



1,00

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305742



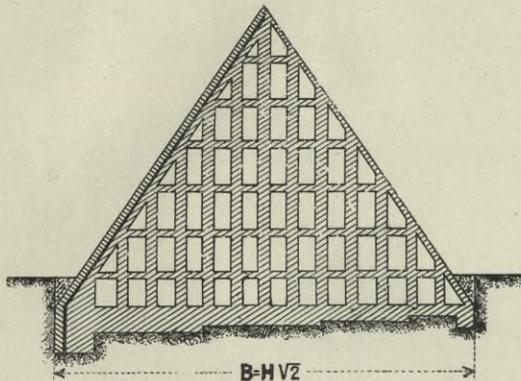
x  
1.034



# Der standsichere Mauerdamm.

(Sparmauerdamm, österr. Patent Nr. 44121.)

Ein Beitrag zur Lösung der Talsperrenfrage.



Herausgegeben von den Ingenieuren  
der Wasserkraftabteilung der Bauunternehmung  
**Brüder Redlich & Berger in Wien.**

Mit 1 Tafel und 21 Abbildungen.

*F. Nr. 29 893*

Wien und Leipzig.  
Franz Deuticke.  
1912.



*544*  
*66*

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

III 33098

K. u. K. Hofbuchdruckerei Karl Prochaska in Teschen.

Akc. Nr. 2167/49

Unserem verehrten Chef

Herrn k. k. Oberbaurat Carl Redlich

mit dem ergebensten Danke  
für die Förderung und Unterstützung dieser Arbeit

gewidmet

von den Ingenieuren der Wasserkraftabteilung  
der Bauunternehmung  
Brüder Redlich & Berger in Wien.



## Vorwort.

Der in den letzten Jahren so mächtige Aufschwung des Talsperrenbaues zeitigte manch neue Erkenntnis über die Gestalt und die statischen Verhältnisse hiefür verwendeter Abschlußkonstruktionen. Die Zeit war reif für die Schaffung neuer Formen. Bei dem Bestreben, solche zu finden, durfte man nichts unversucht lassen; auch naheliegende Gedanken mußten ausgewertet werden und selbst eine anfänglich paradox erscheinende Idee gleichwohl Berücksichtigung erfahren.

So gelangten die Ingenieure der Wasserkraftabteilung der Bauunternehmung Brüder Redlich & Berger in Wien bei den vielfachen Untersuchungen anlässlich der Projektierung von Talsperren zu der Form des »Sparmauerdammes« (österreichisches Patent Nr. 44121).

Die mannigfachen Vorzüge desselben an Hand einer Reihe von Abbildungen zu schildern, Anregungen für die Verwendung und Ausgestaltung derartiger Profilstypen zu geben und dadurch die konstruktiven Gedanken der prüfenden Beurteilung zugänglich zu machen, ist Zweck dieser Broschüre.

Sie legen wir nun unseren geehrten Fachgenossen zur geneigten Durchsicht in die Hände, hoffend, daß uns aus deren Kreise manche wertvolle Kritik und befruchtende Anregung zuteil werden wird.

Wenn dann in einem späteren Zeitpunkte auch der theoretische Teil unserer Arbeit, welcher die statischen Verhältnisse von Talabschlüssen auf Grund einer neuen Untersuchungsmethode zu erforschen sucht und heute schon günstige Ergebnisse erhoffen läßt, zum Abschlusse gelangt, werden wir von den uns zugekommenen Kritiken und Anregungen in einer größeren Publikation dankbarst Gebrauch machen und sie darin zum Abdrucke bringen.

Wien, im Dezember 1911.

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort . . . . .	V
Verzeichnis der Abbildungen . . . . .	VIII
Einleitung . . . . .	1
Die derzeit zur Anwendung kommenden Staumauerquerschnittsformen vom Prinzip der kleinsten Querschnittsfläche . . . . .	6
Abschrift des österr. Patentes Nr. 44121 (Sparmauerdamm) . . . . .	13
Das natürliche Talsperrenmauerprofil: der standsichere Mauerdamm bezw. der Sparmauerdamm . . . . .	17
Die verschiedenen Anwendungsweisen des Mauerdammes bezw. Sparmauer- dammes . . . . .	22
<i>a</i> ) der volle Mauerdamm. . . . .	23
<i>b</i> ) der Sparmauerdamm (Sparzellen- oder Sparrippendamm) . . . . .	35
Ökonomischer Vergleich des Mauerdammes bezw. des Sparmauerdammes mit einer Talsperrenmauer der gebräuchlichen Profilsform . . . . .	43
Schlußbetrachtungen. . . . .	50
—————	
Literatur-Verzeichnis . . . . .	55
—————	

## Verzeichnis der Abbildungen.

	Seite
Fig. 1-4: Übersichtliche Zusammenstellung verschiedener Profilstypen zum Vergleiche mit dem Mauerdammprofil . . . . .	10
Fig. 5-7: Abbildungen aus der Patentschrift Nr. 44121 . . . . .	14, 15
Fig. 8: Mauerdamm für 50 m Wasserdruck mit Kern aus minderem Bruchsteinmauerwerk und dichtem Außenmauerwerk . . . . .	25
Fig. 9: Mauerdamm für 50 m Wasserdruck mit Kern aus Magerbeton- Mauerwerk und dichtem Außen-Betonmauerwerk . . . . .	27
Fig. 10: Mauerdamm für 50 m Wasserdruck mit Kern aus eingespültem Materiale mit Trockenmauerwerk-Abdeckung und dichtem Außen-Betonmauerwerk . . . . .	29
Fig. 11: Mauerdamm für 50 m Wasserdruck mit dichtem Außen-Mauer- werk, versteifenden Querrippen und eingespültem Kerne . . . . .	30
Fig. 12: Mauerdamm für 50 m Wasserdruck mit dichtem Außen-Mauer- werk, versteifenden Längs- und Querrippen und eingespültem Kernmateriale . . . . .	31
Fig. 13: Mauerdamm für 30 m Wasserdruck mit dichtem Außen-Beton- mauerwerk, tragenden Querrippen und versteifenden Längs- rippen, Füllung in Hohlsteinen . . . . .	33
Fig. 14: Mauerdamm für 30 m Wasserdruck mit dichtem Außen-Beton- mauerwerk, tragenden Querrippen, tragenden und versteifenden Längsrippen, Füllung in Hohlsteinen . . . . .	34
Fig. 15: Sparmauerdamm für 50 m Wasserdruck mit Zellaussparungen	38
Fig. 16: Sparmauerdamm für 50 m Wasserdruck mit Stollenaussparungen	39
Fig. 17: Sparmauer-Rippendamm für 50 m Wasserdruck in Eisenbeton- Konstruktion . . . . .	40
Fig. 18: Ansicht und Schnitte eines für den Talsperrenbau in X. in Vor- schlag gebrachten Mauerdammes bzw. Sparmauerdammes . . . . .	45
Fig. 19-21: Schematische Darstellung der Bodenpressungen beim Mauerdamm unter dem Einflusse des Eigengewichtes . . . . .	51
Tafel: Vergleichende graphostatische Untersuchung verschiedener für eine im Bau befindliche Talsperre in Vorschlag gebrachter Mauer- profilstypen . . . . .	46/47

## Einleitung.

Die Frage des Talsperrenbaues ist heute mehr denn je in den Vordergrund gerückt. Denn sie geht Hand in Hand mit den Bestrebungen, durch großzügige wirtschaftliche Einrichtungen und Vorkehrungen den Volkswohlstand zu heben, durch Nutzbarmachung der in der Natur schlummernden Energien die Erzeugung verschiedener Produkte zu vereinfachen und zu verbilligen, die Herstellung neuer Produkte zu ermöglichen und so dem Volke neue Erwerbs- und Einnahmsquellen zu schaffen.

Dieses Bestreben zeitigt gerade in unserer Zeit, dem »Zeitalter der Umwandlung von Energien«, den Drang und das Bestreben nach einer möglichst intensiven und rationellen Ausnützung aller bestehenden wirtschaftlichen Einrichtungen und dieses Bestreben geht so weit, daß selbst Vorkehrungen, welche bloß zum Schutze des bestehenden Volkswohlstandes geschaffen sind, wieder zu einer Quelle für neue Erwerbsmöglichkeiten der Bevölkerung werden.

Ihr ursprünglicher Zweck weicht einer neuen Bestimmung, die, wenn auch erst später hinzugekommen, die ursprüngliche Bedeutung weit überholt, so daß man die erste Widmung gar bald ganz aus dem Auge verliert.

Und ein weiteres, sehr wichtiges Moment tritt da in den Kreis unserer Wahrnehmung: alle Einrichtungen, die zum Schutze und zur Hebung der Landwirtschaft getroffen werden, führen immer wieder zur Industrie.

Ob damit nicht die Natur selbst die Wege vorzeichnet, in welcher Weise eine Hebung des Volkswohlstandes möglich ist?

Ob nicht der durch Jahrhunderte lange Landwirtschaft erschöpfte Boden einer Ruhepause bedarf, die durch industrielle Arbeit ausgefüllt werden kann, zu welcher die Natur selbst gern und willig die Handhabe bietet?

Insbesondere auf dem Gebiete des Wasserbaues tritt uns diese Erscheinung oft vor Augen: Einrichtungen, welche dem Schutze bestehender Kulturen dienen, werden bald ein wichtiger neuer Erwerbsfaktor.

Betrachten wir z. B. die Flußregulierungsarbeiten. Die gebieterische Forderung, bestehende Kulturstätten vor den schweren Schädigungen der Hochwasserkatastrophen zu schützen und zu bewahren, führte zu ausgedehnten Flußregulierungen und Schutzbauten.

Die in ein enges, zwischen sicheren Leitdämmen genau begrenztes Bett gezwängten Wasserläufe wurden zu einem Kommunikationsmittel, einer Wasserstraße, auf der sich neue Bahnen des Verkehrs ansiedelten.

Geeignete Stauwerke ermöglichten eine geregelte Wasserabgabe an die umliegenden Ackerländer: die Stauwerke wurden zu Wehren, welche der Erzeugung elektrischer Energie durch Niederdruckanlagen dienten.

Und man ging noch weiter ins Gebirge hinauf, um einen ausgiebigen Hochwasserschutz zu erzielen: man baute Sperren ein, hinter welchen sich die Hochfluten stauten, um später dann nach vollzogener Beruhigung langsam und ungefährlich ins Tal ablassen zu werden.

Diese Reservoirs aber in Verbindung mit dem hohen Gefälle, das zwischen ihnen und dem zu schützenden Talboden lag, boten die Möglichkeit zur Anlage idealer Großwasserkraftanlagen, zur Anlage von Hochdruckwerken, welche durch die Vorlagerung der großen Speicher einen hohen Grad der Wirtschaftlichkeit erhielten, insbesondere zu Niederwasserzeiten.

Wieder also führte der Schutz der Landwirtschaft zur Schaffung neuer Industrierwerte.

So wären wir bei der Anlage von großen Speicherräumen angelangt.

Da ergibt sich eine merkwürdige Erscheinung. Die Frage der technischen Ausgestaltung dieser Speicherräume, der hiefür günstigen Örtlichkeiten, der technischen Vorkehrungen für eine sichere und rationelle Ausnützung derselben ist als gelöst zu betrachten und desgleichen ist heute wohl jedermann von deren Wirtschaftlichkeit überzeugt.

Noch nicht erschöpfend gelöst dagegen ist die Frage über die Ausführungsart des wichtigsten Konstruktionsteiles für die Anlage derartiger großer Speicherräume, der Sperrmauer selbst.

Sind auch schon hunderte der verschiedensten Abschlußkonstruktionen bisher ausgeführt worden und haben sich die meisten derselben in ihrem Bestande relativ gut bewährt: die Frage über die richtige Wahl des Profiles und über die Art der Ausführung ist deshalb noch lange nicht vollkommen geklärt.

Denn allen diesen Konstruktionen haftet der Mangel an, daß der Konstrukteur immer in Ungewißheit bleibt, ob das von ihm gewählte Profil den beiden Hauptforderungen der modernen Technik — der Standsicherheit und der Ökonomie der Herstellung — in gleicher Weise und in denkbar bester Lösung gleich gut gerecht wird. Und deshalb ist es leicht erklärlich, daß man sich bei einer gewissenhaften Projektierung scheuen wird, in der Dimensionierung der Höhe eines derartigen Bauwerkes ein gewisses Maß zu überschreiten.

Ist bis zu diesem schon die Spannungsverteilung im Profil und die Art der statischen Wirkungsweise dieses Profiles heute noch eine ziemlich unklare, so ist über dieses Maß hinaus die statische Wirkungsweise eine ganz unsichere und die Dimensionierung mehr der Geschicklichkeit des Erbauers überlassen.

Und da fragt es sich: darf bei einem Bauwerke von solcher Wichtigkeit wie eine Talsperre auch nur ein einziges Moment vorhanden sein, das für den Bestand derselben gefährlich werden könnte, und darf trotz aller Vorsicht in der Berechnung und der allergrößten Sorgfalt in der Bauausführung ein so wichtiges Bau-

werk stets ein Sorgenkind seines Erbauers, ein nicht absolut zuverlässiger Bestandteil in einem geordneten Wirtschaftsbetriebe sein?

Zahlreiche Projektierungsarbeiten und Studien auf dem Gebiete des Talsperrenbaues, welche sich insbesondere in der Richtung bewegten, höhere und möglichst standsichere Sperrmauern bei größtmöglicher Materialökonomie herzustellen, haben weiters zu der Erkenntnis geführt, daß die bis jetzt allgemein üblichen Querschnittsformen der Sperrmauern den gestellten Anforderungen, besonders bei zunehmender Höhe, nicht in wünschenswertem Maße genügten; das allgemeine Bestreben geht daher darauf aus, neue Formen zu finden, deren Eigenschaften besonders hinsichtlich Standsicherheit und Ökonomie den Ansprüchen der modernen Technik gerecht werden.

Die möglichen Sperrmauerformen bewegen sich innerhalb zweier Grenzformen: der einer Mauer mit senkrechten oder nahezu senkrechten Begrenzungsflächen einerseits, andererseits der reinen Dammform, die beidseitig mehr oder weniger stark geneigte Böschungen aufweist.

In der ersten Form ist gewissermaßen das Prinzip der Materialersparnis, in der letzteren dasjenige der Standsicherheit verkörpert.

Es galt nun, innerhalb dieser Reihe von möglichen Formen diejenige zu finden, welche den Vorteil der großen Standsicherheit mit demjenigen möglicher Ökonomie der Konstruktion vereinigte.

Das Ergebnis war eine hinsichtlich der Standsicherheit ideale Profilsform, deren statische Vorzüge glänzend sind und welche auch hinsichtlich Materialersparnis schon einen Fortschritt gegenüber den alten gemauerten Querschnittsformen bedeutet; eine weitere Steigerung dieser Ökonomie kann überdies noch dadurch erzielt werden, daß ein anderes Konstruktionsprinzip mit der Form verbunden wird: das Prinzip der aufgelösten Bauweise.

Die neue Form, die sich in ihrem Umriß mehr dem Damm als dem Mauerprofil nähert, sei in den folgenden Ausführungen als »Mauerdamm« bzw. »Sparmauerdamm« bezeichnet.

