

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II

L. inv.

4428

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294566

Neuere Wasserkraftanlagen  
in Thüringen.



T 37a

25



Neuere Wasserkraftanlagen  
in Norwegen.



737a



# Neuere Wasserkraftanlagen in Norwegen

---

Von

**E. DUBISLAV**

Regierungs- und Baurat in Münster

---

Mit 140 in den Text gedruckten Abbildungen

*F. Nr. 28540*



München und Berlin

Druck und Verlag von R. Oldenbourg

1909

*2374*



II 4428



## Vorwort.

Schon mehrfach war es mir vergönnt, hervorragende wasserbautechnische Anlagen in Norwegen besichtigen und studieren zu können. Gänzlich dem Studium der dortigen wasserwirtschaftlichen Verhältnisse und im besonderen der Anlagen zur Ausnutzung der Wasserkräfte gewidmet war eine im Juni bis Juli 1908 ausgeführte sechswöchentliche Reise.

Die bei den auf fast alle größeren Neuanlagen ausgedehnten Besichtigungen sowie im lebendigen Verkehr mit einer großen Zahl norwegischer Ingenieure gewonnenen Erfahrungen und gesammelten Kenntnisse bilden die Grundlage der nachstehenden Ausführungen. Ergänzt und erweitert wurden die mir gemachten Angaben sodann durch das Studium der einschlägigen technischen Literatur. Besonders genannt seien die von dem früheren Kanaldirektor Saetren verfaßten Beschreibungen der Gebiete des Glommens und des Skienflusses.

Ihr Entstehen verdankt die Arbeit dem Wunsche, weiteren Kreisen eine Übersicht über den in den letzten Jahren in Norwegen erfolgten Aufschwung auf dem Gebiete der Wasserkraftnutzung und über die Eigenart neuerer, diesen Zweig der Wasserwirtschaft betreffender Bauausführungen zu geben.

Indem ich für die mir überall in entgegenkommendster Weise gewährte Unterstützung meinem besten Danke Ausdruck gebe, möchte ich hervorheben, daß mir die Wege besonders geebnet worden sind durch die liebenswürdige Vermittlung der Herren Direktor Stub und Generaldirektor Ingenieur Eyde in Kristiania.

Im einzelnen sei noch bemerkt, daß für die Bezeichnung einer Nutzpferdekraft unter Annahme einer Nutzwirkung der Turbinen von 75 v. H. der Ausdruck  $PS_e$  gewählt worden ist.

Das norwegische Wort „fos“ (Wasserfall) ist zur Vermeidung von Mißverständnissen beibehalten, weil der Name des Wasserfalles meistens gleichzeitig Ortsname ist.

Die Darstellungen der Niederschlagsgebiete der einzelnen Wasserläufe sind der bekannten hydrographischen Karte von Saetren entnommen.

Münster, im April 1909.

**Der Verfasser.**

## Inhaltsverzeichnis.

---

	Seite
Entwicklung der Wasserkraftnutzung in Norwegen . . . . .	1
Rechtliche Verhältnisse . . . . .	11
Seeregulierungen und Wasserkraftanlagen im Gebiet des Skienflusses:	
A. Allgemeine Übersicht . . . . .	25
B. Regulierung des Moes-Sees . . . . .	27
C. Regulierung des Tin-Sees . . . . .	32
D. Regulierung der Bandak-Seen . . . . .	37
E. Kraftanlage am Svaelgfos bei Notodden . . . . .	43
F. Kraftanlage am Rjukanfos im Westfjordtal . . . . .	56
G. Kraftanlage am Mofos bei Skien . . . . .	63
H. Ältere Kraftanlagen . . . . .	66
Wasserkraftanlage am Gravfos bei Drammen . . . . .	79
Wasserkraftanlage am Dalsfos bei Kragerö . . . . .	88
Wasserkraftanlage am Evenstadfos bei Arendal . . . . .	102
Wasserkraftanlage am Oltedalsfos bei Stavanger . . . . .	107
Wasserkraftanlage am Tyssebach bei Odda am Hardanger- fjord . . . . .	111
Wasserkraftanlage am Skjenaldfos bei Thamshavn am Dront- heimfjord . . . . .	120
Wasserkraftanlage am oberen und niederen Lerfos bei Dront- heim . . . . .	128
Wasserkraftanlage am Turifos bei Meraker . . . . .	138
Stand der Wasserkraftnutzung am Glommen . . . . .	146
Wasserkraftanlage am Tistedalsfos bei Frederikshald . . . . .	161
Wasserkraftanlage oberhalb des Maridals Sees am Akersfluß bei Kristiania . . . . .	171

---



## Entwicklung der Wasserkraftnutzung in Norwegen.

Im Mittelalter stand die Ausnutzung der Wasserkräfte in Norwegen ebenso wie in den übrigen Ländern Europas auf einer sehr niedrigen Stufe. Erst in der Mitte des 16. Jahrhunderts entstanden einige größere Sägemühlen, in denen das in den Wasserläufen herabgeflößte Rundholz für die Ausfuhr in das Ausland zerschnitten wurde. Wahrscheinlich ist eine derartige Ausnutzung von Wasserkräften in Norwegen zuerst in der Stadt Skien etwa im Jahre 1530 erfolgt, da die örtlichen Verhältnisse hier ganz besonders günstig waren: Die unterste natürliche Staustufe des Skienflusses lag in der Stadt Skien selbst, und unterhalb dieser Staustufe war der Fluß für Seeschiffe fahrbar.

Späterhin nahm diese Industrie infolge des ungeheuren Holzreichtums des Landes eine große Ausdehnung an und erlangte eine hohe Bedeutung für die Entwicklung desselben.

Außer für den Betrieb von Sägemühlen wurden Wasserkräfte auch für den Betrieb einiger größerer Mahlmühlen ausgenutzt, welche letztere jedoch einen besonderen Aufschwung nicht verzeichnen konnten.

Fernerhin dienten Wasserkräfte schon im 17. Jahrhundert zum Betriebe von Eisenwerken, so in Fossum bei Skien und in Ulefos am Nor-See.

Die Erzeugung der Kraft erfolgte durch die Verwendung von Wasserrädern einfachster Konstruktion, deren Betrieb jedoch sowohl bei Hochwasser, wie auch bei Niedrigwasser stets längere Zeit eingestellt werden mußte.

Bedeutend erhöht wurde der Wirkungsgrad der Wasserkraftmaschinen durch die Mitte des 18. Jahrhunderts erfolgte Erfindung der Turbinen, welche letztere auch in Norwegen in kurzer Zeit vielfach eingeführt wurden.

Immerhin aber hielt sich die Ausnutzung der Wasserkräfte noch viele Jahrzehnte lang in engen Grenzen. Von den in großer Anzahl über das ganze Land zerstreuten, teilweise große Nutzhöhen aufweisenden Wasserfällen lagen nur wenige an der See oder in der Nähe derselben; den natürlichen Verhältnissen entsprechend befanden sich die meisten der Fälle vielmehr an schwer zugänglichen Stellen der Gebirgstäler.

Die Verwendung von Kraft mußte, dem damaligen Stande der Wissenschaft entsprechend, am Orte der Kraftgewinnung erfolgen, was zur Folge hatte, daß eine wirtschaftliche Verwertung der meisten Kraftquellen nicht in Frage kommen konnte.

Ferner war in dem industriearmen Lande ein Bedarf für größere Kraftmengen überhaupt nicht vorhanden, so daß schon die Verwertung der an der See oder in der Nähe derselben gelegenen Kraftquellen auf Schwierigkeiten stieß. Sehr ungünstig wirkte auch der etwa im Jahre 1860 eintretende Niedergang der Eisenindustrie, der viele Triebwerksbesitzer zwang, wiederum Sägemühlen einzurichten.

Mehr Nachfrage nach Kraft entstand, als von dem Deutschen Friedrich Heller i. J. 1843 die Holzschleiferei erfunden wurde und Ende der sechziger Jahre die ersten Holzmassefabriken in Norwegen entstanden. Gerade für diesen Industriezweig lagen die dortigen Verhältnisse außerordentlich günstig, da das in den ausgedehnten Wäldern geschlagene, an und für sich billige Holz fast immer auf dem Wasserwege zu den Verwendungsstellen transportiert werden konnte.

Zur Übersicht darüber, welchen Aufschwung die Herstellung von Holzstoff mit der Zeit in Norwegen genommen hat, sei erwähnt, daß die Produktion im Jahre 1876 30000 t, im Jahre 1905 aber 500000 t nasser Holzmasse im Werte von etwa 17 Mill. M. betrug.

Nach wie vor kamen jedoch nur die an der See oder in der Nähe derselben liegenden, an Zahl und Größe verhältnismäßig geringen Kraftquellen in Betracht.

Diese Verhältnisse haben sich inzwischen seit dem Beginn der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts von Grund aus geändert. Von größter Bedeutung war zunächst die auf der Internationalen Ausstellung in Frankfurt a. M. im Jahre 1891 durchgeführte praktische Lösung des Problems der elektrischen Fernübertragung. Hiermit ergab sich die Möglichkeit einer wirtschaftlichen Ausnutzung von

abseits liegenden oder aus anderen Gründen für eine direkte Ausnutzung weniger passenden Wasserfällen. Weiterhin konnte man jetzt das Gefälle einer größeren Flußstrecke zusammenfassen und an einer Stelle eine große Kraftanlage erbauen, während bisher die Unverwendbarkeit so großer Kraftmengen an einem Punkte nur eine teilweise Ausnutzung in einer größeren Zahl kleinerer Anlagen zugelassen hatte. Außerdem ergab sich noch der große Vorteil, daß sich die Kosten für jede ausgebaute Pferdekraft in hohem Maße erniedrigten, je größer die Zahl der in einer einzigen Anlage gewonnenen Pferdekraften wurde.

Von hoher Bedeutung erwies sich fernerhin die Möglichkeit der Verteilung der gewonnenen Energie und Abgabe der überschüssigen Kraft an andere Fabriken.

