur dargestellt.



Die zugleich eine Ergänzung des „Handbuchs der Ingenieurwissenschaften“ bildenden

Fortschritte der Ingenieurwissenschaften

erscheinen in folgender Einteilung:

Erste Gruppe: **Allgemeine Baukunde des Ingenieurs.**

Baumaterialien.	Einfache Konstruktionen.	Bauführung.	
Vorarbeiten	{	Voruntersuchungen über den Verkehr.	Sprengtechnik.
		Geodätische Vorarbeiten.	Grundbau.
		Veranschlagung.	Baumaschinen.

Zweite Gruppe:

Dritte Gruppe:

Fachwissenschaften des Bauingenieurs
(ausschließlich Eisenbahnbau).

Bau und Unterhaltung der Eisenbahnen.

Straßenbau.	Tunnelbau.
Erdbau.	Brückenbau.
Futtermauern.	Wasserbau.

Haupt- und Nebenbahnen.	
Schmalspurbahnen.	Straßenbahnen.
Steilbahnen.	Arbeitsbahnen.
Grundzüge des Eisenbahnmaschinenwesens.	

Erschienen sind:

Aus der 1. Gruppe:

1. Heft. Druckluft-Gründungen von C. Zschokke. *M* 3,60. (Vergriffen!)
2. „ Der Grundbau unter Ausschluß der Druckluftgründungen. Als Ergänzung des ersten Bandes des Handbuchs der Ing.-W., Kap. VII, bearb. v. Gust. Meyer. *M* 2.—
3. „ Über die Verwendung des Holzes zu Pflasterzwecken von H. Vespermann. Mit 27 Textabbildungen. *M* 8.—; in Leinen geb. *M* 9.—.

Aus der 2. Gruppe:

1. Heft. Fortschritte im Meliorationswesen von A. Heß. *M* 4.—.
2. „ Seekanäle. Strommündungen. Seehäfen. Als Ergänzung des dritten Bandes des Handbuchs der Ing.-W., 3. Abteilung, bearbeitet von L. Franzius, G. Franzius und Rud. Rudloff. *M* 6.—.
3. „ Die eisernen Stemmtoore der Schiffsschleusen v. Th. Landsberg. *M* 5.—.
4. „ Straßenbau. Als Ergänzung des ersten Bandes des Handbuchs der Ing.-W., Kapitel VI, bearbeitet von Leo von Willmann. *M* 4.—.
5. „ Bewegliche Brücken von Wilhelm Dietz. *M* 5.—.
6. „ Die Regulierung geschiebeführender Wasserläufe besonders des Oberrheines durch eiserne Leitwerke, Grundschwellen und Bühnen bearb. von Albert Doell. *M* 3.—.
7. „ Gewölbte Brücken von Karl von Leibbrand. *M* 5.—. (Vergriffen!)
8. „ Die Assanierung von Paris herausgegeben von Th. Weyl. (Die Assanierung der Städte in Einzeldarstellungen. I. Band, 1. Heft.) *M* 6.—. (Vergriffen!)
9. „ Die Assanierung von Wien herausgegeben von Th. Weyl. (Die Assanierung der Städte in Einzeldarstellungen. I. Band, 2. Heft.) *M* 13.—.
10. „ Die Assanierung von Zürich herausgegeben von Th. Weyl. (Die Assanierung der Städte in Einzeldarstellungen. I. Band, 3. Heft.) *M* 10.—.
11. „ Die Assanierung von Cöln herausgegeben von Th. Weyl. (Die Assanierung der Städte in Einzeldarstellungen. I. Band, 4. Heft.) *M* 20.—.
12. „ Formeln und Versuche über die Tragfähigkeit eingerammter Pfähle von Philipp Krapf. *M* 2.—.
13. „ Das Material und die statische Berechnung der Eisenbetonbauten. Unter besonderer Berücksichtigung der Anwendung im Bauingenieurwesen von Max Foerster. Geh. *M* 6.—, in Leinen geb. *M* 7.—.
14. „ Die Assanierung von Köbenhavn herausgegeben von Th. Weyl. (Die Assanierung der Städte in Einzeldarstellungen. II. Band, 1. Heft.) *M* 15.—.
15. „ Balkenbrücken in Eisenbeton v. Max Foerster. Geh. *M* 7.—, in Leinen geb. *M* 8.—.
16. „ Grundzüge der mechanischen Abwässerklärung v. Rudolf Schmeitzner. *M* 2,40.
17. „ Die Assanierung von Düsseldorf herausgegeben von Th. Weyl. (Die Assanierung der Städte in Einzeldarstellungen. II. Band, 2. Heft.) *M* 14.—.
18. „ Beitrag zur Geschichte u. Theorie der Schwebefährbrücken v. Artur Speck. *M* 1,60.
19. „ Eigengewicht, günstige Grundmaße und geschichtliche Entwicklung des Ausgegeträgers von Kurt Beyer. *M* 6.—.
20. „ Über den Querschnitt der Staumauern von Dr.-Ing. F. Platzmann. *M* 2,40.
21. „ Der Gehängebau von Dr.-Ing. Franz Leiner. Mit 28 Abbildungen. *M* 2,40.
22. „ Rechnerische Bestimmung und Auswertung der Elastizitätsellipse in ihrer Anwendung auf die Bogenträger von Dr. techn. Fritz Postuvanschtz. Mit 72 Textfiguren und 3 Tafeln. *M* 5.—.
23. „ Über mehrfache elastische Gewölbe von Wilhelm Schachenmeier. Mit 43 Abb. im Text. *M* 3.—.
24. „ Die Behandlung und Verwertung von Klärschlamm von Dr.-Ing. Alexander Elsner. Mit 30 Abbildungen im Text. *M* 3,60.
25. „ Die Bodenuntersuchung für Bauzwecke, insbesondere bei Gebirgsbahnen von Max Singer. Mit 37 Abbildungen im Text. *M* 3.—.
26. „ Über einige Gebirgsdruckerscheinungen in ihren Beziehungen zum Tunnelbau von Dr.-Ing. Erich von Willmann. Mit 20 Abbildungen im Text. *M* 1.—.

Aus der 3. Gruppe:

1. Heft. Schutz der Eisenbahnen gegen Schneeverwehungen und Lawinen von E. Schubert. 1903. *M* 5.—.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-306285

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298715