Unter Beibehaltung der Form ist die konstruktive Ausbildung eine Sache, die von Fall zu Fall entschieden werden muß.

Dieselbe läßt die mannigfaltigsten Variationen zu, vom vollen Profil, dessen Kern in der Bauweise der gespülten Dämme hergestellt werden kann, bis zur aufgelösten Ausführung in Eisenbeton mit schlanken Tragrippen und dichter Abschlußwand gegen die Wasserseite, oder aber es kann bei ein und derselben Mauer das volle Profil mit dem aufgelösten kombiniert werden.

---

## **Die derzeit zur Anwendung kommenden Staumauerformen vom Prinzipie der kleinsten Querschnitts- fläche.**

Das heute gebräuchliche Talsperrenmauerprofil ist nach dem Grundsätze des kleinsten Mauerquerschnittes aufgebaut und zeigt demnach in Bezug auf den Verbrauch an Mauerwerkskubatur die größte Sparsamkeit.

Jeder Talsperrenabschluß verfolgt den Zweck, den horizontalen Wasserdruck vermittels der Abschlußkonstruktion in einer absolut sicher wirkenden Art auf den standsicheren Grund zu übertragen.

Bei den bisher hauptsächlich zur Ausführung gelangten gemauerten Talabschlußkonstruktionen verwendete man Querschnittsformen, die durch ihre Materialfestigkeit, ihr Eigengewicht und ihren Schub- und Biegungswiderstand wirkten.

Nachdem es unzulässig erscheint, einen Mauerquerschnitt auf Zug zu beanspruchen, muß der Mauerquerschnitt der statischen Bedingung, daß die Gesamteresultierende im Kern verbleiben soll, Genüge leisten.

Erfüllt wird diese Bedingung durch die bekannte Querschnittsform der üblichen Staumauern, die gegen die Wasserseite zu in fast lotrechter Böschung und gegen die Talseite strebenförmig ausläuft.

Die oben angedeutete Wirkungsweise, welche sich am einfachsten dadurch kennzeichnen läßt, daß man sagt, die heutigen Staumauern wirken durch ihr Gewicht, hat aber zur Folge, daß die Angriffswirkung der Gesamteresultierenden und damit auch die Spannungen im Material bei Voll- und Leerbelastung der

Sperre innerhalb weiter Grenzen schwanken und das Material ungleichmäßig und daher unwirtschaftlich beanspruchen.

Die Ungleichmäßigkeit und der stete Wechsel der Beanspruchung sind jedoch für das Mauerwerk, das nicht vollkommen elastisch wirkt, von großem Nachteile und werden durch die Ungleichmäßigkeit der Spannungsverteilung Spannungen hervorgerufen, die fast das Doppelte der der betreffenden Querschnittsfläche zukommenden Durchschnittspressung erreichen.

Der Wechsel in den Druckspannungen auf der Wasserseite unterstützt das Eindringen des Wassers, da die elastischen Dehnungen im Mauerwerk eine saugende Wirkung haben.

Überhaupt ist das Eindringen des Wassers bei Mauern, welche durch ihr Gewicht wirken, von höchst nachteiliger Wirkung, weil dadurch die Standsicherheit sehr vermindert wird und dies insbesondere dann, wenn zur Verhinderung der schädlichen Auftriebswirkung durch Entwässerungskanäle eine Entspannung des unter großem Drucke stehenden Wassers nicht erfolgt.

Wegen der größeren Beanspruchungen, die durch eindringendes Wasser auftreten können und wegen der schädlichen Wirkung des etwa eindringenden Wassers bedürfen diese Mauern einer sehr sorgfältigen Herstellung und verlangen die Anwendung äußerst guter und dichter Mörtel und guter Abdeckungen.

Im allgemeinen sind diese Mauern sehr sorgfältig zu fundieren und können nur auf dichten und tragfähigen Felsboden gestellt werden, was meist tiefe und teure Fundamente zur Folge hat.

Nachdem es praktisch schwer durchführbar ist, für die verschiedenen Abschlußhöhen ein und derselben Mauer, also insbesondere für die beiden in der Längenausdehnung meist überwiegenden Talanschlüsse, den Mauerquerschnitt der Beanspruchung genau anzupassen, so ist eine Verschwendung an Mauerwerk zu verzeichnen, da der Kopf der Mauer mit Rücksicht auf den Querschnitt der höheren Profile gegen die Mauerenden zu stärker dimensioniert werden muß, als es seiner statischen Inanspruchnahme entspricht.

Ein weiterer Nachteil des Talsperrenmauerprofiles vom Principe des kleinsten Querschnittes besteht darin, daß es eine

nachträgliche Erhöhung und damit eine Vergrößerung des Aufstauens nicht zuläßt, eine Forderung, der vom Gesichtspunkte eines stufenweisen Ausbaues eine gewisse Berechtigung nicht abgesprochen werden kann.

Bei den in Gebrauch stehenden Mauerprofilen, welche durch ihr Gewicht wirken, ist es eine Voraussetzung für ihre günstige Wirkungsweise, daß ein Stein von möglichst großem Eigengewichte zur Verwendung gelange. Das schwere Baumaterial hat jedoch den Nachteil, daß hiedurch die normalen Materialspannungen vergrößert werden.

Zur Unterstützung der statischen Wirkung und der Expansion bei Temperaturänderungen wird die Talsperrenmauer gewöhnlich bogenförmig ins Tal gelegt, doch dürfte die Wirksamkeit dieser Maßnahme, besonders bei längeren Mauern kaum eine sehr bedeutende sein; auch kann der Einfluß der Temperatur bei sehr großen Mauermassen kein so tief eingreifender sein, daß er eine besondere rechnerische Berücksichtigung oder bautechnische Vorkehrung notwendig machen würde.

Messungen an ausgeführten Talsperren ergaben allerdings eine von der Ausdehnung infolge der Belastung und (teilweise einseitigen) Erwärmung herrührende Durchbiegung bis zu 60 mm, weshalb man versucht sein könnte, eine gewisse, durch die Bogenform erzielte Einspannung zwischen den Mauerenden anzunehmen.

Unseres Wissens sind die aus einer solchen Einspannung resultierenden Spannungsverhältnisse bisher nicht berücksichtigt worden; dieselben dürften auch der rechnerischen Ermittlung schwer zugänglich sein; um so mehr ist es wünschenswert, das Bauwerk möglichst »statisch bestimmt« auszugestalten.

Die bei den üblichen Querschnittsformen luftseitig vorhandenen Hauptspannungen werden im allgemeinen von den für die Normalspannungen berechneten Werten nicht stark abweichen. Wasserseitig jedoch können diese Hauptspannungen (siehe die Abhandlung Dr. Platzmanns) wesentlich andere Werte annehmen, als die für die Normalspannungen ermittelten, und es können selbst dann, wenn die mit bloßer Berücksichtigung der Normalspannungen durchgeführte Rechnung nur Druckspannungen aufweist, gleichwohl

Zugspannungen im Querschnitte auftreten, die für das Mauerwerk von großem Nachteile sind.

Nachgewiesenermaßen treten bei vielen bereits ausgeführten Talsperrenmauern wasserseitig Hauptspannungen auf, welche Zugbeanspruchungen im Mauerwerke zur Folge haben und es treten luftseitig Hauptspannungen auf, welche die der Dimensionierung zu Grunde gelegten zulässigen Normalpressungen weit überschreiten. Die Mauer braucht deshalb noch nicht in ihrem Bestande gefährdet zu sein, doch ist es für den gewissenhaften Ingenieur nichts weniger als beruhigend, wenn sein Bauwerk wesentlich größeren Beanspruchungen ausgesetzt ist, als denjenigen, welche er der Dimensionierung zu Grunde legte. Diese Unsicherheit in der Berechnung und Inanspruchnahme der üblichen Sperrmauerprofile erfordert aber wieder eine um so größere Sorgfalt in der Bauausführung.

Die Unzuverlässigkeit bei der Berechnung der üblichen Sperrmauern wird auch von maßgebenden Fachleuten durchaus anerkannt. Ziegler sagt in der Einleitung zur zweiten Auflage seines »Talsperrenbau«: »Ist aber wirklich der Glaube an die Zuverlässigkeit der Berechnungen begründet? Das elastische, chemische und physikalische Verhalten eines Mauerwerks — oder Betonkörpers — von so unregelmäßiger Form und Zusammensetzung, seine Dichtigkeit unter den wechselnden Belastungs-, Durchfeuchtungs- und Erwärmungszuständen im Laufe der Zeit wird nur innerhalb sehr weiter Grenzen zu bestimmen sein.«

Aus alldem geht hervor, wie ungemein wichtig es ist, der Abschlußmauer eine Form zu geben, die eine klare und übersichtliche Berechnung der Spannungen in allen Querschnitten ermöglicht.

Mit Rücksicht auf die bisher erörterten Umstände und unter Anwendung der als zulässig erachteten und behördlich festgesetzten Fundament- und Materialpressungen läßt sich das gebräuchliche Talsperrenmauerprofil vom Prinzipie des kleinsten Querschnittes nur bis zu Höhen von 50 bis 60 *m* anwenden und findet daselbst seine obere Grenze.

In den Abbildungen 1 und 2 sind zwei Typen der bis jetzt üblichen Mauerprofile zur Darstellung gebracht: das ideale Profil

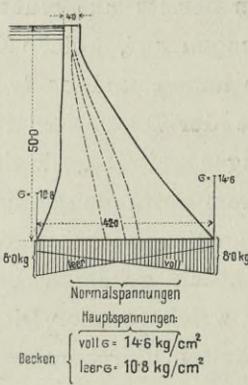


Fig. 1.

Ideales Staumauerprofil  
nach  
Kresnik.

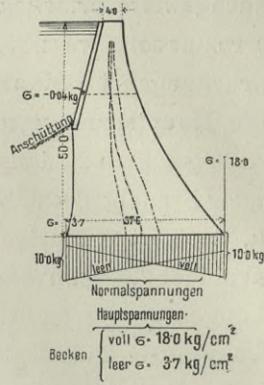


Fig. 2.

Profil der Urftalsperre  
nach  
Intze.

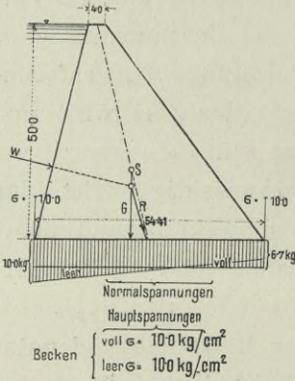


Fig. 3.

Staumauerprofil  
nach  
Platzmann.

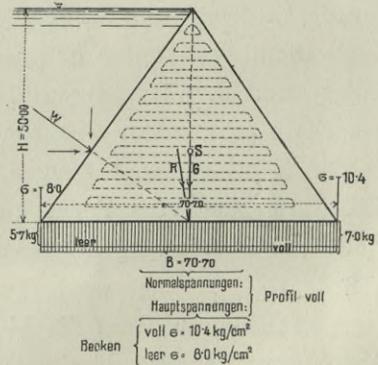


Fig. 4.

Profil der natürlichen  
Talspermauer:  
Standsicherer Mauer-  
dam (Sparmauerdam).

nach Kresnik und das bereits ausgeführte der Urfttalsperre nach Intze.

Bei beiden Formen, die dem Wasserdrucke durch ihr Gewicht standhalten, erscheint das Prinzip des kleinsten Querschnittes und die Bedingung gewahrt, daß die Stützlinien für die beiden Belastungsextreme (volles und leeres Staubecken) im Kerne des Querschnittes bleiben; demnach beruht ihr Hauptvorteil in dem geringen Verbrauch an Mauerwerksmasse.

Wie bereits erwähnt, hat nun Platzmann den Nachweis erbracht, daß es für eine vollkommene theoretische Sicherheit derartiger Mauerformen nicht genüge, wenn die Stützlinien innerhalb des Kernes bleiben, da bei den meisten derselben die Beanspruchungen des Mauerwerkes an der Talseite in den Hauptspannungsrichtungen die gerechneten Mauerwerks-Normalpressungen bedeutend überschreiten, wasserseits sogar Zugspannungen auftreten können, ein sparsam gehaltenes altes Profil demnach relativ überlastet ist.

Platzmann entwickelt nun unter der Bedingung, daß in den Hauptspannungen das zulässige Maß der Beanspruchung von  $10 \text{ kg/cm}^2$  nicht überschritten werden darf und auch keine Zugspannungen auftreten sollen, neue Profile, die für größere Höhen Trapezform erhalten, dadurch auch größere Querschnitte aufweisen, jedoch bei 50 *m* Höhe ihre Grenze finden (Abb. 3).

Aber auch die Platzmannschen Profile wirken noch wie die früheren Profile durch ihr Gewicht dem Wasserdrucke entgegen, wodurch sie zum Teile deren Nachteile zeigen, insbesondere jedoch der Höhe nach begrenzt sind.

Das stetig wachsende Bedürfnis nach höheren gemauerten Talabschlüssen, besonders dort, wo der Erddamm unzulässig erscheint, drängte daher zu einer neuen Profilsform.

Nachdem die Natur und auch menschliche Baukunst mit Dammformen Talabschlüsse von riesigen Höhen aufgeführt haben, erscheint es naheliegend, das Prinzip der Dammform auch auf die in Mauerwerk oder Beton auszuführenden Talabschlüsse anzuwenden.

Die aus diesen Überlegungen hervorgegangene neue Form des Mauerdammes bzw. Sparmauerdammes ist in Abb. 4 der

vorstehenden Zusammenstellung schematisch zur Darstellung gebracht.

Insbesondere erhellen aus diesem Vergleiche die Vorzüge des neuen Profils hinsichtlich der Haupt- und Normalspannungen, ferner der Spannungsverteilung überhaupt. Denn es bleiben diese Spannungen beim Mauerdamm selbst für Höhen über 50 *m* unterhalb einer bestimmten, nicht allzu hohen Grenze, so daß man bei einer als zulässig erachteten Inanspruchnahme des Materials von mehr als 10 *kg/cm*<sup>2</sup> ruhig bis zu Höhen von 100 *m* gehen kann; Zugspannungen sind nach der bisherigen Untersuchungsmethode überhaupt nicht nachweisbar.

Von besonderer Wichtigkeit erscheint jedoch der Umstand, daß die Spannungen über den ganzen Querschnitt gleichmäßig verteilt sind, was eine günstigere Materialausnützung zur Folge hat, ferner daß die Spannungen für die beiden Belastungsextreme (leeres und volles Becken) nur geringen Schwankungen unterliegen.

Um Wiederholungen zu vermeiden, wird im folgenden die Abschrift des Patentes Nr. 44121 eingefügt, worin auch die theoretische Form der Mauerdammprofile erörtert erscheint.

---

## Österreichische Patentschrift Nr. 44121.

Dr. techn. *Rudolf Pokorny* und *Hermann Rupli* in Wien.