Waren bisher die im Innern des Landes liegenden Wasserfälle fast wertlos gewesen, Diamanten vergleichbar, die sichtbar in einem Abgrund liegen, deren Hebung aber unmöglich ist, so wurden diese Wasserfälle jetzt Vermögensobjekte. Hierbei darf aber nicht übersehen werden, daß es sich um viel mehr als um eine bloße Wertsteigerung handelte, weil kohlenarme, aber an Wasserkraft reiche Länder, wie die Schweiz und besonders Norwegen, durch diese Entwicklung der Wasserwirtschaft und die damit verbundene Gewinnung von Kraft in hohem Grade unabhängig vom Ausland wurden.

Wenn durch die Erfindung der elektrischen Fernübertragung von Kraft die Möglichkeit einer Ausnutzung auch der im Innern des Landes vorhandenen Naturschätze gegeben worden war, so wurde der tatsächliche Wert der durch Wasserkraftanlagen gewonnenen Energie jedoch wie der einer jeden Ware durch Angebot und Nachfrage bestimmt.

In einzelnen von der Natur mit Wasserkraften reich ausgestatteten Ländern, wie in Oberitalien und in der Schweiz, war infolge der ausgedehnten Industrie und der dichten Bevölkerung ein großer Kraftbedarf und somit ausreichende Gelegenheit für die Verwertung von Energie vorhanden.

Die Möglichkeit der Fernübertragung derselben genügte somit, um einen lebhaften Ausbau der Wasserkraften herbeizuführen.

In Norwegen lagen die Verhältnisse ungünstiger. Das Land ist dünn bevölkert und verhältnismäßig industriearm. Naturgemäß ist auch der Kraftbedarf deshalb ein geringer.

Einen bedeutenden Aufschwung nahm, wie schon erwähnt, die Holzmassefabrikation. Auch entstanden in der Nähe größerer

Städte Elektrizitätswerke, welche die für die elektrische Beleuchtung, für den Betrieb von Straßenbahnen und auch einzelner Fabriken erforderliche Energie lieferten; fast überall aber ergab sich ein Überschuß an Kraft, dessen Verwertung mit Schwierigkeiten verbunden war.

Hier traten helfend die neueren Erfindungen auf dem elektrochemischen und elektrometallurgischen Gebiet ein, und bilden diese Erfindungen das zweite wichtige Moment in der Entwicklung der Ausnutzung der Wasserkräfte in Norwegen: Einerseits nahmen die Herstellung von Karbid, von Aluminium, die Veredelung von Erzen sowie eine ganze Reihe anderer neuerer Industriezweige eine nicht unbedeutende Menge von Kraft auf; in der Hauptsache aber ist es die geniale Erfindung der Gewinnung des Stickstoffes aus der Luft, der Norwegen die Nutzbarmachung seiner Kraftquellen im großen zu verdanken haben wird, da in diesem Fabrikationszweig bei dem ungeheuren Bedarf der Kulturländer an Stickstoffdünger viele Hunderttausende von Pferdestärken mit wirtschaftlichem Nutzen Verwendung finden können, ohne daß eine Überproduktion befürchtet zu werden braucht.

In engster Verbindung mit dem Ausbau von Anlagen zur Gewinnung von Wasserkraft nahm noch ein anderer Zweig der Wasserwirtschaft einen hohen Aufschwung.

Die Flüsse und Ströme Norwegens weisen, wie alle Gebirgsflüsse, hinsichtlich der Kraftausnutzung große Vorteile, aber auch große Nachteile auf. Vorteilhaft ist das starke, an vielen Stellen schon von Natur aus an einzelnen Stufen vereinigte Gefälle. Ferner ist der infolge der hohen Niederschläge vorhandene Wasserreichtum ein sehr großer. Einer möglichst wirtschaftlichen Verwendung dieses Wasserschatzes stellte sich aber der Umstand hinderlich in den Weg, daß der Abfluß der Wassermengen in fast allen Flüssen ein außerordentlich ungleichmäßiger und unregelmäßiger war: Die Niedrigwasserzeiten dauerten sehr lange, während bei den im Frühjahr und meist auch im Herbst eintretenden Hochwässern ungeheure, schadenbringende Wassermengen zu Tal gingen.

Diese Nachteile machten sich schon stets sowohl für die Flößerei und die Schifffahrt als auch für alle Wasserkraftanlagen in hohem Umfange geltend. Ein gewisser Ausgleich erfolgte zwar von Natur aus durch die außerordentlich vielen Seen, in denen sich bei Hochwasser ein Teil der Wassermengen aufspeicherte, um dann langsamer zu Tal zu fließen; auch die vielen umfangreichen Gletscher



und Schneefelder im Hochgebirge wirkten als Speicher und hatten einen günstigen Einfluß hinsichtlich der Ausgleichung des Wasserabflusses. Diese von der Natur gegebenen Hilfsmittel erwiesen sich aber als unzureichend, und man hatte deshalb schon in früheren Jahren mit teilweise großem Erfolge versucht, den Fassungsraum der großen Binnenseen durch wasserbautechnische Maßnahmen zu vergrößern und dadurch Becken zur Aufspeicherung des Wassers zu schaffen. Dies geschah entweder durch zeitweise Senkung des gewöhnlichen Wasserstandes oder durch Aufstauen desselben. Ließen es die örtlichen Verhältnisse zu, so wurden Vorkehrungen getroffen, den Speicherraum durch beide Mittel zu vergrößern.

Bei den kleineren Flüssen war der Hauptzweck die Erleichterung und Förderung der Flößerei; eine bessere Ausnutzung der Wasserkräfte kam wenig oder gar nicht in Frage. Aus diesem Grunde finden sich in den Gebieten derartiger kleiner Wasserläufe fast nur Vorrichtungen zum Aufstauen des Wassers sowohl am Ausflusse von Seen, als auch bei den natürlichen Staustufen. Im ersteren Falle war der Zweck die Ansammlung von Wasser, um während der Flößzeit in den Bachbetten eine für den Transport des Holzes genügende Wassermenge zur Verfügung zu haben. Im zweiten Falle wurden einzelne Strecken der Bäche durch Vergrößerung der Wassertiefe erst flößbar. Auch hatte es sich zur besseren Erhaltung der Holzstämme als sehr zweckmäßig erwiesen, das Gefälle möglichst an einzelnen Punkten zu vereinigen und für die gefahrlose Überwindung der Fallhöhen hölzerne Floßrinnen mit geringem Gefälle und Längen von Hunderten von Metern zu erbauen.

In größerem Maßstabe kam das Mittel der Anstauung für Schifffahrtzwecke zur Anwendung, da sich die Schiffbarmachung von Flüssen, insbesondere von zwischen einzelnen Seen liegenden Flußstrecken infolge des oft steil ansteigenden und fast wertlosen Geländes in den meisten Fällen durch Hebung des Niedrigwasserspiegels mit geringen Kosten erreichen ließ. Das größte Beispiel in dieser Hinsicht bietet die in den Jahren 1887 bis 1892 ausgeführte Regulierung der Bandak-Seen im Gebiet des Skienflusses, welche gleichzeitig eine außerordentliche Verbesserung für alle unterhalb liegenden Wasserkraftanlagen mit sich führte.

In großem Umfange ist die Regulierung der vorhandenen Seen, d. h. ihr Ausbau zu Speicherbecken, erst innerhalb des letzten Jahrzehnts in Angriff genommen worden, nachdem durch die Erfin-

dungen der Neuzeit die Möglichkeit einer wirtschaftlichen Verwertung der großen Wasserschätze des Landes geschaffen worden war. Wenn auch in allen Fällen das Prinzip dasselbe blieb, so ist doch die Wirkung dieser Bauten je nach der Zahl und Höhe der in dem zugehörigen, unterhalb liegenden Teil des Niederschlagsgebietes vorhandenen ausbauwürdigen Wasserkräfte eine sehr verschiedene.

Im Westen Norwegens sind die Niederschlagsgebiete der Flüsse und Bäche oft sehr klein, die Fallhöhen dagegen sehr bedeutend.

Um große Kraftmengen zu erzeugen, genügen somit kleine Wassermengen, sobald es gelingt, durch Zuschußwasser aus Staubecken während des ganzen Jahres einen möglichst gleichmäßigen sekundlichen Abfluß herbeizuführen. In solchen Fällen, in denen die Ausnutzung des Gefälles in einer oder doch nur in wenigen Staustufen erfolgt, bilden diese Maßnahmen zur Aufspeicherung und Herbeiführung eines gleichmäßigen Abflusses des Wassers die Grundlage der gesamten Wasserkraftanlage und müssen gleichzeitig mit letzterer zur Ausführung gelangen.

Ich glaube, daß gerade an den Bächen mit kleinem Niederschlagsgebiet in dem Westen Norwegens noch ganz bedeutende Kraftquellen gefunden werden können, von deren Vorhandensein man zur Zeit überhaupt noch keine Kenntnis hat.

Bei den großen Flußgebieten im Osten des Landes liegen die Verhältnisse insofern anders, als hier die Seeregulierungen meistens nicht unbedingte Voraussetzungen für einen Ausbau unterhalb liegender Wasserfälle sind, der Wert der letzteren sowie auch der der schon ausgebauten Kraftanlagen durch derartige Maßnahmen aber meistens um ein Vielfaches erhöht wird.

Die Ausführung von Seeregulierungen erfolgt meistens durch Vereinigungen der Triebwerksbesitzer, von welchen die infolge der in vielen Fällen zu zahlenden hohen Grundentschädigungen nicht unbedeutenden Kosten aufgebracht werden müssen.

In den größeren Flußgebieten übt im weiteren die Regulierung der Seen noch einen sehr günstigen Einfluß auf die Abschwächung der Hochwassergefahren aus. Schon aus diesem Grunde dürfte es, ganz abgesehen davon, daß mit einer Erhöhung des Wertes der Wasserfälle und deren industrieller Ausnutzung eine enorme Vergrößerung des Nationalvermögens verbunden ist, angezeigt sein, daß der Staat im allgemeinen öffentlichen Interesse die Regulierung der großen, im Hochgebirge liegenden Seen auch durch Beihilfen

unterstützt. Eingetreten ist eine solche pekuniäre Förderung jedoch bisher nur in den wenigen Fällen, in denen es sich gleichzeitig um Verbesserung der Schiffahrtsanlagen handelte.