### *Sparmauerdamm.\*)*

Die üblichen Querschnitte von Staumauern haben bekanntlich den Nachteil, daß besonders bei größeren Stauhöhen die luftseitigen Kantendruckungen und die zulässigen Bodenpressungen bald den behördlich zulässigen Wert überschreiten und die Berechnung mit Rücksicht auf eventuelle Auftriebswirkungen des Wassers nicht den wünschenswerten Sicherheitsgrad verbürgt, und daß beim Wechsel zwischen vollbelastetem und entleertem Becken die Drucklinie sich meistens innerhalb der beiden äußerst möglichen Grenzfälle bewegt, so daß bleibende Deformationen, selbst Risse im Mauerwerkskörper und Fundament eintreten können, die die Stabilität des Bauwerkes gefährden.

Die vorliegende Konstruktion beseitigt diese Übelstände und gestattet eine übersichtliche Berechnung der einzelnen Konstruktionsteile sowie eine günstige Materialausnützung.

Das Prinzip der Konstruktion besteht darin, für die Querschnittsform der Staumauer eine solche Wahl zu treffen, daß sowohl bei Vollbelastung der Mauer (Stauwasserspiegel in der Höhe der ideellen Mauerkrone) als bei leerem Bassin die Resultierende der Angriffskräfte für jeden Horizontalschnitt durch die Schwerlinie des entsprechenden Horizontalschnittes geht, daß somit, für die genannten beiden extremen Belastungsfälle, der Druck in allen Horizontalschnitten gleichmäßig verteilt ist. Für den vollen Querschnitt z. B. läßt sich dies theoretisch dadurch erreichen,

---

\*) Klasse 84. Ausgegeben am 26. September 1910. — Angemeldet am 6. April 1909. — Beginn der Patentdauer: 1. Mai 1910.

daß man dem Mauerquerschnitt die Form eines gleichschenkeligen Dreiecks gibt, dessen Basis zur Höhe im Verhältnis von  $\sqrt{2}$  zu 1 steht. Es schneidet dann, wenn die Druckhöhe  $h$  gleich der Höhe des Dreiecks ist, die Resultierende des Wasserdruckes bei jeder beliebigen Druckhöhe  $h_x$  die Symmetrieachse des Querschnittes im Abstand  $h_x$  von der ideellen Mauerkrone, d. h. der Gesamtwasserdruck  $W_x$  für die Höhe  $h_x$  verteilt sich gleichmäßig auf den Horizontalschnitt in der Tiefe  $h_x$ . [Siehe Zeichnung Blatt 1, Figur 1\*.]

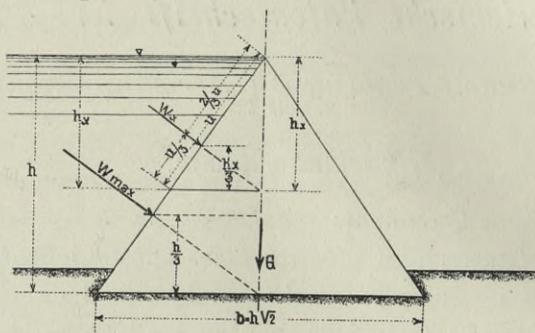


Fig. 5 (Fig. 1 der Patentschrift).  
Theoretische Querschnittsform.

Infolge des symmetrischen Mauerquerschnittes sind auch die Eigengewichtsdrücke gleichmäßig verteilt.

Die Praxis wird unter Umständen gewisse Abweichungen von der erläuterten theoretischen Form bedingen. Die Mauer kann mit vollem Querschnitt oder mit Aussparungen ausgeführt sein. Sie kann ferner in einzelne Querrippen aufgelöst sein, die wieder unter sich versteift sein können und die wasserseitige Abschlußwand tragen; die luftseitige Böschung kann bei gegliedertem Querschnitt abgedeckt sein oder die Rippen können frei liegen, die wasserseitige Böschung kann abgetreptt sein oder sonst von der mathematischen Form in Figur 1\*) abweichen; auch wird der Mauerquerschnitt meistens nicht in die theoretische Spitze der Figur 1\*) auslaufen, sondern allenfalls etwas verbreitert sein oder eine Überbrückung für den Verkehr tragen u. s. w. Die genannten Faktoren werden naturgemäß eine gewisse Verschiebung in der theoretisch entwickelten Verteilung der Druckspannungen hervorrufen und bedingen unter Umständen auch eine Änderung der Neigung der Böschungsflächen.

\*) der vorliegenden Broschüre Figur 5.

Die Figuren 2 und 3\*) stellen einen schematischen Querschnitt und Grundriß eines Sparmauerdammes dar. Die Rippen bilden das Auflager für die wasserseitige Abschlußwand, die ihrerseits wieder in die Tragwand a, die Verteilungswand b und die Schutzschicht c aufgelöst sein kann. Die Mauer selbst kann aus Mauerwerk, Beton, Eisenbeton, Eisen, Holz oder einer Kombination dieser Materialien hergestellt sein.

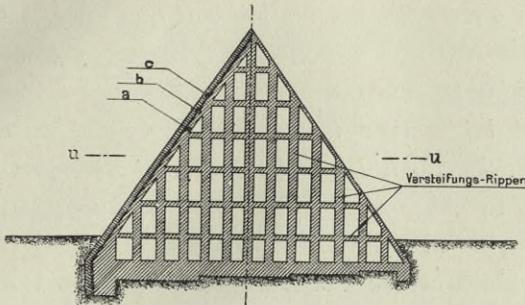


Fig. 6 (Fig. 2 der Patentschrift).  
Sparmauerdamm im Querschnitt n-n.

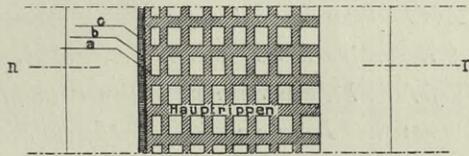


Fig. 7 (Fig. 3 der Patentschrift).  
Horizontalschnitt u-u.

Aus praktischen Gründen läßt sich der ideale Fall vollkommen gleichmäßiger Druckverteilung natürlich kaum erreichen und es ist deshalb auch im Patentanspruch eine geringe Abweichung der Gesamtergebnisse von der Schwerlinie des entsprechenden Horizontalschnittes, u. zw. um  $\frac{1}{20}$  der Breite des letzteren, ins Auge gefaßt.

Diese Grenzlage der Resultierenden hätte zur Folge, daß die Randspannungen um 30% von der mittleren Druckspannung abweichen.

Die angemeldete Querschnittsform ist für jede beliebige Höhe anwendbar, mit besonderem Vorteil für sehr große Druckhöhen, wo die bisher üblichen Querschnitte zu schwerwiegenden Bedenken in Bezug auf die Druckverteilung Anlaß geben und die Randspannungen unverhältnismäßig rasch anwachsen.

Reicht der Stauwasserspiegel nicht bis zur Höhe der Mauerkrone, so greift die Resultierende des Wasserdruckes auf der wasserseitigen Hälfte

\*) der vorliegenden Broschüre Fig. 6 und 7.

des zugehörigen Horizontalschnittes an; diese exzentrische Beanspruchung, die zeitweise eintreten kann, bleibt indessen unter der Maximalbeanspruchung bei Vollbelastung, und ist, weil die maximale Pressung auf der Wasserseite wirkt, nicht ungünstig.

Außer den genannten Vorteilen einer günstigen Druckverteilung und der dadurch bedingten großen Standsicherheit des Bauwerkes sowie der unbeschränkten Verwendbarkeit für beliebige Stauhöhen, hat der in Rede stehende Sparmauerdamm noch folgende Vorzüge gegenüber den bisher üblichen Querschnittsformen:

1. Er ist bei weniger tragfähigem Baugrund zu verwenden, weil infolge der gleichmäßigen Druckverteilung die Bodenpressung bedeutend geringer ist, bei gleich großer äußerer Kraftwirkung, als wenn sich der Bodendruck trapez- oder gar dreieckförmig verteilt.

2. Auftriebswirkungen und Durchsickerungen des Wassers haben auf die Standsicherheit des Bauwerkes keinen Einfluß.

3. Bei gegliederter Konstruktion können sowohl Tragkonstruktion als wasserseitige Abschlußwand leicht zugänglich gemacht werden, was die Überwachung und Reparatur des Bauwerkes erleichtert.

4. Im Bedarfsfalle können einzelne Zellen oder größere Abschnitte des Sparmauerdammes im Interesse einer größeren Sicherheit oder zur Schließung von Undichtigkeiten ausgemauert werden.

5. In den Aussparungen des Mauerwerkes können bauliche Anlagen untergebracht werden.

#### Patent-Anspruch:

Sparmauerdamm, dadurch gekennzeichnet, daß die Böschungsf lächen derart geneigt sind, daß bei einem Wasserstand, der bis zur ideellen Wehrkrone reicht, für jeden Horizontalschnitt die Resultierende des Wasserdruckes für diesen Horizontalschnitt von der Resultierenden der Konstruktionsgewichte für diesen Horizontalschnitt im genannten Horizontalschnitt getroffen wird, oder daß für jeden Horizontalschnitt die Mittelkraft der genannten beiden Resultierenden den entsprechenden Horizontalschnitt in einem Punkte trifft, dessen Abstand von der Schwerlinie des Horizontalschnittes nicht mehr als  $\frac{1}{20}$  der Breite des Horizontalschnittes beträgt, zum Zwecke, eine möglichst gleichmäßige Druckverteilung und dadurch eine absolute Standsicherheit des Sparmauerdammes zu erzielen. [Hiezu 1 Blatt Zeichnungen]\*).

\*) Siehe die Figuren 5—7.

## Das natürliche Talsperrenmauerprofil: der standsichere Mauerdamm bezw. der Sparmauerdamm.

Gibt man sonach, entsprechend den Ausführungen in der Patentschrift, einer Talsperrenmauer einen solchen Querschnitt, daß derselbe in seiner Grundform ein gleichschenkliges Dreieck bildet, dessen Höhe sich zur Basis verhält so wie  $1 : \sqrt{2}$ , so erhält man ein Profil, welches nicht nur allen Anforderungen entspricht, die man in statischer Hinsicht an eine gut wirkende Talabschlußkonstruktion stellen muß, sondern die auch die Nachteile, welche der heutigen gebräuchlichen Querschnittsform vom Prinzipie des kleinsten Querschnittes anhaften, zum großen Teil ausschließt.

Nochmals kurz zusammengefaßt bestehen diese statischen Vorteile in einer besseren Verteilung der Druckbeanspruchungen, damit zusammenhängend in einer günstigeren Materialausnützung, ferner in einer Mitverwendung des Wasserdruckes zur Erhöhung der Standsicherheit, in einer Vermeidung des Auftretens von schädlichen Zugspannungen und Bewegungen des Mauerwerkkörpers in horizontaler Richtung, was in den folgenden Darlegungen näher erörtert wird.

Das natürliche gemauerte Talsperrenmauerprofil, das mit vollem Profile als Mauerdamm oder mit Aussparungen als Sparmauerdamm zur Ausführung gelangen kann, wirkt nicht mehr bloß durch sein Gewicht, sondern hauptsächlich durch seine Form, indem sowohl bei leerem als bei vollem Staubecken die Resultierende der Belastungen nach den heute gebräuchlichen Anschauungen für jeden Horizontalschnitt durch dessen Mittellinie geht und daher eine gleichmäßige Verteilung der Druckspannungen erzeugt.

Die Erzielung dieser gleichmäßigen Verteilung der Druckbeanspruchungen wird einerseits dadurch ermöglicht, daß der Mauerquerschnitt eine symmetrische Form erhält, andererseits dadurch, daß der Wasserdruck infolge der gewählten Neigung der wasserseitigen Böschung in einer solchen Richtung zur Wirkung kommt, daß seine Vertikalkomponente die auf ein Umkippen der Mauer hinzielende Wirkung des horizontalen Wasserdruckes hemmt.

Es ist einleuchtend, daß die so erzielte Stabilität der Mauer durch eine Verflachung der wasserseitigen Böschung noch erhöht werden könnte; dies würde aber eine bei vollem und leerem Becken ungleiche Verteilung der Druckbeanspruchungen im Mauerwerke hervorrufen und den Mauerdamm in vertikaler Richtung erheblich mehr belasten, als dies bei der vorstehend beschriebenen Form geschieht.

Der Wasserdruck ist also in einer ideal-ökonomischen Weise zur Erhöhung der Standsicherheit des Mauerdammes herangezogen, während derselbe bei den gebräuchlichen Mauerprofilen fast lediglich auf ein Umkippen der Mauer hinwirkte.

Die Vorteile einer derartigen Mauerform in statischer Hinsicht gegenüber den üblichen Mauerprofilen stehen außer Zweifel.

Infolge der gleichmäßigen Druckbeanspruchung ist auch die Materialausnützung beim Mauerdamm eine günstigere und kann durch entsprechende Aussparungen (aufgelöste Bauweise) noch vervollkommen werden, worauf später zurückzukommen sein wird.

Bei dem Mauerdamm ist ferner eine Bewegung in horizontaler Richtung (Durchbiegung), wie sie an fast jeder ausgeführten Talsperre konstatiert wird, nicht mehr in dem Maße zu erwarten, nachdem diese Durchbiegung wohl hauptsächlich auf die ungleichmäßige und wechselnde Beanspruchung der Mauer zurückzuführen ist.

Die Einwirkung des vollen Wasserdruckes erzeugt außer der durch ihn bewirkten Schubbeanspruchung des Materials nur eine rund 20%ige Mehrbeanspruchung desselben, welche aus der die Horizontalschnitte gleichmäßig belastenden Vertikalkomponente des Wasserdruckes resultiert.

Die relativ geringe Mehrbeanspruchung des Mauerdammes durch den Wasserdruck, sowie die verhältnismäßig niedrige Druckbeanspruchung des Mauerdammes überhaupt lassen die Möglichkeit zu, denselben teilweise in einem billigeren Material herzustellen; so wäre es z. B. wohl unter gewissen Umständen möglich, einen Teil des Mauerwerkinnern in gespülter Bauweise auszuführen, während die wasserseitige und luftseitige Böschung genügend stark und unter sich versteift in Mauerwerk, Beton oder Eisenbeton hergestellt werden könnte.

Nachdem im Mauerwerk keine Zugspannungen auftreten, so ist auch die Wahrscheinlichkeit der Rissebildung und des damit verbundenen Eintrittes von Wasser mit seiner schädlichen Auftriebswirkung so gut wie ausgeschlossen, wofern nur die wasserseitige Abschlußwand genügend dicht und mit hinreichender Sicherheit konstruiert ist.

Sollte trotzdem Wasser eindringen, so hat dieses beim Mauerdamm infolge seiner Form keine nachteiligen Auftriebswirkungen zur Folge. Das gleiche gilt auch vom Wasser, welches sich im Fundamente selbst oder an der Grenze zwischen Fundament und Mauerwerk durchpressen will.

Aus diesen Gründen sind auch die Folgen etwa auftretender Undichtheiten in der wasserseitigen Abdeckung und im Mauerwerk nicht so folgenschwer wie bei den gebräuchlichen Mauerwerksprofilen.

Ängstlichkeit in der Ausführung und bei der Überwachung der Mauer während des Baues kommt wegen der eigenartigen, statisch sicheren Wirkung der Mauer ganz in Wegfall.

Die Art und Weise der Ausführung und Schichtung des Mauerwerkes braucht von der für Luftbauten üblichen nicht abzuweichen. Billige hydraulische Mörtel, Kalkmörtel bzw. verlängerte Mörtel können unbeschadet der Standfestigkeit in reichlichem Maße verwendet werden.

Nachdem die natürliche Talsperrenmauer, wie bereits erwähnt, nicht mehr bloß durch ihr Gewicht, sondern hauptsächlich durch ihre Form wirkt, können auch Mauersteine von kleinem Eigengewicht zur Verwendung kommen und ist der Anwendung des

Betons, auch desjenigen mit großen Steineinlagen, ein großes Verbreitungsgebiet eröffnet.

Die Formwirkung der Mauer ermöglicht es, auch in derselben, in dem Maße als es eine gesicherte Druckübertragung zuläßt, Ausparungen anzubringen, doch ist es aus Rücksicht auf anderweitig hierbei in Verlust gehende Vorteile nicht geraten, hierin zu weit zu gehen.

Für die Massenherstellung eignet sich der Mauerdamm ausgezeichnet und man kann sich ruhig denken, einen solchen Mauerdamm gewissermaßen fabrikmäßig in Beton zu gießen und in den Guß große Steine hineinzuworfen. Es wäre vom ökonomischen Standpunkte erwünscht und für die Ausbreitung des Talsperrenbaues förderlich, wenn diese Mauerungsart (Concrete-Beton) als eine für die Bau-Ökonomie im Auslande viel verwendete glückliche Vereinigung der Vorteile von Bruchsteinmauerwerk und Beton eine größere Ausbreitung finden würde.

Ein wesentlicher Vorteil des Mauerdammes liegt in seiner Fundierung. Talsperren werden bekanntlich im allgemeinen nur dort gebaut, wo solider Fels als Baugrund vorhanden ist. Die günstige Druckverteilung macht den Mauerdamm auch an Baustellen möglich, welche sonst die Erstellung eines Talabschlusses mit dem üblichen Profile nicht gestatten würden.

Die Fundierung des Mauerdammes bzw. Sparmauerdammes braucht auf keine große Tiefe zu erfolgen; sowie sich der tragfähige Fels zeigt, kann mit der Aufführung der Mauer vorgegangen werden.

Auch minder guter Fels, selbst geologisch und technisch nicht als Fels anzusprechende Schichten, werden mitunter für diese Mauerart in Fällen, wo die alte Mauerform versagen würde, ein brauchbares Fundament liefern.

Da ferner Temperatureinflüsse bei Mauern mit derart gewaltigen Querschnitten und Maßen unmöglich tief eindringen können und sich nur oberflächlich äußern, kann der Mauerdamm bzw. der Sparmauerdamm geradlinig in das Talprofil gelegt werden, wodurch die Ausführung derartiger Talsperrmauern wesentlich vereinfacht wird.

Die Hauptspannungen, insbesondere wasserseitig, und die Schubspannungen im Mauerdamm, verteilen sich günstiger und gleichmäßiger innerhalb des Mauerkörpers, sowie die Gesamtwirkung der äußeren Kräfte und deren Übertragung im Wege der Mauer auf das Fundament schon durch die neue Form allein besser und sicherer erfolgt, als bei der auf Biegung beanspruchten alten Form.

Die gleichmäßige und dabei ökonomische Ausnützung des Materials im Mauerdamm ermöglicht es, diesen unter Einhaltung der zulässigen Fundament- und Mauerwerkspressungen für Fälle anzuwenden, welche die Grenze der Anwendung der alten Form weit übersteigen und über 100 *m* Stauhöhe reichen, während man mit der alten Form bei 50 bis 60 *m* Halt machen muß.

Etwas in Aussicht genommene Erhöhungen bis zu 40% der vorhandenen Mauerhöhe lassen sich beim Mauerdammprofil in technisch einwandfreier Weise zur Ausführung bringen, während dies beim alten Profil nahezu ganz ausgeschlossen ist.

Alles in allem genommen wäre daher in technischer Hinsicht und wegen des nachgewiesenen Übergewichtes aus Gründen größerer Standsicherheit der Mauerdamm, bezw. Sparmauerdamm für Tal-sperrenbauten allen anderen Mauerarten vorzuziehen, nachdem die sich aus den angeführten Erwägungen ableitenden Vorteile diese Ausführungsart auch einfacher, zweckmäßiger und sogar billiger gestalten lassen.

---

## **Die verschiedenen Anwendungsweisen des Mauerdammes bezw. Sparmauerdammes.**

Das Prinzip des Mauerdammes läßt in seiner Ausführungsweise verschiedene Variationen zu, die zum größten Teile von den gegebenen lokalen Verhältnissen des Bauwerkes abhängen. Die gestatteten Baukosten, die zur Verwendung kommenden Baumaterialien, die Lohn- und Arbeiterverhältnisse, die verschiedenen technischen und konstruktiven Verhältnisse u. s. w. werden nach sachgemäßer und richtiger Beurteilung häufig erst die erforderlichen Anhaltspunkte geben, welche Ausführungsart sich dem gegebenen Zwecke am vorteilhaftesten anpaßt.

Hiebei können vornehmlich zwei große Haupttypen herausgegriffen werden, und zwar das volle Profil, der Mauerdamm, und das Profil mit Aussparungen, der Sparmauerdamm, bis zu jener technischen Durchbildung, in welcher die Konstruktion nicht mehr als Mauerdamm anzusprechen sein wird, sondern von diesem nur mehr die Form zeigt und als aufgelöste Mauerdammkonstruktion bezeichnet werden muß: der Sparzellen- oder der Sparrrippendamm.

Im allgemeinen ist jedoch auch diese Scheidung keine prinzipielle, denn es gibt einerseits zwischen diesen Gruppen zahlreiche Übergänge, andererseits können auch bei den einzelnen Objekten verschiedene Ausführungsarten miteinander verbunden werden. Man kann z. B. bei ein- und derselben Talabschlußkonstruktion den mittleren, hohen Teil nach der einen Ausführungsform herstellen, die Enden nach der anderen, das gleiche läßt sich auch von der Höhenteilung sagen.

Im nachstehenden soll unter näherer Anführung der einzelnen möglichen Typen der Versuch unternommen werden, die verschiedenen Anwendungsweisen und Konstruktionsformen des Mauerdammes darzustellen.

### a) Der volle Mauerdamm.

Der vollgemauerte Mauerdamm, hergestellt aus Bruchsteinen in Portlandzement oder anderen Mörteln bzw. aus Beton, ist die einfachste, sicherste und in jeder Hinsicht einwandfreieste Ausführungsform für das Mauerdammprinzip. Er wird insbesondere dort zur Ausführung kommen, wo es sich um recht hohe Talabschlüsse handelt, die allenfalls auch eine Höhe bis zu 100 *m* und darüber erreichen; weiters auch dort, wo sich unterhalb des Stauwerkes reich besiedelte Täler und blühende Ortschaften befinden, die in dem Mauerdamm eine absolute Schutzwehr gegen jede Gefahr katastrophaler Hochwässer erhalten. Als letzter Ausweg ist die Ausführung des vollen Mauerdammes dort angezeigt, wo infolge allzugroßer Sicherheitsforderungen seitens der Bevölkerung oder der Behörden hochragenden Talabschlußkonstruktionen Schwierigkeiten bereitet werden. Aber selbst dann, wenn sich andere Ausführungsarten in der Herstellung billiger zeigen könnten, wird man gerne dem vollen Mauerdamm wegen seiner Einfachheit in der Herstellung und in der statischen Wirkungsweise gegenüber komplizierteren Formen den Vorzug geben.

Meistens wird auch die Frage nach der Art des zu wählenden Profiles zu Gunsten des Mauerdammes ausfallen, wenn die Fundierung auf minder gutem Fels zu erfolgen hat, wenn Baustein billig, leicht und rasch in großen Massen erzeugt werden kann, wenn sich große Schottervorräte vorfinden, deren Entfernung aus dem Stauraum überdies oft sehr erwünscht ist, weiters wenn in der Nähe der Baustelle geringwertigere, dafür aber billigere Bindemittel unter günstigen Bedingungen zu haben sind, wenn die lokalen Arbeits- und Lohnverhältnisse die Verwendung der Maschinenkraft ökonomischer erscheinen lassen, weiters wenn es sich um die nachträgliche Durchführung von Mauererhöhungen handelt u. dgl. m.

Tatsache ist, daß alle bereits aufgezählten, der Mauerdammform im allgemeinen zukommenden Vorteile beim vollen Profil in der deutlichsten Weise zum Ausdruck kommen und mögen sie im folgenden kurz erörtert werden.

Die Fundierung braucht keine tiefgreifende zu sein, die Mauerung kann bis auf die Abdeckschichten mit leichten Steinen und billigem Mörtel in sehr magerem Mischungsverhältnisse erfolgen.

Die Anwendung von Beton, der maschinell erzeugt wird, wird große Vorteile bieten und garantiert auch einen raschen Arbeitsfortschritt. Dem Mauerwerk würde es nur zum Vorteil gereichen, wenn in den Beton große Steineinlagen eingebracht würden. Es wäre auch zu erwägen, ob sich nicht unter gewissen Verhältnissen wirtschaftliche Vorteile erzielen ließen, wenn man den Betonmörtel mittels Rohrleitungen in die Mauerform einspülen würde.

Für die abdeckenden Schichten wird man in vorteilhafter Weise Betondecken verwenden, welche eine gleichmäßige Übertragung der Drücke verbürgen und insbesondere mit Rücksicht auf ihre Selbstdichtung der Aufbringung der eigentlichen wasserdichten Abdeckung eine gute Grundlage geben.

Über die Verwendung von Herdmauern, insbesondere an der Wasserseite, müssen die speziellen Fälle und Bodenverhältnisse entscheiden. Streng genommen kann das Mauerdammprinzip derselben entraten.

Die Hinterfüllung der Mauer mit Erd- und Aushubmaterial wird man dort vornehmen, wo man solches im Überschusse zur Verfügung hat.

Die Anbringung von Überfällen an der Mauer, weiters von Grundablässen und Entleerungen, von reichlichen Entwässerungen begegnet gar keinen Schwierigkeiten und lassen sich alle die für die Mauer notwendigen Betriebsbestandteile ohne Schwierigkeiten und ohne die Standsicherheit der Mauer zu beeinträchtigen, ausführen.

Bei allen anderen technischen Details der Talabschlüsse werden die heute üblichen Methoden und allfällige Verbesserungen auch am Mauerdamm im vollen Umfange zur Verwendung kommen können.

Daß es möglich wird, beim vollen Mauerdamm nachträgliche Erhöhungen der Mauer vorzunehmen, die sich natürlich nur wieder

innerhalb gewisser Grenzen der Gesamthöhe bewegen können, dürfte ohneweiters klar sein.

Im folgenden werden nun an Hand einiger Beispiele und Figuren verschiedene Formen des Mauerdammes und des Sparmauerdammes besprochen und dargestellt. Es wird damit der Zweck verfolgt, die Anwendungsmöglichkeit verschiedener Materialien zu zeigen, die eine technisch einfache und ökonomische Bauweise gestatten, ohne daß jedoch bei der Fülle der Möglichkeiten ein vollkommen erschöpfendes Bild gegeben werden könnte.

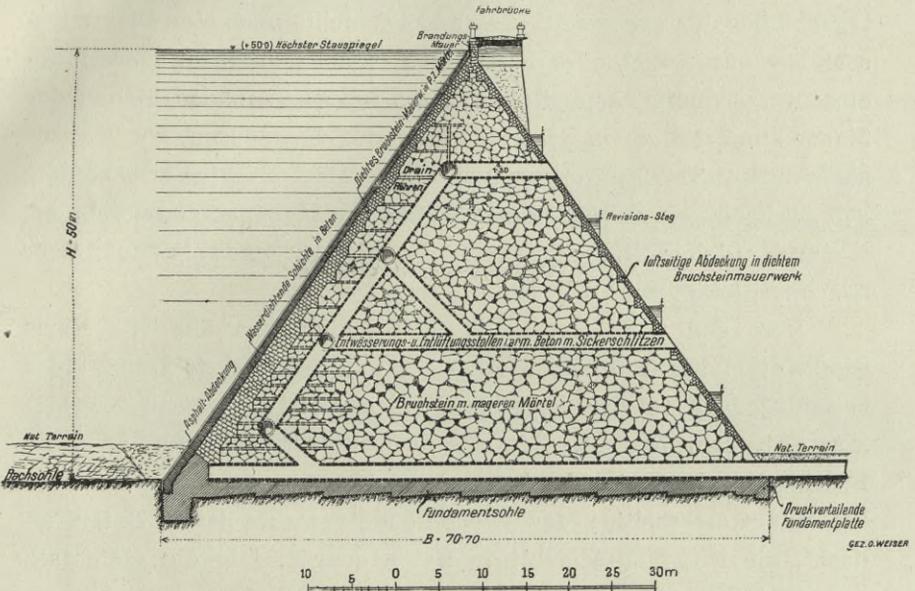


Fig. 8.

Mauerdamm für 50 m Wasserdruck mit Kern aus minderem Bruchstein-Mauerwerk und dichtem Außen-Mauerwerk.

In Fig. 8 ist ein volles Mauerdammprofil für 50 m Stauhöhe dargestellt. Das Fundament braucht in den tragfähigen Felsboden nur wenig eingetieft zu werden, es genügt, so weit auszuheben, daß die geringmächtige, druckverteilende Bodenplatte zahnförmig in den Fels einbinden kann. Über der druckverteilenden Fundamentplatte wird als Mauerwerk der Sperre Bruchstein in billigem bzw. magerem Mörtel aufgebracht. Zur Erzielung einer weitgehenden Entwässerung des Mauerwerkskörpers

können größere schließbare Stollen oder Rohre mit durchbrochenen Wänden miteingemauert werden, von welchen aus wieder kleinere Drainrohre abzweigen. Luft- und wasserseitig werden Abdeckschichten in dichtem Bruchsteinmauerwerk mit Portlandzementmörtel oder in Beton zur Anwendung gelangen, welche in stufenförmigen Absätzen auf dem eigentlichen Mauerkerne aufruhend, wobei natürlich die wasserseitige Wand stärkere Abmessungen erhält als die luftseitige.

Um ein Eindringen von Wasser möglichst auszuschließen, lagert über der wasserseitigen Abdeckschicht noch eine Dichtungsschicht aus Beton oder Eisenbeton, welche an ihrer Oberfläche eine wasserdichte Asphaltabdeckung trägt. An der Krone der Mauer kann man einen Talverbindungsweg überführen, der wasserseitig mit einer Brandungsmauer abschließt. Es wird zweckmäßig sein, luftseitig in verschiedenen Höhen Revisionswege anzubringen, wodurch gleichzeitig die sonst eintönig wirkende breite Fläche eine architektonische Gliederung erhält.

Eine der vorbesprochenen Mauerdammtypen ähnliche Form erscheint in Figur 9 dargestellt. Der hauptsächlichste Unterschied besteht jedoch in der Art des Füllmaterials, das hier aus Magerbeton besteht. Für die luftseitige Abdeckschicht kann Bruchstein oder Beton in Anwendung kommen.