Auch sei bemerkt, daß in Norwegen die Meinungen, in welcher Art und Weise die Staatsinteressen bei dem Ausbau von Wasserkraften und der Durchführung von Seeregulierungen gewahrt werden sollen, zurzeit sehr geteilt sind.

Norwegen ist kein reiches Land. Aus diesem Grunde ist es natürlich, daß eine so schnelle und umfangreiche Entwicklung der Wasserkraftanlagen und der durch dieselben ins Leben gerufenen neuen Industrien nur mit der Hilfe ausländischen Kapitals möglich war. Die Befürchtung, daß durch die Ansammlung zu großer Werte in einer Hand oder in den Händen von in naher Verbindung miteinander stehenden Gesellschaften sowohl in politischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht ein ungünstiger Einfluß auf die Entwicklung des Landes ausgeübt werden könnte, hat in den letzten Jahren dazu geführt, durch gesetzliche Bestimmungen die Beteiligung von Ausländern und ausländischem Kapital sowohl bei dem Erwerb von Wasserfällen, Wäldern und Bergwerken als auch bei der Übertragung von Nutzungsrechten an durch Wasserkraft erzeugter elektrischer Energie einzuschränken.

Um sich einen Überblick über die jetzige Sachlage verschaffen zu können, sollen die wichtigsten Bestimmungen betr. die Bildung von Gesellschaften für den Erwerb und den Betrieb von Wasserkraftanlagen und Bergwerken in einem besonderen Aufsatz zusammengestellt werden.

Über den Gesamtumfang der in Norwegen vorhandenen ausbauwürdigen Wasserkräfte liegen einigermaßen sichere Angaben nicht vor. Der vor kurzer Zeit erst aus dem Staatsdienst geschiedene Kanaldirektor Saetren, wohl der beste Kenner der Wasserverhältnisse in Norwegen, hat sich im April 1806 in einer Versammlung des Norwegischen Architekten- und Ingenieurvereins dahin geäußert, daß nach seiner Ansicht mindestens 3 Mill. PS<sub>e</sub> gewonnen werden könnten, doch seien die vorhandenen Unterlagen unzureichend und müßten erst durch jahrelang andauernde Untersuchungen ergänzt werden.

Über die bisher ausgeführten und in der Ausführung begriffenen größeren Anlagen von wenigstens 1000 PS<sub>e</sub> gibt die nachstehende Tabelle eine Übersicht. Entnommen ist diese Tabelle den von Herrn Saetren der Kommission zur Vorberatung der neuen Wasser-

gesetze übermittelten Angaben; die Kursivzeilen und -zahlen enthalten Ergänzungen, für welche die Unterlagen bei den von mir ausgeführten Besichtigungen gesammelt worden sind.

### Verzeichnis größerer Wasserkraftanlagen in Norwegen.

Flußgebiet	Bezeichnung der Kraftanlage	PSe	
		min. 3000	1000-3000
Tistedalsfluß	Oerjebrug		1 040
	Tistedalsfos: Holzschleiferei Elektrizitätswerk	3 500	2 500
Glommen	Skonningsfos: Holzschleiferei		1 025
	Mago: Holzschleiferei		2 000
	Bönsdalens: Holzschleiferei		1 350
	Fundenfos: Holzschleiferei		1 000
	Kykkelsrud: Elektrizitätswerk und Holzschleiferei	16 000	
	Sarpsfos:		
Akerfluß	Borregaard: Elektrizitätswerk, Papier- fabrik, Holzschleiferei (14 000 PSe)	15 600	
	Hafslund: Elektrizitätswerk, Zellulose- fabrik	28 000	
	<i>Vammafos: Elektrizitätswerk</i>	45 000	
Drammensfluß	Bjoelsen: Walzmühle		1 000
	Nydalens Fabriken		1 000
	<i>Kristiania - Elektrizitätswerk</i>		2 400
Drammensfluß	Bergefos		1 250
	Kistefos: Holzschleiferei		2 300
	— Viul: Holzschleiferei		2 840
	Hensfos: Hens Holzschleiferei		1 250
	Aadalens Holzschleiferei		1 880
	Baegna: Holzschleiferei		1 400
	Hofsos: Holzschleiferei		1 400
	Follumfos: Holzschleiferei		1 700
	Hönefos-brug	6 700	
	Gjeithusfos: Papierfabrik		2 000
	Gravfos: Elektrizitätswerk	7 800	
	Ramfos: Holzschleiferei		1 000
	Embretsfos: Papierfabrik	6 000	
	Haugsfos: Holzschleiferei		1 200
	Hellefos: Papierfabrik		2 700
	Übertrag:	128 600	34 235

Flußgebiet	Bezeichnung der Kraftanlage	PSe	
		min. 3000	1000-3000
	Übertrag:	128 600	34 235
Numedalslaagen	Kongsberg: Holzschleiferei		1 000
	Labro: Holzschleiferei		2 200
	Vittingfos: Holzschleiferei		1 000
Farisfluß	Fritzoe: Elektrizitätswerk Holzschleiferei		2 550
Skienfluß	<i>Rjukanfos: Elektr. Anlage</i>	220 000	
	Svaelfos: Elektr. Anlage	40 000	
	Tinfos: Elektrizitätswerk und Holzschleiferei	9 400	
	Ulefos: Cappelens Holzschleiferei		1 750
	Aals Holzschleiferei		1 000
	Skotfos: Union & Co., Papierfabrik und Holzschleiferei	12 500	
	<i>Klosterfos und Damfos: Holzschleifereien</i>		2 400
	<i>Mofos: Elektrizitätswerk, Holzschleif.</i>		2 500
Krageröfluß	Vafos: Holzschleiferei		2 000
	<i>Dalsfos: Elektrizitätswerk, Karbidfabr.</i>	6 000	
Arendalsfluß	Evenstadfos: Elektrizitätswerk		2 500
	Rygene: Holzschleiferei	3 000	
Topdalsfluß	Boenfos: Holzschleiferei, Sägemühle		1 000
Otteraa	Paulefos: Elektrizitätswerk		2 000
	Hundsfos: Papierfabrik, Holzschleif. <i>Elektr. Anlage</i>	3 000	
Oltedalsfluß	Tyssefos: Elektr. Anlage	20 000	
Dalefluß	Dale: Fabriken		1 600
Vaksdalfluß	Vaksdal: Mühle		1 400
Nidfluß	Oberer Lerfos: Elektrizitätswerk (2100)	6 500	
	<i>Niederer Lerfos: Elektrizitätswerk</i>	8 400	
Kobberaa	Meraker Holzschleiferei, Elektr. Anl.	4 700	
Snaasenfluß	Byafos: Holzschleiferei		1 500
Skjenaldfluß	<i>Skjenaldfos bei Thamshavn: Elektr. Anlage</i>	3 000	
		468 100	60 635
		528 735	
		= rd. 530 000 PSe.	

Im Ausbau befinden sich von den in der Tabelle aufgeführten Anlagen, abgesehen von Erweiterungsbauten, die Kraftwerke am Rjukanfos im Gebiete des Skienflusses, am Vammafos, am Glommen

und am Niederen Lefos bei Drontheim mit im ganzen rund 270000 PS<sub>e</sub>. Ausgenutzt sind daher zurzeit rund 260000 PS<sub>e</sub> in Werken mit einer Mindestleistung von 1000 PS<sub>e</sub>.

Welchen Weg die Entwicklung der Wasserkraftnutzung in Norwegen in Zukunft nehmen wird, hängt besonders von der Ausgestaltung der zurzeit der Volksvertretung vorliegenden Wassergesetzentwürfe ab. Man wird in der Annahme nicht fehlgehen, daß von den großen zur Gewinnung von Luftstickstoff nach dem Birkeland-Eydeschen bzw. dem Frank-Karoschen Verfahren gegründeten Gesellschaften im Laufe der nächsten 10 Jahre etwa 400000 PS<sub>e</sub> ausgebaut werden können. Für andere Anlagen kann man etwa für jedes Jahr 10000 PS<sub>e</sub> rechnen, so daß der Zuwachs nach 10 Jahren auf im ganzen rund 500000 ausgebaute effektive Pferdestärken geschätzt werden kann.

---

## Rechtliche Verhältnisse.

Bis zum Jahre 1888 war der Erwerb von Grund und Boden jeglicher Art und somit auch von Wasserfällen in Norwegen völlig frei. Ausländer und auch ausländische Staaten konnten Grundeigentum in beliebigem Umfange erwerben — ein Zustand, der für einen so kleinen Staat wie Norwegen nicht unbedenklich war. Eine Änderung dieser Verhältnisse wurde durch das Gesetz vom 21. April 1888, betr. das norwegische Staatsbürgerrecht, herbeigeführt, dessen § 9 als Ausgangspunkt der gesamten Rechtsentwicklung auf diesem Gebiete anzusehen ist. Dieses Gesetz bestimmte, daß festes Eigentum oder ein Verfügungsrecht über Grund und Boden ohne eine besondere staatliche Genehmigung in Zukunft nur noch von norwegischen oder schwedischen Bürgern, Korporationen, Stiftungen oder solchen Gesellschaften ohne Haftpflicht erworben werden konnte, deren Verwaltung ihren Sitz in Norwegen oder Schweden hatte und ausschließlich in den Händen norwegischer oder schwedischer Bürger lag. Ausländer oder ausländische Gesellschaften konnten somit fortan Grund und Boden oder ein Verfügungsrecht darüber nur nach erteilter besonderer Genehmigung erwerben, die allerdings gewöhnlich nicht zeitlich begrenzt werden sollte. Für Bergwerke, auf die sich die Bestimmungen des Gesetzes nicht erstreckten, wurde eine Konzessionspflicht in ähnlichem Umfange im Jahre 1903 eingeführt.