Die wasserseitige druckverteilende Schicht ist in Beton gedacht, die Dichtungsschicht in Beton oder Eisenbeton, gleichfalls mit einer darauflagernden Abdeckung in Asphalt.

Weiters ist an Hand des vorliegenden Mauerdammprofiles gezeigt, in welcher Weise die für eine derartige Mauer erforderlichen betriebstechnischen Einrichtungen eingebaut werden können. Es bedarf keiner besonderen Hervorhebung, daß dies beim Mauerdamm nicht nur ohne Schwierigkeit geschehen kann, sondern sogar die bei den bisher üblichen Profilen sich empfindlich bemerkbar machenden Schwächungen des Profiles außer Betracht kommen.

Anschließend an die beiden im vorstehenden besprochenen Typen von Sperrmauerdämmen, deren Kern ebenso wie die Schale durchaus aus Bruchsteinmauerwerk oder Beton besteht, seien hier noch zwei weitere Ausführungsformen behandelt, welche aus den

in den einleitenden Bemerkungen dargestellten Eigenschaften des Mauerdammes resultieren, nämlich nicht bloß durch das Gewicht, sondern auch durch die Form zu wirken.

Dieser Umstand in Verbindung damit, daß die inneren Materialspannungen im Mauerdamm eine gewisse, ziemlich niedrige Grenze nicht überschreiten, führte dazu, den Kern aus möglichst billigen und leicht zu beschaffenden Materialien herzustellen, unter gleichzeitiger Beachtung eines raschen und ökonomischen Arbeitsvorganges.

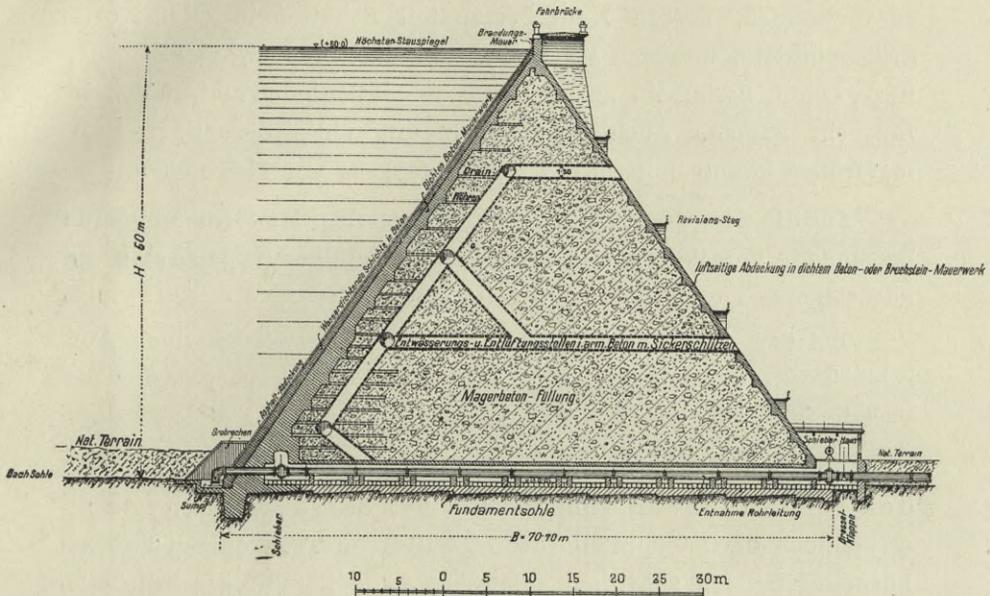


Fig. 9.

Mauerdamm für 50 m Wasserdruck mit Kern aus Magerbeton-Mauerwerk und dichtem Außen-Betonmauerwerk.

Ein Vorbild hierfür war durch die Erddämme gegeben, die heute mittels des Spülverfahrens in einer solchen Festigkeit, Dichtigkeit, Billigkeit und Raschheit erzeugt werden können, daß sie abgesehen von ihrer Empfindlichkeit gegenüber äußeren und inneren Einwirkungen, hervorgerufen durch Wasser und kleine Bewegungen, eigentlich schon als wirtschaftliche Idealformen eines Talsperrenabschlusses anzusehen wären.

Den gespülten Dämmen kommt besonders zu gute, daß das eingespülte Material erfahrungsgemäß eine natürliche Zementierung durchmacht und schließlich direkt zementartige Eigenschaften zeigt.

Es lag daher der Gedanke nahe, bloß die äußeren Umhüllungsformen der Mauer in widerstandsfähiger und dichter Mauerung auszuführen, den Kern dagegen in der besprochenen Weise mittels des Spülverfahrens herzustellen. Das Material für diese Füllung könnte, dem besonderen Zweck angepaßt, aus einer sorgfältig erwogenen Mischung bestehen, welche tatsächlich eine zementartige Erhärtung des Füllmaterials erwarten läßt. Es würde auch keinem Anstande unterliegen, für das Füllungsmaterial Beton zu verwenden, dessen Hauptbestandteil Schotter in allen Korngrößen bildete, während als Bindemittel eine Mischung von Zement, Kalk, Lehm, Steinmehl und anderen zementierenden Materialien in Betracht kämen. Auch die Einbringung eines derartigen Füllmaterials könnte mittels des Spülverfahrens vor sich gehen.

Für die praktische Ausgestaltung derartiger Mauerdammprofile bestünden verschiedene Möglichkeiten; einige Typen sind im nachstehenden dargestellt und beschrieben.

Bei dem in Figur 10 abgebildeten Profile werden nach Aufschließung der Fundamente die Herd- und Kolkmauer, ferner die verteilende und dichtende Bodenplatte hergestellt.

Auf dieses Fundament wird mittels des Spülverfahrens der Füllungskern aufgebracht, mit dessen Wachsen gleichzeitig auch die Schichtung des einhüllenden Trockenmauerwerkskörpers vor sich geht, um möglichst steile Böschungen, die sehr wirtschaftlich für die ganze Bauausführung sind, zu erzielen.

Wasserableitende Schächte und Stollen, welche schon während der Herstellung des gespülten Kernes zur Entwässerung desselben beitragen, würden auch in der Zukunft beim fertigen Bauwerke, wofern sie überdies noch mit geeigneten Verbindungsrohren (kleineren Drainagen) verbunden werden, als Wasserableitungswege für eindringendes Speicher- und Grundwasser dienen. Überdies könnten die Entwässerungsschächte späterhin auch noch dazu benützt werden, um Zementeinspritzungen behufs etwa erforderlicher besserer Abdichtung vornehmen zu können. Derartige Entwässerungswege müßten durch Aussparungen oder durch Herstellung von Schlitzten in dem aufgehenden Mauerkerne hergestellt werden.

Dieser Kern erhält, nachdem die Verdichtung des Materiales und die dadurch entstehenden Setzungen beendet sind, eine Umhüllung in Bruchsteinmauerwerk oder magerem Beton, die sich auf die Fundamentplatte stützt und daselbst noch eine genügende Stärke besitzt. Dieses zur Vervollständigung der Mauerform erforderliche umhüllende Mauerwerk bewirkt durch sein Eigengewicht eine weitere Dichtung des gespülten Kernes und wird diese

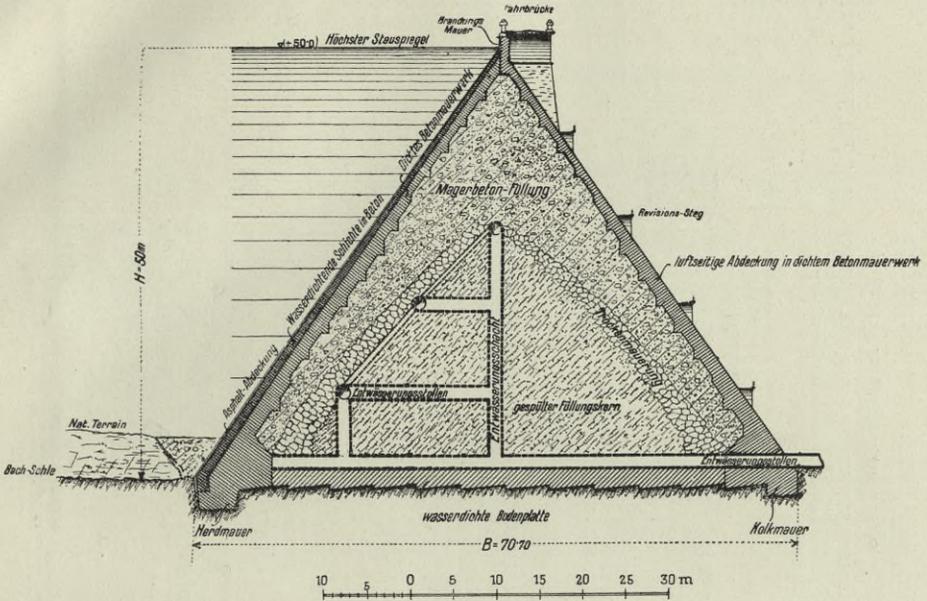


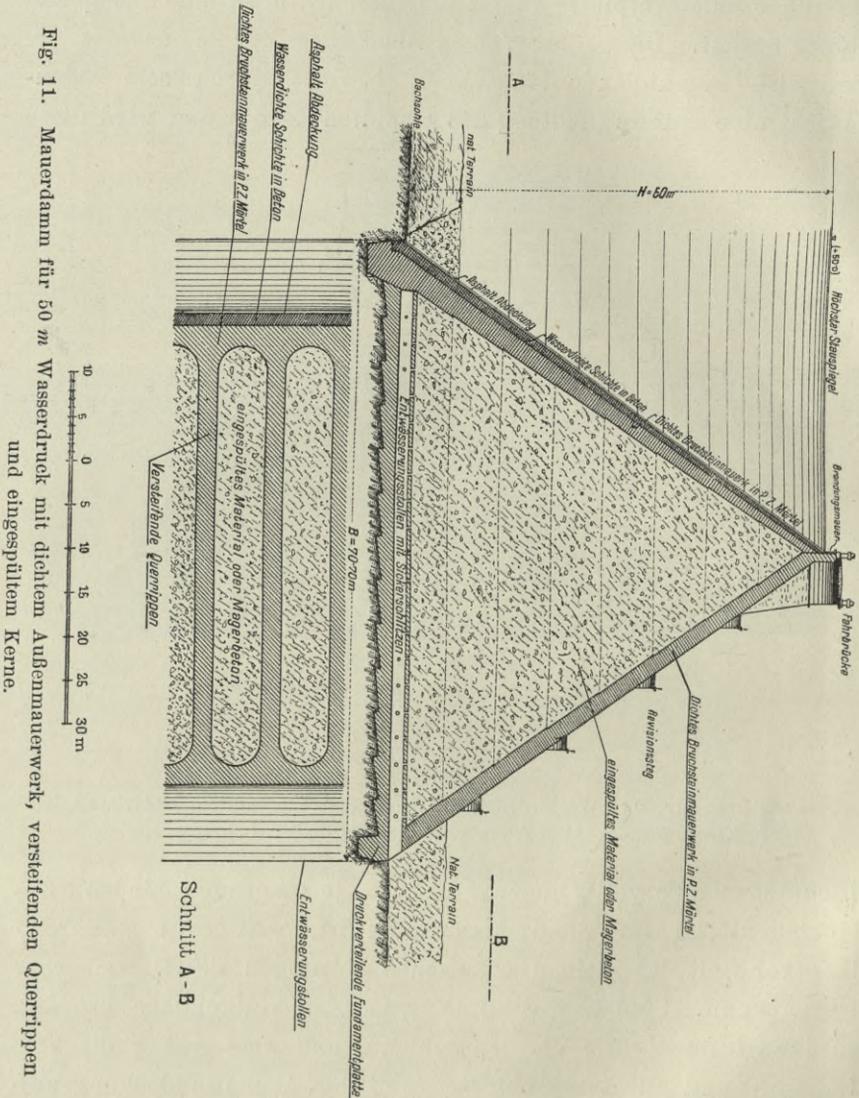
Fig. 10.

Mauerdamm für 50 m Wasserdruck mit Kern aus eingespültem Materiale mit Trockenmauerwerk-Abdeckung und dichtem Außen-Betonmauerwerk.

Dichtung um so vollkommener werden, je langsamer bindend das Mörtelmaterial für dieses Mauerwerk ist, weil es so während längerer Zeit den kleinen elastischen Setzungen des Dammkernes folgen kann. Sind einmal diese Setzungen vollkommen beendet, so kann luftseitig die Verblendschicht und wasserseitig die Verteilungs- und Dichtungsschicht samt der Asphaltabdeckung aufgebracht werden.

Bei anderen Mauerdammformen, z. B. bei den in den Figuren 11 und 12 dargestellten Profilstypen müßte ein anderer Arbeitsvorgang eingeschlagen werden. Es würden nämlich zuerst die

Bodenplatte und dann die geneigten Abschlußwände in Bruchsteinmauerwerk oder in Beton zur Ausführung kommen, schließlich die Ausfüllung der verbleibenden Hohlräume mit ein-



gespültem Erdmaterial oder Magerbeton erfolgen. Eine derartige Ausführung wäre natürlich ohne die Verwendung von versteifenden und verbindenden Quer- und Längsrippen schwer denkbar.



tende Vorteile, insbesondere dann, wenn die die beiderseitigen Abschlußwände verbindenden Querrippen genügend stark gemacht werden, um im äußersten Falle auch die sichere Druckübertragung des Wasserdruckes auf die Fundamente zu übernehmen.

Daß man gleichwohl bei diesen Formen des eingespülten Füllmaterials nicht gern wird entraten wollen, wiewohl ihm ja eigentlich bloß die auch durch Längsrippen zu erzielende Wirkung der Versteifung zukommt, findet darin seine Begründung, daß das eingespülte Füllmaterial bedeutende Festigkeit und Wasserdichtigkeit aufweist, welche Eigenschaften noch infolge der Selbstdichtung erhöht werden.

Andererseits gestattet eine nach diesem Arbeitsvorgange hergestellte Abschlußkonstruktion eine rasche Ausnützung derselben für Betriebszwecke, weil es ja auch möglich ist, die Einspülung des Füllmaterials in einem späteren Zeitpunkte vorzunehmen.

Geht man in der Unterteilung des Kernes eines vollen Mauerdammquerschnittes noch einen Schritt weiter, so gelangt man zu einem Zellsystem, gebildet durch tragende Querrippen und Längsrippen, denen teils eine tragende, teils eine versteifende Funktion zukommt (siehe die Abbildungen 13 u. 14).

Die Ausfüllung der so entstehenden Hohlräume kann in verschiedener Weise erfolgen: entweder durch trockene Schichtung von Bruchstein, wobei eventuell die Zwischenräume dieses Trockenmauerwerkes durch Spülversatz ausgefüllt werden; oder es erfolgt die Ausfüllung durch Mauerwerk in Lehm oder Mörtel; schließlich besteht noch die Möglichkeit einer Ausfüllung der Hohlräume mit Betonhohlsteinen oder Hohlziegeln.

Insbesondere würde, wenn das letztbezeichnete Füllmaterial leicht zu beschaffen wäre, eine derartige Ausführungsart sehr rationell sein, da sie zur Beschleunigung der Bauausführung wesentlich beitrüge.