Vornehmlich maßgebend für den Erlaß des Gesetzes vom Jahre 1888 waren politische Gründe. Man wollte eine Kontrolle über den Umfang des Erwerbes von Grundeigentum durch fremde Staaten oder durch Ausländer haben und dem Staat ein klares und unzweifelhaftes Recht verschaffen, den Erwerb von Grundeigentum zu verhindern, falls politische Verwicklungen mit fremden Mächten oder andere den norwegischen Interessen nachteilige Folgen zu befürchten waren. Wenn auch besonders hervorgehoben worden

war, daß der Zweck des Gesetzes keineswegs gegen das ausländische Kapital gerichtet sein sollte, so spielten dennoch natürlich auch ökonomische Gründe mit, da solche mit den politischen Gründen an sich zu eng verbunden waren. Es sollte eben verhindert werden können, daß Ausländer in einzelnen Bezirken eine übermäßige Macht erlangten und die in Wirklichkeit in einzelnen Zweigen der Industrie Herrschenden wurden.

Befreiungen von der Forderung der Nachsuchung einer Genehmigung wurden in beschränktem Umfange durch eine königliche Resolution vom 9. November 1889 zugelassen.

Die Handhabung des Gesetzes vom 21. April 1888 war eine außerordentlich milde; meistens begnügte man sich mit der Bedingung, daß die Verwaltung der betreffenden Gesellschaft ihren Sitz in Norwegen haben und ein Teil der Vorstandsmitglieder Norweger sein mußte. Etwa vom Jahre 1903 an vermehrten sich jedoch die Anträge auf Erteilung der Genehmigung zum Erwerb und Ausbau von Wasserfällen in hohem Maße. Tatsächlich ist in dieser Zeit ein nicht unbedeutender Teil der großen Wasserkräfte des Landes in die Hände von Gesellschaften gelangt, die in der Hauptsache mit ausländischem Kapital arbeiteten.

Formell hatte die Regierung zwar durch die Bestimmungen des Gesetzes von 1888 das Mittel der Verweigerung der Konzession in Händen. Einerseits erwies es sich aber schwierig, die bisherige Praxis wesentlich zu ändern; andererseits konnten die gesetzlichen Bestimmungen leicht umgangen werden.

Gesellschaften ohne Haftpflicht, deren Sitz in Norwegen war und deren Vorstand ganz aus norwegischen Bürgern bestand, bedurften für den Erwerb von Eigentum irgendwelcher Art keinerlei Genehmigung. Eine Konzession brauchte somit, wenn auch das gesamte Kapital Ausländern gehörte, doch nicht eingeholt zu werden, sobald nur sämtliche Mitglieder des die Geschäfte leitenden Direktoriums norwegische Bürger waren.

An diesen Fall hatte der Gesetzgeber aller Voraussicht nach gar nicht gedacht, sondern angenommen, daß bei einer Festlegung großer ausländischer Kapitalien in solchen Unternehmungen auch dem Gesellschaftsdirektorium eine entsprechende Zahl Ausländer angehören würden, wodurch wiederum die Einholung einer Konzession, den gesetzlichen Vorschriften entsprechend, bedingt worden wäre. Im allgemeinen traf dies auch zu; andererseits aber sollen in den letzten Jahren vor 1906 bedeutende Erzlager und Wasserfälle,



für deren Erwerb die Konzession verweigert worden war, durch freien Ankauf in die Hände solcher Gesellschaften übergegangen sein.

Ein weiteres Vorgehen in dieser Richtung wurde durch das Sondergesetz vom 7. April 1906 unmöglich gemacht. Durch dieses Gesetz, das an dem genannten Tage in Kraft trat, wurden die Bestimmungen des Grundgesetzes vom 21. April 1888 ausdrücklich auf Wasserfälle ausgedehnt und gleichzeitig bestimmt, daß in Zukunft die Einholung einer Genehmigung von allen Gesellschaften gefordert werden sollte, deren Mitglieder nicht sämtlich persönlich haftbar waren. Die Genehmigungspflicht wurde somit ganz bedeutend erweitert, und waren derselben fortan im besonderen alle in- sowie alle ausländischen Aktiengesellschaften unterworfen. Wenn sich das Gesetz darauf beschränkte, die obigen Vorschriften nur für Wasserfälle einzuführen, so hatte dies seinen Grund darin, daß Anfang des Jahres 1906 die großen, fast nur mit ausländischem Kapital arbeitenden Gesellschaften zur Verwertung der bekannten Birkeland-Eydeschen Erfindung der Gewinnung des Stickstoffes aus der Luft im Begriff waren, ihren schon an und für sich ausgedehnten Besitz von Wasserfällen bedeutend zu vergrößern. Es folgte dann auch schon nach kurzer Frist das Gesetz vom 12. Juni 1906, durch welches die Dauer des Gesetzes vom 7. April 1906 verlängert und die Bestimmungen desselben auf Wälder und Bergwerke ausgedehnt wurden, und zwar insofern in verschärfter Form, als in allen Fällen die Verwaltung der fraglichen Gesellschaft ihren Sitz in Norwegen haben mußte. Schon vorher waren mit Rücksicht auf die Auflösung der Union mit Schweden die bisherigen Vorrechte schwedischer Bürger aufgehoben worden.

Wenn von einer endgültigen Regelung aller mit der Ausnutzung der Wasserkräfte in Verbindung stehenden Fragen vorläufig Abstand genommen wurde, und die gesetzgebenden Körperschaften sich mit dem Erlaß der genannten Zwischengesetze begnügten, so muß berücksichtigt werden, daß neue, ganz eigenartige Verhältnisse vorlagen, und es deshalb besonderer Vorsicht bedurfte, um nicht durch voreilige gesetzliche Bestimmungen der Entwicklung der Industrie zum Nachteil des Gemeinwohles einen Hemmschuh anzulegen.

Früher dienten Wasserkräfte nur für den Betrieb von Mahl- und Schneidemühlen und war die Ausnutzung der vorhandenen, überreichen Kraftquellen eine minimale. Abseits von den Verkehrsstraßen liegende Wasserfälle hatten überhaupt keinen Wert, auch

wenn viele Tausende von Pferdekräften mit leichter Mühe gewinnbar waren. Durch die Lösung des Problems der Fernübertragung elektrischer Energie und durch die Erfindungen der Neuzeit auf elektrischem und metallurgischem Gebiet hatten sich diese Verhältnisse im Laufe weniger Jahre völlig geändert. Der Ausbau abseits liegender Wasserfälle sowie die Verwertung großer Mengen von Energie waren möglich geworden und begannen, einen maßgebenden Einfluß auf die Entwicklung der industriellen Verhältnisse Norwegens auszuüben. Fragen tauchen auf, deren zweckentsprechende Lösung für das Allgemeinwohl von größter Bedeutung war. Sollte dem ausländischen Kapital behufs Ausnutzung der Wasserkräfte und schneller Entwicklung der Industrie freier Zugang gewährt werden? Oder war eine langsamere Entwicklung unter Bevorzugung norwegischen Kapitals zweckentsprechender? Welche Bedingungen waren den Gesellschaften im Interesse des Allgemeinwohls aufzuerlegen? Sollte der Staat versuchen, direkte Vorteile bei der Erteilung der Konzessionen zu erlangen, sei es durch die Begrenzung der Zeitdauer derselben, durch Einführung eines Einlösungsrechtes während oder nach Ablauf der Konzession oder durch die Auferlegung von Abgaben, entsprechend der Größe der gewonnenen Kraft?

Erschwert wurde die Sachlage noch dadurch, daß sich auch Änderungen der bestehenden Wassergesetzgebung als notwendig erwiesen, insbesondere hinsichtlich der Ausbildung der großen Binnenseen zu Staubecken behufs Vergrößerung und Ausgleichung der sekundlich abfließenden Wassermengen. Durch derartige Bauten konnten in vielen Fällen die bei Niedrigwasser bei den Wasserfällen ganzer Flußgebiete gewinnbaren Energiemengen bedeutend vergrößert und gleichzeitig die besonders für die Industrie so außerordentlich nachteiligen Schwankungen in der Menge der verfügbaren Kraft eingeschränkt werden. Als Beispiel sei erwähnt, daß der Moes-See im Gebiete des Skienflusses durch eine Staumauer von nur rd. 15 m Höhe zu einem Speicherbecken von rund 750 Mill. cbm Inhalt ausgebaut, und hierdurch die Niedrigwassermenge des dem See entströmenden Maanflusses von 5 cbm auf 47 cbm erhöht worden ist. Unterhalb des Moes-Sees bis zum Meer ist ein Gesamtgefälle von rund 900 m vorhanden, von denen rund 750 m ausnutzbar sind. Durch die Regulierung eines einzigen, allerdings 52,6 qkm großen Sees ist daher die Möglichkeit der Gewinnung von über 300000 Nutz-PS geschaffen worden.

Namentlich hinsichtlich der Frage der Beteiligung ausländischen Kapitals bei dem Ausbau und Betrieb von Wasserfällen standen sich die Ansichten der einzelnen Parteien der gesetzgebenden Körperschaften scharf gegenüber. Von der einen Seite wurde betont, daß dem ausländischen Kapital im Interesse des Allgemeinwohls ein möglichst weiter Spielraum und möglichst weitgehende Freiheit gelassen werden müsse. Es handle sich nicht allein um die Kosten des Ausbaues der Wasserkräfte, sondern auch um die Kosten der Erweiterung bestehender und die Einführung neuer Industrien. Hierzu seien Hunderte von Millionen notwendig, die Norwegen aufzubringen nicht imstande sei. Die Ausnutzung großer Werte und umfangreicher Erwerbsquellen würde daher in vielen Fällen gar nicht oder nur in unvollkommenem Maße möglich sein.

Von anderer Seite wurde dagegen der Gedanke vertreten, daß die industrielle Ausnutzung von Bergwerksbetrieben und Wasserfällen möglichst den norwegischen Bürgern vorbehalten bleiben müsse. Norwegen den Norwegern müsse die Losung in dieser Streitfrage sein. Diese letztere Auffassung gewann immer mehr Anhänger. Eine Einigung in dem Abgeordnetenhouse konnte jedoch nicht erzielt werden, und wurden am 26. März 1907 die schon erlassenen Gesetze wiederum um ein Jahr bis zum 1. April 1908 verlängert.

Im Laufe des Jahres 1907 gelangten dann zwei Zwischengesetze zur Verabschiedung: Durch Gesetz vom 28. Mai 1907 wurden die Bestimmungen des Gesetzes vom 12. Juni 1906 auf die Übertragung von Nutzungsrechten an durch Wasserkraft in größeren Mengen als 250 PS<sub>e</sub> erzeugter elektrischer Energie ausgedehnt, Kauf oder Miete von Energie somit der Konzessionspflicht unterworfen.

Ferner wurde durch Gesetz vom 19. Juli 1907 bestimmt, daß in Zukunft die Ausführung größerer Seeregulierungen nur unter Erfüllung gewisser, im Interesse des Staates oder des Allgemeinwohls liegender Bedingungen gestattet sein sollte. Selbst wenn nur freihändig erworbenes, also eigenes Gelände in Frage kam, wurde eine Genehmigung vorgeschrieben. Voraussetzung war jedoch, daß das Ziel der Regulierungen in einer Vergrößerung der Nutzleistung von Wasserkräften durch Ansammlung und allmähliches Ablassen großer Wassermengen bestand.

Inzwischen war von einer von der Volksvertretung eingesetzten sogenannten Konzessionskommission ein eingehender Bericht ein-

gelaufen, auf Grund dessen die Regierung im Februar 1908 einen neuen, die ganze Materie regelnden Gesetzentwurf einbrachte. Die Grundzüge dieses Entwurfes, der die Volksstimmung widerspiegelt und in drei Hauptabschnitten den Erwerb und die Nutzbarmachung von Wasserfällen, Bergwerken und Wäldern behandelt, waren hinsichtlich der Wasserkraftnutzung folgende:

Die zu erlassenden Bestimmungen umfassen nur Wasserfälle mit einer größeren Krafterleistung als 500 PS<sub>e</sub>.

Das Recht des Erwerbes und der Ausnutzung von Wasserfällen steht dem Staat, norwegischen Kommunen und norwegischen Bürgern ohne weiteres frei. Korporationen und die verschiedenen Arten von Gesellschaften mit beschränkter Haftpflicht bedürfen einer besonderen Genehmigung, zu deren Erlangung Vorbedingung ist, daß die Geschäftsleitung ihren Sitz in Norwegen hat und die Mehrzahl der Mitglieder derselben Norweger sind. Gehören der Geschäftsleitung nur Norweger an und sind  $\frac{2}{3}$  des Grundkapitals Eigentum des Staates, norwegischer Kommunen oder norwegischer Bürger, so wird die Genehmigung ohne besondere Bedingungen, also auch ohne zeitliche Begrenzung erteilt, vorausgesetzt, daß sich die Gesellschaft einer Kontrolle darüber unterwirft, daß  $\frac{2}{3}$  des Grundkapitals auch tatsächlich in norwegischen Händen bleiben. Ist weniger als  $\frac{2}{3}$  des Grundkapitals in norwegischem Besitz, so kann solchen Gesellschaften und auch Ausländern, falls nicht Gründe des öffentlichen Wohles dagegen sprechen, eine Konzession zum Erwerb, Ausbau und zur Ausnutzung von Wasserfällen unter Bedingungen nach Maßgabe folgender Grundsätze erteilt werden:

Mit dem Ausbau muß innerhalb einer Frist von 5 Jahren begonnen werden und muß die Vollendung bzw. Inbetriebsetzung der Anlage in einer weiteren Frist von 7 Jahren erfolgen. Bei dem Ausbau sind vorzugsweise norwegische Materialien zu verwenden und norwegische Arbeiter zu beschäftigen. Eine Einschränkung der Verwendung der Kraft ist hinsichtlich gewisser Industriezweige zulässig. Dem Staat und den beteiligten Kommunen müssen auf Antrag jederzeit im ganzen bis 10 % der gewonnenen Energiemenge gegen Zahlung eines die Produktionskosten um 10 % übersteigenden Preises überlassen werden. Die Dauer der Konzession wird auf 60 bis 99 Jahre festgesetzt. Nach Ablauf dieser Zeit fällt die eigentliche Wasserkraftanlage mit allem Zubehör ohne jedes Entgelt dem Staate zu, während bezüglich der maschinellen Anlagen und der Kraftleitungen demselben ein Einlösungs-

recht gegen Erstattung der Herstellungskosten zusteht. Nach Verlauf von 35 Jahren und von diesem Zeitpunkt ab immer nach Verlauf von weiteren 10 Jahren kann der Staat die gesamte Anlage gegen Erstattung der Herstellungskosten erwerben.

Sodann folgen Bestimmungen ähnlicher Art hinsichtlich des Erwerbes von Bergwerken und Waldgrundstücken. Ferner soll auch durch Wasserkraft erzeugte elektrische Energie nur auf Grund besonders erteilter Genehmigung erworben und verwendet werden können.

Die Tendenz des ganzen Entwurfes liegt klar vor Augen: Außergewöhnliche Bevorzugung des norwegischen Kapitals gegenüber dem ausländischen. Als ganz besonders erschwerend sei auf das in dem Gesetzentwurf für Gesellschaften mit weniger als  $\frac{2}{3}$  norwegischem Kapital vorgeschlagene Einlösungsrecht des Staates nach 35 Jahren gegen Erstattung der Herstellungskosten hingewiesen. Wenn geplanten großen Unternehmungen bestimmte Abgaben oder Lasten auferlegt werden, oder wenn die zu erbauenden Anlagen nach Ablauf einer bestimmten Frist dem Staat anheimfallen sollen, so läßt sich in den meisten Fällen mit genügender Sicherheit beurteilen, ob die Rentabilität gefährdet ist oder nicht. Hängt aber über irgendeinem Unternehmen das Damoklesschwert eines nach verhältnismäßig kurzer Zeit in Wirksamkeit tretenden Ablösungsrechtes des Staates, so kann eine gesunde Industrie sich nicht entwickeln, weil hierfür eine gewisse Stetigkeit der Verhältnisse eine Grundbedingung ist.

Die schwierige Frage der voraussichtlichen Wirkung der teilweise etwas drakonischen Vorschläge sowie die Eingabe vieler Vereine und Körperschaften haben dann im Mai 1908 zu einer Zurückziehung des Entwurfes geführt, nachdem Ende März 1908 eine Verlängerung der Geltungsdauer der bestehenden Zwischengesetze bis zum 1. April 1909 von den gesetzgebenden Körperschaften beschlossen worden war.

Im Oktober des Jahres 1908 legte die Regierung sodann einen neuen Gesetzentwurf vor, der zur Zeit von der zuständigen Kommission des Abgeordnetenhauses beraten wird.

Soweit Wasserfälle in Betracht kommen, baut sich der neue Entwurf auf den Vorschlägen der Konzessionskommission vom Jahre 1907 und dem zurückgezogenen Gesetzentwurf vom Februar 1908 auf.

Beibehalten sind die Bestimmungen, daß unter das Gesetz nur Anlagen mit mehr als 500 PS<sub>e</sub> fallen sollen, und daß für den Staat,

norwegische Kommunen und norwegische Bürger von jeder Konzessionspflicht abgesehen wird. Korporationen, Stiftungen oder Gesellschaften ohne oder mit beschränkter Haftpflicht, deren Geschäftsleitung ihren Sitz in Norwegen hat und in ihrer Mehrzahl aus norwegischen Bürgern besteht, sollen unter bestimmten Bedingungen die Konzession zum Erwerb und zur Ausnutzung von Wasserfällen erhalten. Während jedoch nach dem Entwurf vom Februar 1908 Gesellschaften mit über  $\frac{2}{3}$  norwegischem Grundkapital, deren Geschäftsleitung nur norwegische Bürger angehörten, besondere Bedingungen nicht auferlegt werden sollten, somit also im besonderen für solche Gesellschaften ein kostenloses Anheimfallen der Wasserkraftanlagen nach Ablauf der Konzessionszeit an den Staat nicht in Frage kam, schreibt der neue Entwurf die Auferlegung von Konzessionsbedingungen nach Maßgabe bestimmter Grundsätze ausnahmslos für alle Gesellschaften vor ohne jede Rücksicht darauf, ob und in welcher Höhe das Grundkapital in norwegischem Besitz ist.

Weiterhin werden in dem neuen Entwurf im allgemeinen diejenigen Bestimmungen des alten Entwurfes beibehalten, die sich auf die Fristen für den Beginn und die Beendigung des Ausbaues, die Einschränkung der Verwendung der gewonnenen Energie für gewisse Industriezweige, die Verwendung norwegischen Materials und norwegischer Arbeiter sowie auf die Abgabe eines bis zu 10 % betragenden Teils der Energie an die Kommunen und an den Staat gegen eine angemessene Entschädigung beziehen.

Die Dauer der Konzessionszeit wird anstatt auf 60 bis 99 Jahre auf 60 bis höchstens 80 Jahre festgesetzt. Die Bestimmung, daß nach Ablauf der Konzession die wasserbaulichen Anlagen ohne jedes Entgelt dem Staat zufallen sollen, wird auf die maschinellen Anlagen und auch auf die Leitungen einschl. aller erworbenen Gerechtigkeiten ausgedehnt, von der Festsetzung eines Einlösungsrechtes des Staates nach 35 Jahren gegen Erstattung des Herstellungswertes jedoch Abstand genommen.

Neu ist ferner die allgemeine Einführung einer Genehmigungspflicht bei der Übertragung des Besitzes einer konzessionierten Anlage, selbst wenn der Erwerber ein norwegischer Bürger oder eine norwegische Kommune ist. In jedem Falle soll bei einer solchen Besitzübertragung der Erwerber verpflichtet werden, sich den in der ursprünglichen Konzession gestellten Bedingungen zu unterwerfen.

Zweck der Einführung der Genehmigungspflicht bei einem Wechsel des Besitzes einer konzessionierten Anlage ist die Sicherstellung eines Heimfalls derselben einschließlich des gesamten Zubehörs an den Staat nach Ablauf der Konzession. Ohne eine solche Bestimmung würde voraussichtlich der Staat nur sehr selten in den wirklichen Besitz von Wasserkraftanlagen kommen, da aller Wahrscheinlichkeit nach fast stets ein Verkauf derselben in den letzten Jahren der Konzessionsfrist an eine norwegische Kommune oder an einen norwegischen Bürger stattfinden und damit die zeitliche Begrenzung einer Konzession nach den bestehenden Gesetzen von selbst wegfallen würde.