Es werden nämlich diese Körper aus Hohlsteinmauerwerk für jede Schichte aufgeschichtet bzw. gemauert und bilden dadurch zugleich einen Schalungskörper für die nachfolgende Betonierung der Rippen, wobei gleichzeitig der innere Verputz entfallen kann. Außerdem geben sie Gelegenheit für die Herstellung



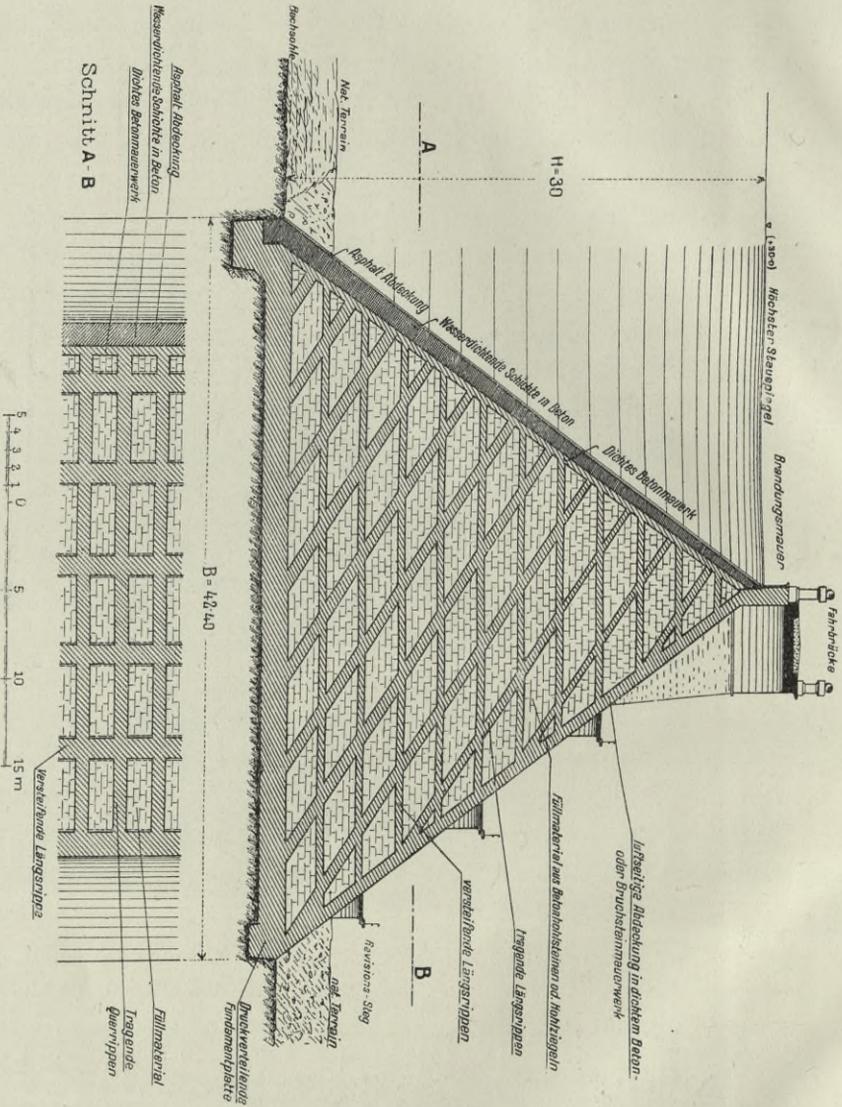


Fig. 14. Mauerdamm für 30 m Wasserdruk mit drahtem Außen-Betonmauerwerk, tragenden Querrippen, tragenden und versteifenden Längsrippen, Füllung in Hohlsteinen.

von Wasserabzugskanälen und sind in gewisser Hinsicht auch als tragende Teile des Abschlußkörpers in Betracht zu ziehen.

Eine besonders wirksame Ausnützung der Längswände behufs Übertragung des Wasserdruckes zeigt das Profil in Fig. 14, wo unter Mitwirkung der Hohlkörper als Schal- und Formkörper die Längsrippen senkrecht auf die Neigung der wasserseitigen Fläche, also in der Richtung des Wasserdruckes angeordnet sind.

Im übrigen ist auch bei diesen Mauerdammformen eine feste und wasserdichte, druckverteilende Bodenplatte vorgesehen. Die wasserseitige Wand besteht aus drei Schichten: der äußersten Asphaltabdeckungsschichte, der mittleren Abdichtungsschichte in dichtem Beton oder in Eisenbeton, der innersten tragenden Schichte aus Bruchsteinmauerwerk in Portlandzementmörtel oder in Beton. Die luftseitige Wand braucht bloß aus einem Verblendmauerwerk zu bestehen.

#### b) Der Sparmauerdamm (Sparzellen- oder Sparrrippendamm).

Aus dem vollgemauerten Mauerdammprofil leitet sich der Sparmauerdamm infolge des Bestrebens ab, unter Beibehaltung der äußeren, statisch die Standsicherheit verbürgenden Form des Mauerdammes durch Erzielung von Ersparnissen in den inneren Kernmassen eine Konstruktion zu ermöglichen, welche trotz der schwierigeren, eine größere Exaktheit und besseres Material erfordernden Bauweise gleichwohl mit den vollen Formen in Konkurrenz treten kann.

Erreicht wird diese Ersparnis durch Zusammendrängung der widerstehenden Innenmassen in einzelne Rippen von größerer Widerstandskraft.

Eine weitere Ersparnis kann auch dadurch erzielt werden, daß es möglich wird, die Rippen nach oben hin schwächer zu dimensionieren, so daß eine gleichmäßige Materialausnützung stattfindet. Durch die innere Formgebung wird demnach einerseits eine Materialersparnis, andererseits eine gleichmäßige Materialausnützung erreicht, während durch die allgemeine Umrißform der Rippe (Querschnittsform des Sparmauerdamms

profiles) eine gleichmäßige Materialbeanspruchung erzielt werden kann.

In der Praxis, insbesondere in Amerika haben sich Formen eingebürgert, die einigermassen an den Sparmauerdamm erinnern und für Talabschlüsse bis zu sehr beträchtlichen Höhen in Anwendung kamen. Obgleich bei diesen Ausführungen das Prinzip der Mauerdammform noch nicht zum Ausdruck kam und die Formgebung mehr aus Rücksicht auf möglichste Erzielung von Ersparnissen, eine raschere Herstellungsweise bei Verwendung von tragfähigerem Baumaterial als Bruchsteinmauerwerk, also von Beton, Eisenbeton und Eisen erfolgte, zeigen die ausgeführten Bauwerke dieser Art schon sehr deutlich den konstruktiven Gedanken der Mauerdammform infolge der Schrägstellung der wasserseitigen Abschlußwand, wodurch das Wassergewicht zur Erhöhung der Stabilität herangezogen wird. Verglichen mit dem Mauerdammprofile zeigen die ausgeführten Bauwerke wasserseitig eine größere Neigung, luftseitig entweder eine gleiche oder eine kleinere Neigung als die symmetrischen Neigungen des Mauerdammes.

Wenngleich wir es in Europa aus Gründen, die gewiß nicht in der Ängstlichkeit oder in der Unsicherheit der Erbauer liegen, nie zu solch kühnen Ausführungen bringen werden wie die Amerikaner, welche ihren Bauten bloß die praktischen Erfahrungen zu Grunde legen, die sie an ausgeführten Bauten machten und sich nicht viel um eingehende statische Untersuchungen kümmern, so wäre doch eine ausgiebige Anwendung des Sparmauerdammsystems, bei welchem die größtmögliche Ökonomie mit einer weitestgehenden, auf praktischem und theoretischem Wege zu ermittelnden Standicherheit und Materialbeanspruchung verbunden ist, im Hinblick auf eine zu erstrebende Ausbreitung einer rationellen Talsperrenwirtschaft auf das freudigste zu begrüßen.

Bei allen Sparmauerdammformen ergeben sich im wesentlichen dieselben Konstruktionsdetails wie beim vollen Mauerdammprofile; die sich gleichwohl zeigenden Unterschiede beruhen hauptsächlich auf der Verschiedenheit des in Anwendung kommenden Baumaterials.

Denn man wird für Talabschlüsse von großer Höhe nur in den selteneren Fällen Bruchsteinmauerwerk in Anwendung bringen; vornehmlich kommen daher Bauweisen in Beton bzw. Eisenbeton in Betracht.

Zur Wahrung der Vollständigkeit werden jedoch hier zwei Formen von Sparmauerdämmen zur Darstellung gebracht, welche gleichwohl noch in Bruchsteinmauerwerk ausgeführt werden können, da sie sich ihrer inneren Beschaffenheit nach mehr dem Mauerdamme mit vollem Profile nähern.

Es ist dies der Sparmauerdamm mit Stollen- oder Zellenaussparungen (Fig. 15 und 16). Diese Ausführungsart stützt sich wieder auf die Erkenntnis, daß der Mauerdamm nicht durch sein Gewicht, sondern vielmehr durch seine äußere Form wirkt, daß man demnach, wofern nur eine gesicherte Druckübertragung gewährleistet ist, an Mauerwerk sparen kann, indem man im Mauerdamme Höhlungen anordnet.

Es wäre z. B. ganz gut zu denken, daß man im Mauerdamme eine große Anzahl kleinerer Hohlräume oder Zellen anordnet, was bautechnisch und wirtschaftlich dadurch zu erreichen wäre, daß die Mauer in Hohlsteinen oder Hohlziegeln aufgeführt wird. (Siehe diesbezüglich auch die Fig. 13 und 14.) Nachdem jedoch für diese Ausführungsweise unbedingt versteifende Querrippen, eventuell sogar auch Längsrippen erforderlich sind, wenn die Wände der Hohlkörper nicht allzstarke Abmessungen erhalten sollen, so dürfte es wirtschaftlicher sein, viele kleine Hohlräume zu einem größeren zu vereinigen, wodurch man zu Zellenaussparungen (Fig. 15), bei Weglassung der Längswände zu Stollenaussparungen (Fig. 16) gelangt.

Sowohl die einzelnen Zellen, als auch die ausgesparten Stollenräume sind senkrecht übereinander angeordnet und nehmen in ihrer Größe nach unten zu ab. Wenn auch die so erzielten Kubaturersparnisse zum Teile durch die Erschwernisse bei der Bauausführung wieder wettgemacht werden, so bleiben immerhin noch genug Vorteile einer derartigen Ausführungsart übrig, vornehmlich dann, wenn man auf das schwer zu bearbeitende Bruchsteinmauer-







gute Verbindung der Pfeiler hergestellt erscheint. Eine weitere Versteifung der einzelnstehenden Rippen ist durch kleinere horizontale und vertikale Wände gebildet.

Wendet man bei einer Mauerdammform das Prinzip des Sparrrippendamms an, dann dürfte es wohl am besten sein, gleich zur äußersten Sparanwendung zu gehen, welche jedoch die Ausführung aller Konstruktionsteile in bestem Beton oder Eisenbeton erfordert.

Man wird den Sparrrippendamm hauptsächlich dort zur Ausführung bringen, wo sämtliche oder der größte Teil der Baumaterialien erst auf umständlichem Wege zugeführt werden müssen, andererseits bedarf man jedoch zu seiner Herstellung eines äußerst geschulten und vertrauenswürdigen Arbeiterpersonales. Wo dies nicht zutrifft, muß man unbedingt auf einfachere Formen des Sparmauerdamms, nötigenfalls sogar auf das volle Profil zurückgreifen.

Trotz der beim Sparrrippendamm erforderlichen großen Exaktheit in der Ausführungsweise kann dennoch infolge der Reduktion der großen Mauerwerkskubaturen einerseits, andererseits durch die Möglichkeit der Anstellung vieler Arbeitspartien ein rascher Arbeitsfortschritt erzielt werden.

Die Hohlräume gestatten ähnlich wie beim Sparmauerdamme mit Stollen- und Zellaussparungen eine leichte Begehbarkeit und Überwachung aller Teile, so daß allenfalls auftretende Schäden sofort bemerkt werden können. Die Ableitung des Sicker- und Tropfwassers kann leicht von statten gehen, der Ausgleich der Temperaturunterschiede wird keine ungünstigen Spannungen im Mauerwerkskörper hervorrufen. Für die Unterbringung der Entnahme, der Sand- und Schotterablässe ergeben sich vielfache Gelegenheiten.

---

Die im Vorstehenden dargestellten und beschriebenen Formen des Mauerdammes bzw. Sparmauerdammes bilden nur eine kleine Auslese aus allen in Betracht kommenden konstruktiven Möglichkeiten.

Die Auswahl für einen bestimmten Fall wird jeder Talsperrenerbauer mit Rücksicht auf die jeweiligen lokalen Verhältnisse, insbesondere je nach der Art des zur Verfügung stehenden Bau- und Arbeitermaterials treffen müssen und hat dabei einen weiten Spielraum für die Weiterentwicklung der in dieser Broschüre niedergelegten Gedanken.

---

## **Ökonomischer Vergleich des Mauerdammes bzw. des Sparmauerdammes mit einer Talsperrenmauer der gebräuchlichen Profilsform.**

Die besondere Wirtschaftlichkeit der im Vorstehenden vorgeführten Mauerdamm- bzw. Sparmauerdammprofile, sowie deren bauökonomische Vorteile — ganz abgesehen von ihren Vorzügen in statischer Hinsicht — können nur dann mit genügender Schärfe bemessen werden, wenn man eine den örtlichen Verhältnissen gut angepaßte Mauerdammtypen einer gleich hohen und gleiche Standicherheit verbürgenden Mauer von der bisher gebräuchlichen Profilsform gegenüberstellt.

Soll dieser Vergleich ein vollkommen objektives Resultat ergeben, so müssen alle jene Umstände, welche sowohl die Bau- als auch die Erhaltungskosten einer Sperre beeinflussen, in Form von genau zu ermittelnden Wertigkeiten in Rechnung gesetzt werden.

Die hauptsächlichsten hievon sind die Projektierungs- und Bodenuntersuchungskosten, die Gründungskosten sowohl hinsichtlich des Aushubes als auch des Mauerwerkes, die Kosten des aufgehenden Mauerwerkes, dessen Herstellung unter Berücksichtigung des zur Verfügung stehenden Materials, der Bauzeit und der Verwendung von Menschenkraft oder von Maschinen, schließlich auch alle Nebenbestandteile der Mauer, wie die Anbringung von Grundablässen, Hochwasserüberfällen, Wegüberführungen, die Abdichtung, die architektonische Ausgestaltung u. dergl.

Es würde dann eine derart durchgeführte Gegenüberstellung in ihrem hauptsächlichsten Endresultate zu den in Geldkosten ausgedrückten Vergleichswerten führen.

Erschöpfend wäre aber auch dieser Vergleich erst dann, wenn neben der Gegenüberstellung dieser Barwerte überdies jene ideellen

Momente in Betracht gezogen würden, welche den wahren Wert der beiden Vergleichsobjekte mitbestimmen, so insbesondere die Kräftewirkung, die Kräfteübertragung und die Standsicherheit.