In besonderen Kapiteln folgen dann die Bestimmungen hinsichtlich des Erwerbes von Bergwerken und Wäldern sowie des Kaufes und der Ausnutzung von durch Wasserkraft erzeugter Energie.

Handelt es sich bezüglich der letzteren um größere Mengen als 500 PS<sub>e</sub>, so soll ein Erwerb und eine Ausnutzung nur dem Staat und norwegischen Kommunen frei stehen. Für alle anderen Erwerber wird die Einführung der Konzessionspflicht in Vorschlag gebracht. Von den zu stellenden Bedingungen sind hervorzuheben: Genehmigungspflicht bei einem Weiterverkauf, Möglichkeit der Beschränkung der Verwendung auf gewisse Industriezweige, Verwendung norwegischen Materials und norwegischer Arbeiter, Einführung einer Abgabe in Höhe bis 1,25 Kr. für jede Pferdestärke, letzteres jedoch nur, falls die die Kraft erzeugende Anlage nicht nach Maßgabe der jetzt in Aussicht genommenen Bestimmungen konzessioniert ist.

Im allgemeinen tritt in dem jetzt der Volksvertretung vorliegenden Gesetzentwurf die Tendenz: „Norwegen den Norwegern“ etwas zurück gegenüber dem an sich gesunden Gedanken, dem Staate mit Rücksicht auf den Mangel an „schwarzer Kohle“ für spätere Zeiten einen bestimmten Anteil an der aus den Wasserkraften des Landes erzeugten elektrischen Energie, der „weißen Kohle“, zu sichern. Besonders wichtig für die Entwicklung der Ausnutzung der Wasserkräfte ist der Fortfall der früher geplanten Sonderstellung derjenigen Gesellschaften, von deren Grundkapital ein Anteil in Höhe von mehr als  $\frac{2}{3}$  in norwegischem Besitz ist, sowie die Aufgabe der Forderung eines Ablösungsrechtes des Staates nach 35 Jahren; andererseits ist die Ausdehnung der Bestimmungen über den kostenlosen Übergang von Wasserkraftanlagen an den Staat nach Ablauf der Konzession auf die maschinellen

Einrichtungen und im besonderen auf die Kraftleitungen eine nicht unerhebliche Mehrbelastung der Unternehmungen mit dem Ziel der Ausnutzung von Wasserkraften, würde aber wenigstens alle Gesellschaften gleichmäßig treffen.

Für die Anlage von Fernleitungen gelten zur Zeit noch immer die Bestimmungen eines im Jahre 1896 erlassenen Gesetzes. Daß die Vorschriften dieses Gesetzes den heutigen Anforderungen nicht mehr genügen können, dürfte ohne weiteres aus der Jahreszahl 1896 hervorgehen, da sich zu dieser Zeit die gesamte elektrische Industrie noch in ihrem Entwicklungszustand befand. Bestrebungen, eine zeitgemäße Änderung der bestehenden Vorschriften herbeizuführen, sind schon lange im Gange. Über die Richtung dieser Bestrebungen gibt ein Bericht Auskunft, den eine von der Volksvertretung im Jahre 1907 zur Untersuchung der Sachlage eingesetzte Kommission im Dezember 1908 erstattet hat.

Die diesem Bericht beigegebenen Vorschläge lassen sich, wie folgt, kurz zusammenfassen: Wahrung des öffentlichen Wohls durch Einführung einer Genehmigungspflicht für alle Leitungen von Kraftquellen mit einer größeren Nutzleistung als 500 PS<sub>e</sub>; zeitliche Begrenzung der Konzession und Einlösungsrecht des Staates nach Ablauf derselben; Abgabe eines Teiles der Kraft an den Staat und im besonderen an die Kommunen, deren Gebiet die Fernleitung durchschneidet.

Im allgemeinen bewegen sich diese Vorschläge auf demselben Boden, auf dem der Gesetzentwurf für den Erwerb und die Ausnutzung von festem Eigentum, Wasserfällen und Bergwerken aufgebaut ist; voraussichtlich werden bei der Beratung dieses Gesetzentwurfes auch die Bestimmungen über die Anlage von Fernleitungen einer zeitgemäßen Abänderung unterzogen werden.

Bedeutend wichtiger für die weitere Entwicklung der Wasserkraftnutzung ist jedoch eine baldige Regelung der für die Ausführung der schon erwähnten Seeregulierungen bestehenden Bestimmungen.

Auf die Wichtigkeit derartiger wasserbaulichen Maßnahmen, für deren Durchführung in großem Maßstabe bei dem Reichtum des Landes an Seen in hohem Maße Gelegenheit gegeben ist, wurde schon hingewiesen. Für größere Unternehmungen dieser Art war durch das Gesetz vom 19. Juli 1907 die Möglichkeit geschaffen worden, im Interesse des Gemeinwohls an die Ausführung die Erfüllung gewisser Bedingungen zu knüpfen.



Abgesehen von dieser Bestimmung gelten für Wasserbauten aller Art die Vorschriften des Wassergesetzes vom Jahre 1887, das dem Privatbesitzer eines Wasserlaufes im Gegensatz zu den in den meisten übrigen europäischen Ländern geltenden Bestimmungen nicht nur ein Nutzungsrecht, sondern ein Eigentumsrecht an der „fließenden Welle“ verleiht. Mit Rücksicht hierauf wird noch heute vielfach die Ansicht vertreten, daß der Privatbesitzer auf seinem Grund und Boden ein ausschließliches Verfügungsrecht über den Wasserlauf und das Wasser selbst habe, wie ihm ein solches für irgendein Eigentum sonstiger Art zustehe; ein Hoheitsrecht des Staates bestehe nicht, und dürften dem Privatbesitzer bezüglich des Gebrauches und der Verwendung des Wassers innerhalb seiner Eigentumsgrenzen auch im Interesse des Gemeinwohls keinerlei Verpflichtungen auferlegt werden.

Von anderer Seite wird darauf hingewiesen, daß das in Frage kommende Recht an der fließenden Welle stets gewissen Beschränkungen unterworfen gewesen sei. So dürfe ein Grundbesitzer keinerlei Maßnahmen treffen, durch die zum Nachteil anderer die Schiffsfahrts- oder Flößereiverhältnisse geändert werden; auch müsse bei Wehranlagen nach verschiedenen Richtungen hin auf die angrenzenden Grundbesitzer Rücksicht genommen werden. Ferner stehe dem Staat ein gewisses Mitverfügungsrecht behufs Wahrnehmung des Allgemeinwohls zu, denn zur Senkung von Seen, Regulierungen von Wasserfällen u. dgl. „könne“ der König, falls dadurch das Allgemeinwohl befördert werde, die Genehmigung erteilen; er „müsse“ dieselbe jedoch versagen, wenn die voraussichtlichen Vorteile nicht bedeutend größer seien, als die zu erwartenden Nachteile. Der Staat besitze deshalb ein Hoheitsrecht über alle Wasserläufe und könne auch bei wasserbaulichen Maßnahmen innerhalb eines Privatbesitzes im Interesse des Allgemeinwohls die Erfüllung gewisser Bedingungen verlangen.

Ob sich ein Hoheitsrecht aus den bestehenden Gesetzen unzweifelhaft herleiten läßt, sei dahingestellt. Notwendig aber dürfte ein solches Recht zur Wahrnehmung der Interessen des Allgemeinwohls unter allen Umständen sein, nachdem durch die in den letzten 15 Jahren erfolgte Entwicklung der elektrischen und chemischen Industrie sich die Erkenntnis Bahn gebrochen hat, daß die Wasserfälle in ihrer Eigenschaft als Kraftquellen als ein nationaler Schatz von einer für das Land außergewöhnlich hohen Bedeutung angesehen werden müssen, und daß es eine nationale Pflicht des

Staates ist, für die im öffentlichen Interesse beste Art der Ausnutzung dieser Naturschätze Sorge zu tragen.

Diesem Grundgedanken folgend, fordert ein der Volksvertretung gleichfalls im Oktober 1908 vorgelegter Gesetzentwurf zunächst die Einführung eines Vorrechtes für den Staat zur Ausführung von wasserbaulichen Maßnahmen mit dem Zweck der Verbesserung der Ausnutzbarkeit der Wasserfälle. Im übrigen soll für solche Arbeiten, sobald durch dieselben in dem ganzen in Frage kommenden Flußgebiet eine Erhöhung der Ausnutzbarkeit der Wasserfälle von mehr als 3000 PS<sub>e</sub> und im Einzelfalle von mehr als 200 PS<sub>e</sub> zu erwarten ist, stets eine Genehmigung notwendig sein.

Für die bei Erteilung einer Konzession vorzuschreibenden Bedingungen werden, abgesehen von einigen Ausnahmen, nachstehende Grundsätze als maßgebend aufgestellt: Festsetzung der Dauer der Konzession auf 40 bis höchstens 75 Jahre; auf Verlangen des Staates kostenfreier Übergang der gesamten Anlagen auf ihn nach Ablauf der Konzession; Zahlung einer jährlichen Abgabe von 0,5 bis 2 Kr. für jede Pferdestärke, berechnet nach der durch die Regulierung bewirkten Vermehrung der Abflußmenge bei Niedrigwasser und der sich für jeden Wasserfall ergebenden Vergrößerung der Kraftmenge; Abgabe von je 5 % der über 1000 PS<sub>e</sub> im Einzelfall gewonnenen Kraft an den Staat und an die Kommune, in deren Gebiet die Anlage liegt. Beginn der Ausführung 2 Jahre, Beendigung derselben 3 Jahre nach Erteilung der Konzession; Verwendung norwegischer Arbeiter und norwegischen Materials. Genehmigungspflicht für die Übertragung oder den Verkauf einer Konzession.

Sodann folgen eingehende und klare Bestimmungen bezüglich der Zulässigkeit von Enteignungen und des hierbei einzuschlagenden Verfahrens, über die Bildung von Vereinigungen zur Durchführung von Regulierungen und den den Unternehmern zustehenden Rechten und Pflichten, sowie über die Erhebung von Abgaben, sobald von der vergrößerten Kraft Gebrauch gemacht wird.

In Aussicht genommen ist ferner für die Begutachtung der Konzessionsanträge die Bildung einer in der Hauptsache aus Mitgliedern der Volksvertretung bestehenden Kommission, die ersterer alle größeren Projekte vorzulegen hat.

Endlich soll es zulässig sein, bei solch größeren Regulierungen noch eine besondere Abgabe in Form der Zahlung eines Kapitals in Höhe von 0,5 bis 2 Kr. für jede gewonnene Pferdestärke festzusetzen, dessen Zinsen zur Ausgleichung solcher Schäden dienen

sollen, die bei der Durchführung von Enteignungen nicht in vollem Umfange berücksichtigt werden können.

Von prinzipieller Bedeutung ist, falls der Staat nicht selbst als Bauherr auftritt, die Einführung der Genehmigungspflicht für alle bedeutenderen Anlagen, da hierdurch der Staat die Machtbefugnis erhält, stets das Allgemeinwohl wahrnehmen zu können und sich einen Anteil an dem zu erwartenden Gewinn zu sichern. Abgaben sollen zwar von denjenigen Kraftanlagen, die auf Grund des Gesetzes betr. den Erwerb von Wasserfällen konzessioniert sind, nicht erhoben werden; es läßt sich jedoch nicht übersehen, ob die auf 40 bis 75 Jahre begrenzte Dauer der Konzessionen und ein nach Ablauf dieser Zeit in Wirksamkeit tretendes Recht des Staates auf kostenlose Übergabe der ganzen Anlagen mit Rücksicht auf die dem Staate hierdurch zufallende große Machtbefugnis nicht einen nachteiligen Einfluß auf den Ausbau der Wasserkräfte ausüben werden. Jedenfalls müßte im Interesse der Sicherheit eines stetigen Betriebes der von der Handhabung der Regulierungsanlagen bezüglich der Größe der zu erzeugenden Kraft abhängigen Wasserkraftanlagen und industriellen Unternehmungen eine Garantie dafür geschaffen werden, daß der Staat nach Übernahme großer Regulierungsanlagen nicht willkürlich über dieselben verfügen kann.

Von ganz besonderem Wert für die weitere Entwicklung der Wasserkraftnutzung sind die Bestimmungen über das Enteignungsverfahren und namentlich über die Heranziehung der Besitzer von Wasserfällen oder Nutzungsrechten zu den Kosten von Regulierungsanlagen.

Nach den jetzt bestehenden gesetzlichen Bestimmungen kann kein Wasserkraftbesitzer gezwungen werden, einer zur Ausführung von Seeregulierungen gebildeten oder neu zu bildenden Vereinigung der Interessenten beizutreten. Diese Bestimmung soll bestehen bleiben, aber dahin ergänzt werden, daß von der durch eine Regulierung vergrößerten Ausnutzbarkeit eines Wasserfalles der Besitzer des letzteren nur gegen Zahlung einer entsprechenden Abgabe Gebrauch machen darf. Es soll somit zwangsweise jeder, dem durch Regulierungsarbeiten ein Vorteil zufließt, auch zu den Kosten herangezogen werden können. Es liegt auf der Hand, daß durch eine solche durchaus gerechtfertigte Ordnung der Verhältnisse die Durchführung von Seeregulierungen außerordentlich erleichtert werden würde.

---

Norwegen ist, wie schon hervorgehoben, arm an Kohle. Von desto größerer Wichtigkeit für das Allgemeinwohl des Landes ist infolgedessen eine möglichst umfangreiche Ausnutzung des von der Natur in überreichem Maße zur Verfügung gestellten Wasserschatzes zur Gewinnung elektrischer Energie. Für den Ausbau der Wasserkräfte und eine gesunde Entwicklung der damit verbundenen Industrien ist jedoch eine zeitgemäße Ausbildung aller in Frage kommenden gesetzlichen Vorschriften eine unbedingte Notwendigkeit. Eine ausreichende Grundlage hierfür dürfte in den beiden besprochenen Gesetzentwürfen gegeben sein. Im Interesse des Landes ist zu wünschen, daß über die in diesen Entwürfen enthaltenen Vorschläge eine Einigung erzielt wird.

---

## Seeregulierungen und Wasserkraftanlagen im Gebiet des Skienflusses.

### A. Allgemeine Übersicht.

Der Skienfluß mündet etwa 110 km südwestlich von Kristiania bei Porsgrund in den Langesundfjord. Das zugehörige Niederschlagsgebiet hat eine Größe von 10450 qkm und ist zur Übersicht über dieses der Plan Abb. 1 beigegeben.

Beim Anblick des Planes fällt dem Beschauer sofort der ungeweine Reichtum des Gebietes an Seen auf, und zwar sind nicht weniger als ungefähr 60 Seen von mehr als 1 qkm Größe vorhanden. Im ganzen beträgt der Flächeninhalt der Seen rund 500 qkm, also etwa 5 % des gesamten Niederschlagsgebietes, während nur 2,3 % Acker und Wiese und 26 % Wald vorhanden sind.

Betreffs der Höhenlage des Gebietes gibt Kanaldirektor Saetren-Kristiania folgendes an:

16,3 %	unter	1000 Fuß	(+ 314 m)
22,0 "	zwischen 1000 und 2000	"	(+ 627 ")
23,2 "	" 2000 "	3000 "	(+ 941 ")
22,2 "	" 3000 "	4000 "	(+1255 ")
16,3 "	über	4000 "	

Die Waldgrenze liegt etwa zwischen +1000 und +1050 m, doch hört der Nadelwald schon in einer Höhe von +900 bis +950 m auf.

Das Gesamtgefälle von der Quelle bis zur Mündung beträgt 1300 m bei einer Flußlänge von 260 km, also ungefähr 4 %, ist jedoch keineswegs gleichmäßig verteilt, sondern namentlich in dem mittleren Teil bedeutend größer.

Besonders muß ferner hervorgehoben werden, daß in dem Gebiet eine große Zahl von natürlichen, teilweise sehr hohen Stautufen vorhanden ist. Da weiterhin ausgedehnte Flächen des

Gebietes, abgesehen von den eigentlichen Gletschern so hoch liegen, daß der Schnee erst im Spätsommer schmilzt, so ist der natürliche Wasserreichtum der Flüsse ein großer, und eignen sich diese mit Rücksicht auf das, wie bereits hervorgehoben, sehr große Gefälle, in hohem Maße für die Gewinnung von Wasserkraft.



Abb. 1. Gebiet des Skienflusses.  
Maßstab 1:1400000.

Eine solche Ausnutzung ist deshalb an den in der Nähe des Meeres zwischen dem Nor-See und der Mündung des Skienflusses liegenden Stautufen, bei Skien und bei Skotsfos, sowie auch am Norsee selber bei Ulefos seit alter Zeit erfolgt.

Als sehr nachteilig für eine solche Ausnutzung erwies sich jedoch die große Unregelmäßigkeit der Wasserführung. Trotz der ausgleichenden Wirkung der ausgedehnten Schneefelder und der vielen Seen ist die Kleinwassermenge im Verhältnis zu der durchschnittlichen Abflußmenge gering und zwingt die Betriebe während vieler Monate zu bedeutenden Einschränkungen.

Unter diesen Umständen lag der Gedanke, einzelne Seen zu Speicherbecken auszubilden und hierdurch sowohl die Hochwassergefahren abzuschwächen, als auch den Wasserabfluß bei Niedrigwasser zu erhöhen, gerade im Gebiet des Skienflusses um so näher, als durch derartige Maßnahmen auf einzelnen Seen und Flußstrecken des Gebietes gleichzeitig ein Schiffsverkehr möglich wurde.

Am bedeutendsten von den ausgeführten Anlagen sind die „Regulierungen“, wie der norwegische technische Ausdruck lautet, des Moes-Sees, des Tin-Sees und der Bandak-Seen, die nachstehend näher erläutert sind. Im Anschluß an diese Ausführungen folgt eine Beschreibung der beiden neuesten und bedeutendsten Wasserkraftanlagen am Svaelgfos und am Rjukanfos, sowie einer kleineren Neuanlage an einem bei Skien einmündenden Nebenfluß; den Schluß bilden einige Angaben über schon früher ausgebaute Anlagen und deren Erweiterungen.

## B. Die Regulierung des Moes-Sees.

Der Moes-See liegt im Gebiet des Tinflusses auf +902 m über dem Meeresspiegel, hat eine Größe von 52,6 qkm und ein Niederschlagsgebiet von 1475 qkm. Die größte Länge beträgt 35 km, die größte Breite etwa 3 km. Die Tiefe ist im Gegensatz zu den meisten norwegischen Binnenseen verhältnismäßig gering und übersteigt nicht 45 m. Von Anfang November bis Anfang Juni ist der See gewöhnlich zugefroren. Auf dem angrenzenden felsigen Ufergelände haben vielfach Moorbildungen stattgefunden. Nadelholz kommt nicht mehr vor, jedoch findet sich verkrüppeltes Birkengebüsch. Feste Wohnsitze waren an dem See überhaupt nicht vorhanden, sondern nur einige „Saeter“, einfache Blockhäuser, in denen die Hirten und das Vieh während der Sommermonate Unterkunft fanden. Der Verlust von Kulturwerten bei einer etwaigen Anstauung kam daher kaum in Frage.

Trägerin des Unternehmens, zu dessen Ausführung die Genehmigung am 9. Juli 1903 erteilt wurde, war eine Vereinigung der in Frage kommenden Wasserkraftbesitzer.

Die Grundidee war einem von dem Kanaldirektor Saetren ausgearbeiteten Plan entsprechend folgende (vgl. Abb. 2):

Am Ausflusse aus dem See wird ein Staudamm errichtet, durch den der Niedrigwasserspiegel um 10 m von +902 m auf +912 m aufgestaut werden kann. Die Regulierung des Wasserabflusses,

der bisher bei Kleinwasser bis auf 5 cbm/sek oder 3,4 l/sek/qkm herabging, erfolgt durch zwei linksseitig in dem Fels auszusprengende Tunnel von je 14 qm Querschnitt, die durch je drei Schützen von 1,37 m Breite verschließbar sind. Für den Abfluß des Hochwassers, etwa 320 cbm/sek oder 217 l/sek/qkm, ist durch die Errichtung zweier Nadelwehre von im Ganzen 56,5 m Lichtweite, deren Fachbaum auf +909,5 m, also 2,5 m unter dem Stauspiegel projektiert war, Vorsorge zu treffen.