Nur ein bis in alle Einzelheiten durchgerechnetes praktisches Beispiel kann die Vergleichswerte liefern, allgemein gehalten läßt sich dagegen dieser Vergleich nur äußerst schwer durchführen.

Nachdem aber eine derartige Untersuchung weit über den Rahmen der vorliegenden Broschüre hinausgehen würde, begnügte man sich hier, an einer im Baue befindlichen Talsperre wenigstens einen Vergleich hinsichtlich der Massen und der Materialspannungen durchzuführen, um schon an Hand dieser wenigen, jedoch wichtigsten Daten die Wirtschaftlichkeit der Mauerdammformen gegenüber dem gebräuchlichen Talsperrenmauerprofil vom Prinzipie des kleinsten Querschnittes darzustellen.

Unter Hinweis auf die diesbezügliche Fig. 18 und die Tafel, ferner auf die tabellarische Zusammenstellung auf Seite 46 ergibt sich folgendes:

1. Bei Annahme einer gleichen Fundierungstiefe für den Mauerdamm wie für das gebräuchliche Profil erhält man bei ersterem für den Erdaushub eine Mehrkubatur von zirka 25%. Da aber für beide Profilsformen (A und B in der Tafel, entsprechend Kolonne I und II der Tabelle) der Felsaushub nahezu gleich ist und den überwiegenden Teil des Ausbruches liefert, verschwindet diese Differenz gänzlich, insbesondere wenn man die Förderungskosten berücksichtigt. Man kann somit sagen, daß im Falle gleicher Fundierungstiefe die Kosten des Aushubes für das Mauerdammprofil und für das gebräuchliche Profil gleich sind.

2. Nachdem es jedoch beim Mauerdamm im Gegensatze zur Talsperrenmauer genügt, ihn nur ganz oberflächlich in die aufgeraute Felsoberfläche einzubinden, was praktisch durch Ausprengung niedriger Stufen geschieht, wogegen bei letzterer eine hinreichend tiefe Fundierung im festen Felsen Platz greifen muß, kann man beim Mauerdamm, ohne die objektive Vergleichsbasis zu verlassen, die Fundierungstiefe bis auf 40% der im Vorstehenden angenommenen reduzieren. Dann ergibt sich eine Gesamtkubatur des Aushubes, die kaum  $\frac{2}{3}$  jener des Talsperrenprofils vom Prinzipie

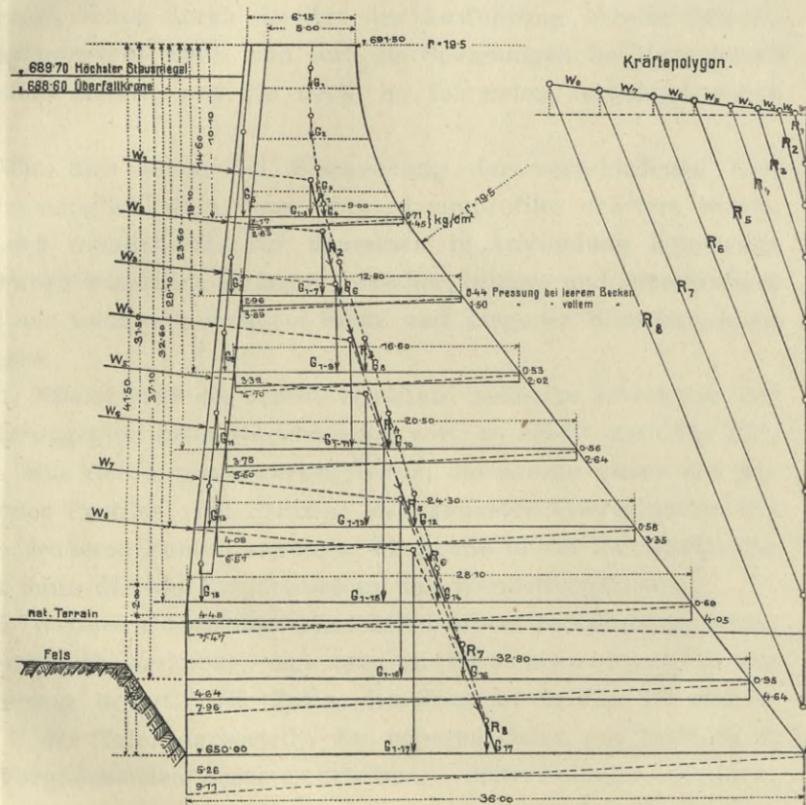


**Vergleichende Zusammenstellung des Fundamentausbaues, des Mauerinhaltes und der auftretenden Normalpressungen bei verschiedenen für die Talsperre in X. vorgeschlagenen Profiltypen.**

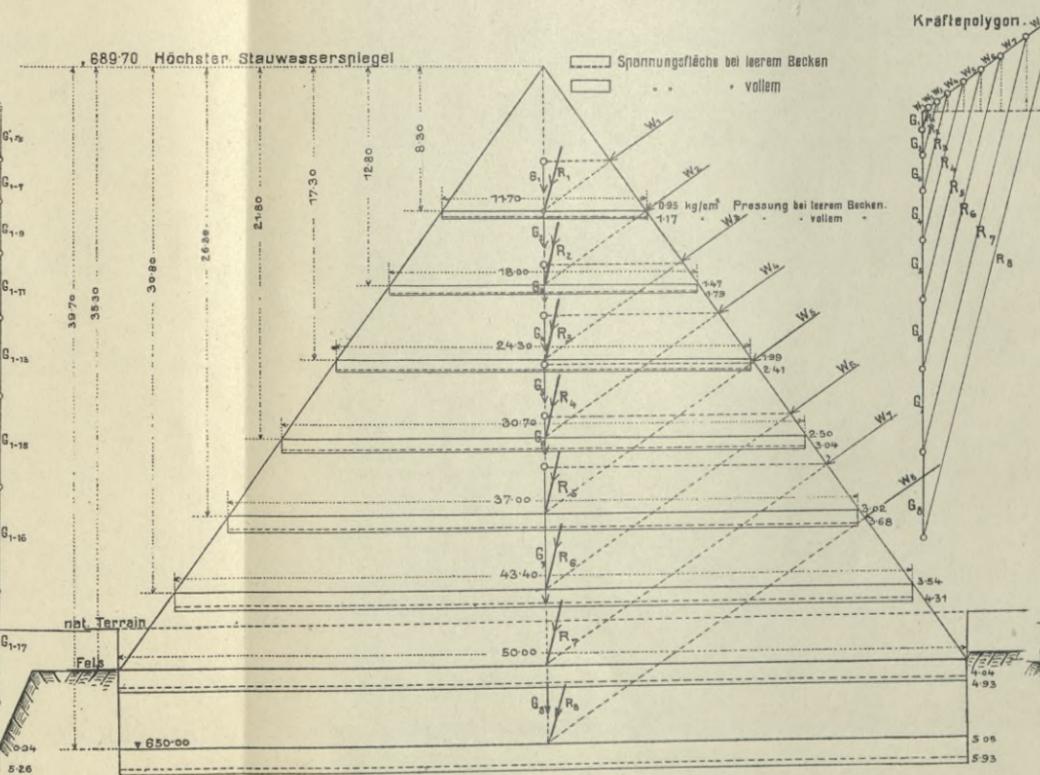
Tiefe der in Betracht kommenden Querschnittsbasis unter dem Hochwasserspiegel in Metern	I. Für das Mauerprofil A der im Bau befindlichen Talsperre in X.				II. Für das Mauerprofil B voll (Mauerdamm)				III. Für das Mauerprofil C mit Stollen-aussparungen (Sparrmauerdamm)				Anmerkung				
	Volumen des Mauerwerkes $m^3$	Gewicht des Mauerwerkes in $t$ ( $\gamma = 2.3 t/m^3$ )	Vertikale Belastung $t$ (Eigengewicht u. vertik. Wasserdr.)	Pressung bei leerem Becken $kg/cm^2$	Pressung bei vollem Becken $kg/cm^2$	Volumen des Mauerwerkes $m^3$	Gewicht d. Mauerwerkes in $t$ ( $\gamma = 2.3 t/m^3$ )	Vertikale Belastung $t$ (Eigengewicht u. vertik. Wasserdr.)	Pressung bei leerem Becken $kg/cm^2$	Pressung bei vollem Becken $kg/cm^2$	Tiefe d. in Betracht kommenden Querschnittsbasis unter dem Hochwasserspiegel in $m$	Volumen des Mauerwerkes $m^3$		Gewicht des Mauerwerkes in $t$ ( $\gamma = 2.3 t/m^3$ )	Vertikale Belastung $t$ (Eigengewicht u. vertik. Wasserdr.)	Pressung bei leerem Becken $kg/cm^2$	Pressung bei vollem Becken $kg/cm^2$
8.30	69.20	159.16	162.60	2.83	2.17	48.56	111.69	136.59	0.95	1.17	5.30	18.49	42.52	91.97	2.54	3.20	
12.80	120.38	276.88	285.07	3.89	2.96	115.20	264.96	322.56	1.47	1.79	10.30	49.39	113.60	257.29	2.96	3.94	
17.30	188.66	433.93	448.89	4.70	3.39	210.20	483.46	587.26	1.99	2.41	15.30	99.13	228.01	502.79	3.50	4.77	
21.80	273.66	631.42	654.18	6.60	3.75	334.63	769.65	934.68	2.50	3.04	20.30	167.43	385.19	838.68	4.18	5.74	
26.30	377.71	868.76	903.34	6.57	4.08	486.55	1119.03	1361.05	3.02	3.68	25.30	257.61	592.50	1255.46	4.88	6.73	
30.80	489.56	1146.03	1193.46	7.47	4.45	668.36	1537.23	1869.87	3.54	4.31	30.30	365.73	841.19	1739.27	5.47	7.56	
35.30	635.30	1461.19	1523.49	7.96	4.64	878.97	2021.63	2462.88	4.04	4.93	35.30	499.44	1148.72	2245.75	6.75	7.95	
39.70	786.61	1809.32	1895.52	9.11	5.26	1098.09	2525.61	2966.86	5.05	5.93	39.70	719.47	1654.79	2209.81	8.30	4.42	
Aushub in $m^3$						Fundierungssteile wie bei A		bei reduzierter Fundierungssteile		Fundierungssteile wie bei A		bei reduzierter Fundierungssteile					
Erde		6.340				8.400		8.400		8.400		8.400					
Fels		22.900				22.100		11.700		22.100		11.700					
Total		29.240				30.500		20.100		30.500		20.100					
Mauerwerks-Kubatur		55.100				65.900		55.600		43.000		35.600					

Vergleichende graphostatische Untersuchung verschiedener für eine im Bau befindliche Talsperre in Vorschlag gebrachter Profiltypen.

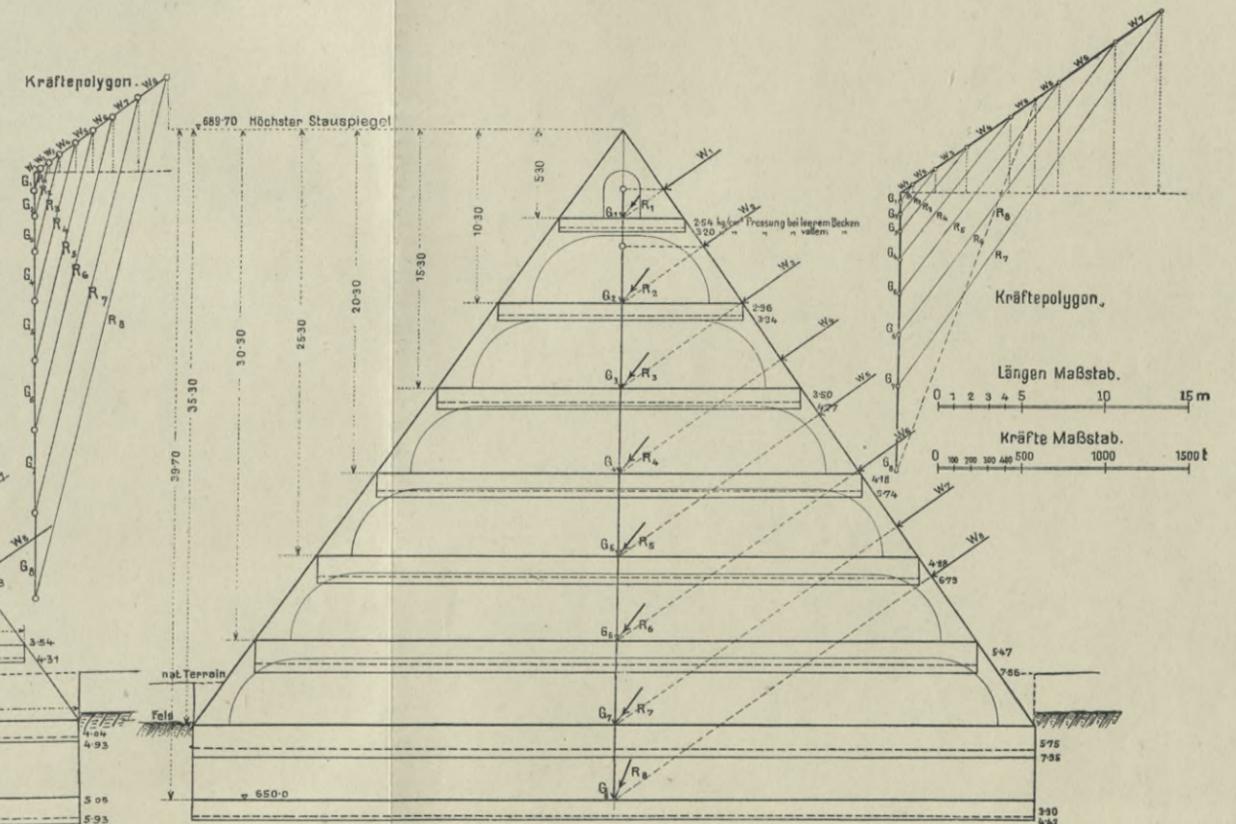
Mauerprofil A.  
(Projekt).



Mauerprofil B.  
(Mauerdamm).



Mauerprofil C.  
(Mauerdamm mit Stollenaussparungen,  
Sparmauerdamm).





des kleinsten Querschnittes beträgt und insbesondere deshalb so günstig ist, weil der teure Felsausbruch auf das halbe Volumen reduziert erscheint.

3. Der Aushubtiefe entsprechen die Volumina des Fundamentmauerwerkes und beeinflussen dadurch auch die Gesamtkubatur einer Mauerform. Nimmt man nämlich für den Mauerdamm die gleiche Fundierungstiefe wie für das alte Profil an, so ergibt sich für den ersteren ein Mehrverbrauch von rund 20% an Mauerwerk. Gleichwohl verliert dadurch das Mauerdammprofil nichts an Ökonomie. Denn man kann ruhig behaupten, daß dieser Mehrverbrauch schon durch die Art der Ausführung hereinzubringen ist, insbesondere wenn man auf die Spannungen im Mauerwerke Rücksicht nimmt, auf die noch im folgenden zurückgekommen wird.

Wie dies schon bei Besprechung der verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten eines Mauerdammprofiles erörtert wurde, läßt sich nämlich das für denselben in Anwendung kommende Mauerwerk wesentlich einfacher, rascher, billiger und zuverlässiger selbst aus weniger günstigem Stein und magerer Mörtelmischung erzeugen.

4. Nimmt man die bereits erwähnte zulässige Reduktion der Fundierungstiefe beim Mauerdamme vor, so erhält man für denselben eine Gesamtmauerwerkskubatur, die nahezu gleich der Kubatur des Profiles vom Prinzipie des kleinsten Querschnittes ist; die im früheren Punkte erwähnte Ökonomie in der Bauausführung ergibt dann direkte Ersparnisse in den Herstellungskosten.

5. Weitere Ersparnisse hinsichtlich Mauerwerkskubatur wären noch dadurch erzielbar, daß man ein Sparmauerprofil zur Ausführung bringt. Die Form desselben ist in Fig. 18 und im Prof. C der Tafel dargestellt, die näheren Daten auf Seite 46 in der »Vergleichenden Zusammenstellung«, dritte Kolonne enthalten. Man ersieht daraus, daß die Mauerwerksersparnis bei diesem Profile gegenüber der gebräuchlichen Mauer 12.100  $m^3$ , d. i. rund 22% beträgt.

Dagegen könnte nun eingewendet werden, daß diese Ersparnis an Mauerwerk wieder durch die verteuerte Herstellungsweise in-

folge der Stollenaussparungen ausgeglichen würde. Doch darf man nicht vergessen, daß infolge ihrer großen Menge derartige Stollengewölbe leicht und billig hergestellt werden können und die durch diese Herstellungsweise entstehenden Mehrkosten die Kosten einer Sperre vom gebräuchlichen Profile mit ihrer größeren Mauerwerkskubatur höchstens erreichen, aber nicht überschreiten. Dazu kommt noch der sehr wichtige Umstand, daß beim Sparmauerdämme alle jene günstigen Momente bestehen bleiben, die den Mauerdamm charakterisieren, so insbesondere die Möglichkeit einer seichteren Fundierung, was wegen des gerade im Fundament sich häufenden Mauerwerkes eine bedeutende Ersparnis ergeben würde (rund  $19.500 m^3$ , d. i. 35% gegenüber dem Profile A), so daß sich selbst durch Anwendung dieser teureren Herstellungsweise ganz bedeutende Ersparnisse in den Gesamtgestehungskosten erzielen ließen.

6. Nicht unerwähnt darf ferner der Umstand bleiben, daß bei den seitlichen Einbindungen einer Mauer — wie dies aus der Vergleichstabelle hervorgeht — bis zu einer Tiefe von  $12.80 m$  selbst das volle Mauerdammprofil noch eine kleinere Kubatur zeigt, wie das Profil vom Prinzipie des kleinsten Mauerquerschnittes, was den in den Längen meist bedeutend überwiegenden Enden einer Mauer sehr zu statten kommt.

7. Um schließlich zu den Spannungen überzugehen, so zeigen die in der Vergleichstabelle eingetragenen Werte äußerst günstige Verhältnisse beim Mauerdamm, ja selbst beim Sparmauerdämme gegenüber den gebräuchlichen Mauerprofilen. Denn abgesehen von der gleichmäßigen Verteilung derselben, dem Fehlen von Zugspannungen, dem geringfügigen Spannungszuwachs zwischen den beiden Belastungsextremen (leeres und volles Becken), sind sie bedeutend niedriger, beim vollen Profile sogar bis zu 50%.

Der im vorstehenden durchgeführte, ganz rohe Vergleich einer Sperrmauer nach der Dammform und nach dem Prinzipie des kleinsten Querschnittes bloß hinsichtlich der Kubaturen und der Spannungen zeigt schon die besondere Wirtschaftlichkeit und die Ökonomie der Baukosten bei der ersteren.

Dabei ist die Standsicherheit derartiger Talsperren eigentlich schon durch die Standsicherheit ihrer äußeren Form verbürgt;

ihr Material hat, weil es kleineren Drücken und gar keinen Stößen ausgesetzt ist, kleineren Anforderungen zu genügen, wodurch trotz größerer Sicherheit ihre Herstellungsmethoden einfacher und billiger werden.

Erwägt man noch überdies alle jene eingangs erwähnten Momente, so wird bei einer ganz flüchtigen Betrachtung derselben klar, insbesondere, wenn man sich die in den früheren Kapiteln dargestellten Mauerdammtypen vergegenwärtigt, daß der standsichere Mauerdamm in jeder Hinsicht den bisher gebräuchlichen Profilen weit überlegen ist.

## Schlußbetrachtungen.

An dieser Stelle möge es gestattet sein, einige wenige Worte den bisherigen statischen Untersuchungsmethoden von Talsperrenprofilen zu widmen.

Denn die Erkenntnis, daß die heute übliche Auffassungsweise kein absolut richtiges Bild über die Wirkungen der Kräfte und über die sich daraus ableitenden Materialspannungen und -Beanspruchungen gibt, ist Gemeingut aller Talsperrenkonstrukteure geworden. Auch die theoretischen Untersuchungen, welche Kreuter, Kresnik, Platzmann, Mohr und andere behufs Lösung dieser Frage anstellten, blieben ebenso wie verschiedene empirische Modellversuche ohne besonders bemerkenswerte Resultate.

Diese Mangelhaftigkeit des Verfahrens trat insbesondere wieder bei der statischen Untersuchung der in der vorliegenden Broschüre behandelten Mauerdammprofile zu Tage, weshalb auf folgende Umstände hingewiesen werden soll.

Um im allgemeinen einen klaren Einblick in das Wesen einer gemauerten Talabschlußkonstruktion zu erhalten, erscheint es notwendig, stets die Wirkung des Eigengewichtes solch großer Querschnittsformen von dem Einflusse des sie belastenden Wasserdruckes vollkommen zu trennen, welchem Umstande bisher eine viel zu geringe Bedeutung beigemessen wurde. Ferner geht es nicht an, bei der statischen Untersuchung großer Talsperrenprofile nach Methoden vorzugehen, die entsprechend den Gesetzen der Elastizitäts- und Biegungstheorie nur für verhältnismäßig kleine Querschnitte noch zutreffende Gültigkeit haben, so daß man bei den großen Sperrmauerprofilen unbedingt zu unrichtigen Schlußfolgerungen gelangen muß.

Zunächst zur Betrachtung des Eigengewichtes übergehend, ist es klar, daß die gebräuchliche Ermittlung der Fundament-  
 pression als Funktion des Gesamtgewichtes in seiner Wirkung  
 auf die Fundamentfläche, wenn diese als ein elastischer Querschnitt  
 des ganzen Körpers betrachtet wird, keine Gültigkeit haben kann.  
 Wird ja die Mauer nicht als fertiges Ganzes, etwa wie ein Träger,  
 abseits von der Verwendungsstelle erzeugt, vielmehr liegt es im  
 Wesen ihrer Herstellungsweise, daß sie sich eigentlich erst aus  
 einzelnen, durch Mörtel zusammengefügteten Steinmassen aufbaut,  
 weshalb das Verhalten der Mauer in ihrer Eigenwirkung ganz  
 von der Art ihrer technischen Ausführung selbst abhängt.

Um dies noch näher zu beleuchten, muß man sich den Arbeits-  
 vorgang und den Prozeß des allmählichen Abbindens, nach dessen  
 Beendigung erst ein elastischer Körper im Sinne unserer Festig-  
 keitsanschauungen vorliegt, klar vor Augen halten.

Dabei kommen für den Arbeitsvorgang zwei Extreme in  
 Betracht: bei dem einen würde die Mauer gewissermaßen zwischen  
 Formen in horizontalen Schichten aus einem Mörtelbrei ge-  
 gossen werden, was den in Fig. 19 dargestellten Verlauf der  
 Bodenpressungen ergibt.

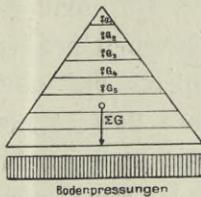


Fig. 19.

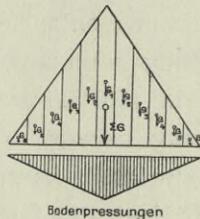


Fig. 20.

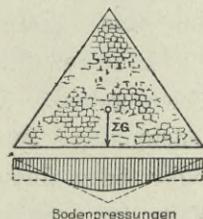


Fig. 21.

Das andere Extrem könnte man dadurch erzielen, daß die  
 Mauer in Quaderschichten oder in Hackelstein trocken ausgeführt  
 würde, wobei die horizontalen und vertikalen Fugen in  
 gleichen Ebenen liegen und später erst auf irgend eine Weise mit  
 Mörtel ausgegossen werden. Der voraussichtliche Verlauf der  
 Bodenpressungen für dieses Extrem erscheint in Fig. 20 dargestellt.

Der tatsächliche Vorgang beim Bau einer Talsperre, insbe-  
 sonders eines Mauerdammes liegt nun zwischen den beiden be-  
 sprochenen extremen Fällen und es werden daher die diesbezüglichen

Bodenbelastungen jeweils von dem speziellen Arbeitsvorgange und der Art der zur Verwendung kommenden Bindemittel, ferner von der Raschheit der Arbeit abhängen. Der Verlauf der Belastung wird demgemäß der in Fig. 21 dargestellten Mittellage zwischen den beiden Extremen entsprechen.

Diese Überlegung zeigt, daß es innerhalb gewisser Grenzen in der Hand des Erbauers liegt, die Wucht der Gewichtswirkung dorthin zu verlegen, wo es ihm am zweckdienlichsten erscheint.

Um dies zu illustrieren, braucht man sich nur einen Sparmauerdamm vorzustellen, bei welchem man mit Hilfe eines großen Gewölbes einen Teil der darüberliegenden Mauerwerksmasse unterfängt, während der freibleibende Teil erst nach vollständiger Abbindung und Setzung einfach ausgefüllt wird. Der erzielte Effekt besteht dann darin, daß die Gewichte auf die sonst minderbeanspruchten Außenseiten übertragen werden.

Jedenfalls wird bei jeder Bauausführung immer ein Vorgang eingehalten werden müssen, welcher innerhalb der beiden Extreme zu liegen kommt und dadurch von vornherein jede geradlinige Verteilung der Fundamentpressungen infolge der Eigengewichtswirkung ausschließt, da sozusagen dem Orte der größeren Mauerhöhe eine höhere Beanspruchung entspricht.

Eine primitive Erklärung kann man hiefür auch in folgender Weise geben. Die erste in Mörtel verlegte Schichte ruft eine gleichmäßige Druckverteilung hervor. Jede höhere Schichte, ja sogar jeder einzelne versetzte Stein kann seinen Lastanteil nur im Wege der bereits unterhalb liegenden Schichte auf das Fundament übertragen.

Die Art und die Größe dieser Übertragung hängt jedoch im wesentlichen von dem Erhärtungszustande der unterhalb gelegenen Schichten ab. Ist nämlich die Abbindung der unteren Schichten eine vollkommene, dann kann von einer elastischen Übertragung der Last auf die Fundamentfläche in der Richtung der Widerstandslinien gesprochen werden.

Wird jedoch die oberste Arbeitsschichte bzw. der einzelne Stein auf einer stark nachgiebigen, noch nicht elastisch wirkenden Unterlage aufgebracht, dann erfolgt seine Gewichtübertragung

auf das Fundament ähnlich wie beim besprochenen Quaderquerschnitt (siehe Fig. 20) in der Richtung der Schwere, eine Verteilung seiner Gewichtswirkung auf die ganze Fundamentfläche kann nicht erwartet werden.

Bei normalem Verlaufe der Bauausführung und ebensolcher Verwendung des gebräuchlichen Materials wird man es daher mit einer Kombination der verschiedenen möglichen Gewichtswirkungen zu tun haben und infolge der unsicheren Art der Beurteilung aller in Betracht kommenden Umstände sich damit begnügen müssen, die extremen Wirkungsfälle halbwegs genau zu erfassen, wobei es für die Verwertung dieser Erkenntnis vollkommen hinreichend sein dürfte, das Mittel der bereits früher eingehend besprochenen beiden Extreme in Rechnung zu setzen.

Handelt es sich jedoch um die Beurteilung des vorhandenen Sicherheitsgrades, so wird man die Extreme selbst in ihrer Wirkung heranziehen und die aus diesen resultierenden ungünstigen Einflüsse summieren.

Wesentlich klarer, bezw. innerhalb kleinerer Fehlergrenzen gelegen ist die Wirkungsweise des Wasserdruckes. Insbesondere dann gestaltet sich der Einblick relativ einfach, wenn man den Wasserdruck als solchen in seinem Übertragungsdurchgange durch die Mauer und überdies die Bestimmung einer Talsperre im Auge behält, den Wasserdruck aufzunehmen und auf das stand-sichere Fundament zu übertragen.

Dann ist es nur notwendig, sich über das Verhalten der Abschlußkonstruktion — sei dies ein Damm, eine Mauer in Beton, Quader-, Mörtel- oder Trockenmauerung — hinsichtlich ihrer Festigkeit Klarheit zu verschaffen. Denn wesentlich ist nur, ebenso wie beim Eigengewichte, die Wirkung des Wasserdruckes auf das Fundament: demgegenüber bleiben die Einflüsse der inneren Gewichtsverteilung einer Mauer auf den Durchgang des Wasserdruckes von nebensächlicher Bedeutung.

Von diesen Erwägungen ausgehend waren nun die Verfasser bemüht, auf Grund einer neuen Methode die Wirkungen des Eigengewichtes und des Wasserdruckes bei einer Talsperrenkonstruktion mit besonderer Berücksichtigung des Mauerdammes neu zu untersuchen.

Wiewohl diese Untersuchung noch zu keinem endgültigen Abschlusse gelangt ist, verspricht sie heute schon sehr bemerkenswerte Ergebnisse zu liefern, welche das Verhalten eines derartigen Bauwerkes unter dem Einflusse des Eigengewichtes und des Wasserdruckes scharf zu charakterisieren ermöglichen und einen wichtigen Beitrag zur Lösung der Talsperrenfrage zu bilden geeignet sind. Diese in Bälde erscheinende Publikation, für welche die in der vorstehenden Broschüre niedergelegten konstruktiven Betrachtungen die Grundlage bilden sollen, sei hiemit geziemend angekündigt.

---

## Literatur-Verzeichnis.

---

- Intze (Link), Die geschichtliche Entwicklung, die Zwecke und der Bau von Talsperren. — Zeitschrift d. Ver. deutscher Ing. 1906.
- Koehn, Ausbau von Wasserkraften. — Handbuch der Ingenieurwissenschaften III, 13; Leipzig 1908.
- Kresnik, Das kleinstmögliche Querprofil der Talsperrenmauern. — Zeitschrift d. Österr. Ing.- u. Arch.-Vereines 1904.
- Kreuter, Die Berechnung der Staumauern. — Zeitschrift f. Bauwesen 1894.
- Mohr, Der Spannungszustand einer Staumauer. — Zeitschrift d. Österr. Ing.- u. Arch.-Vereines 1908.
- Platzmann, Über den Querschnitt der Staumauern. — Leipzig 1908.
- Ziegler, Der Talsperrenbau. — II. Aufl., Berlin 1911.
-





61



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

33098

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

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000305742