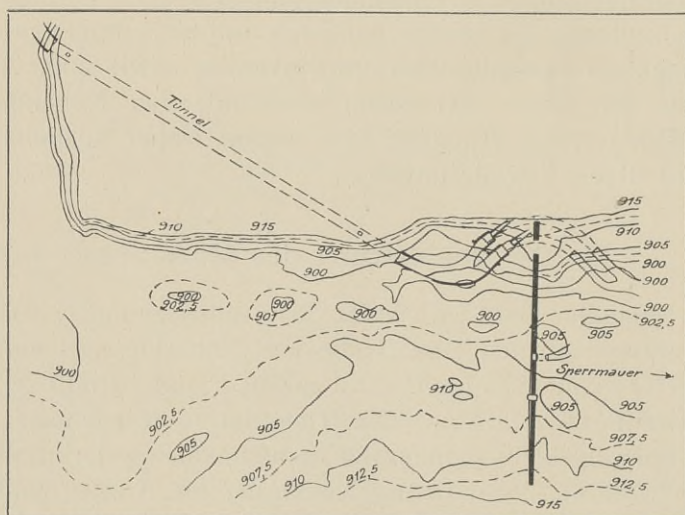


Abb. 2. Moes-See. Lageplan der Staumauer.

Dieser Entwurf gelangte im wesentlichen zur Ausführung. Nachdem bis zum Herbst 1904 von dem 10 km unterhalb des Sees am Maanfluß im Westfjordtal liegenden Rjukanfall bis zu der Baustelle eine Transportstraße erbaut worden war, wurde mit der eigentlichen Bauausführung der Sperrmauer sofort begonnen und die gesamte Arbeit im Frühjahr 1906 beendet.

Um den zu schaffenden Speicherraum durch Absenkung des Niedrigwasserspiegels um 2 m vergrößern zu können, erhielt die Sohle der beiden Auslauf-Tunnel eine entsprechend tiefe Lage. Wie sich später jedoch herausstellte, lag oberhalb der Baustelle quer durch den See eine mächtige Barre aus großen Steinblöcken, welche durch einen Kanal zu durchstechen sich als zu kostspielig erwies.



Die Mauer wurde aus Beton hergestellt und erhielt eine Verkleidung aus Werksteinen, die 35 km weit am anderen Ende des Moes-See gewonnen wurden. Die größte Höhe beträgt 17,5 m, die Gesamtlänge des Bauwerkes 130 m. Die Unterstützung der Nadeln wurde nach der in Norwegen vielfach üblichen Art durch feste, eiserne, in den Damm eingemauerte Böcke und eine feste Laufbrücke bewirkt. Das gesamte Bauwerk konnte überall direkt auf festen Felsen aufgesetzt werden, so daß Fundamentschwierigkeiten nicht entstanden.

Die Gesamtkosten beliefen sich auf rund 670000 M.

Die Oberfläche des Moes-Sees vergrößerte sich bei vollem Anstau von 52,6 auf rd. 60 qkm, und hatte der durch den 10 m hohen Stau geschaffene Speicherraum einen Inhalt von rd. 560 Mill. cbm, entsprechend einer Abflußhöhe von jährlich 380 mm. Diese Wassermenge genügte nach den bisherigen Wasserstands-Beobachtungen und den auf Grund derselben durchgeführten Berechnungen für eine Erhöhung des Kleinwassers von 5 cbm/sek auf 40 bis 45 cbm/sek.

Schon während des Baues der Sperrmauer beschäftigte man sich mit dem Gedanken, zur Ausnutzung des überaus starken Gefälles des Maanflusses bei dem schon erwähnten 104 m hohen Rjukanfall eine große Kraftanlage zu erbauen. Nachdem die Durchführung dieses gewaltigen, jetzt bereits in der Ausführung begriffenen Unternehmens gesichert war, hielt man die Schaffung einer noch größeren Sicherheit eines gleichmäßigen Abflusses für geboten. Es wurde geplant, die fertige Sperre um 2,5 m zu erhöhen und gleichzeitig die für eine Absenkung des Niedrigwasserspiegels noch erforderlichen Maßnahmen durchzuführen.

Da es gelang, die bei einer Erhöhung des Staues um 2,5 m überschwemmten Flächen freihändig anzukaufen, wurde seitens der Aktiengesellschaft Rjukanfos, die den Bau vornehmlich betrieb, eine neue Konzession für nicht erforderlich gehalten und mit der Ausführung, die zurzeit in vollem Gange ist, sofort begonnen.

Die Annahme, die Erhöhung der Sperre ohne weiteres durchführen zu können, hat sich übrigens inzwischen als irrtümlich erwiesen. Die Staatsregierung nahm den entgegengesetzten Standpunkt ein und hat die Genehmigung zur Inbetriebsetzung der Anlage an folgende Bedingungen geknüpft:

Die Aktiengesellschaft Rjukanfos hat an den Staat vom Jahre 1909 an entweder eine jährliche Abgabe von 5000 Kr. oder ein Abfindungskapital von 100000 Kr. zu zahlen. Außerdem ist eine jährliche

Abgabe von 1000 Kr. ebenfalls vom Jahre 1909 an oder ein Kapital von 20000 Kr. der Kommune Rauland, in deren Bezirk der Rjukanfos liegt, zu überweisen. Endlich ist seitens der Gesellschaft für etwaige infolge der Erhöhung der Mauer eintretende, zurzeit nicht vorauszusehende Schäden eine Sicherheit in Höhe von 5000 Kr. zu stellen.

In technischer Hinsicht ist zu bemerken, daß der in dem Lageplan Abb. 2 zur Darstellung gebrachte, 230 m lange Tunnel in der linksseitigen Felswand oberhalb der Sperre den Zweck hat, die

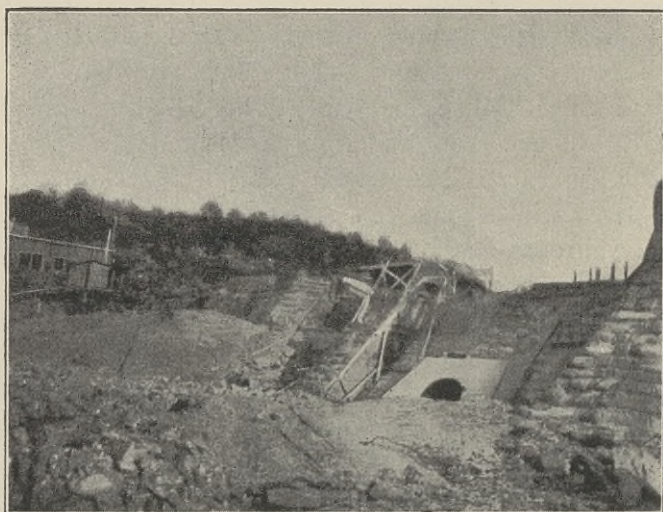


Abb. 3. Moes-See. Staumauer.

schon erwähnte, sich quer durch den See erstreckende Geröllbarre zu umgehen und bei einer Absenkung des Sees von 902 m, dem jetzigen Niedrigwasserstand, auf +900 m, das Wasser zu den beiden Ausflutunneln hinzuleiten. Die Sohle liegt entsprechend tief; der Querschnitt beträgt 30 qm. Fertiggestellt war bis zum Juli 1908 etwa die Hälfte des Tunnels.

Die Stärke der bestehenden Sperrmauer war für die geplante Erhöhung von 2,5 m ausreichend. Der Fachbaum des rechtsseitigen 28 m weiten Nadelwehres wird um 2,5 m höher gelegt, das Wehr aber nach dem rechten Ufer hin um rund 20 m verlängert, so daß die Gesamtlänge des Nadelwehres später 48 m beträgt. Die alten eisernen Böcke werden soweit als möglich wieder verwendet.

Von der anderen mit Nadeln versehenen Hochwasserabfluß-Öffnung bleibt ein Teil von etwa 11 m Weite unter Erhöhung des Fachbaumes um 2,5 m bestehen; um jedoch zur besseren Abführung des Eises die ganze Öffnung frei machen zu können, wird letztere durch eine Brücke überspannt, gegen die sich die Nadeln anlehnen. Der andere Teil des bisherigen Nadelwehres fällt fort und wird das Mauerwerk bis zur Krone des Staudammes hochgeführt.

Zur Erleichterung der Regulierung des Abflusses ist dann in die Staumauer noch ein mit Eisen verkleideter Grundablaß mit elipsen-

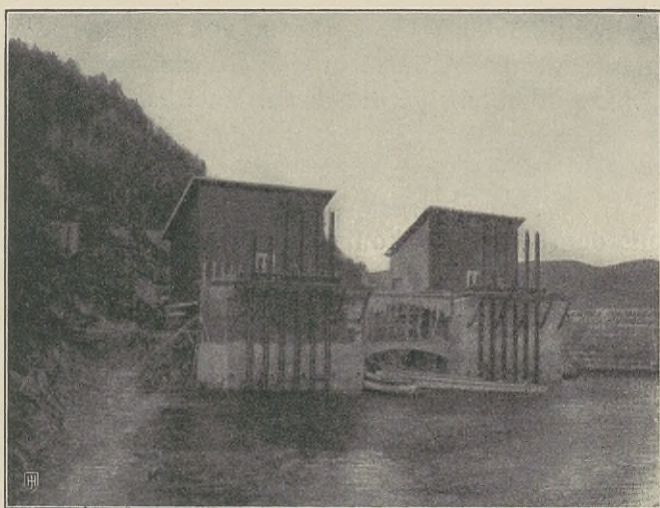


Abb. 4. Moes-See. Tunnel-Einläufe.

förmigen Querschnitt von 3,6 zu 2,6 m eingebaut worden. (Abb. 3.) Dieser Grundablaß, dessen Verschuß durch eine leicht bewegliche Schützenvorrichtung erfolgt, soll bei hochgefülltem Becken späterhin neben dem Nadelwehr in Hauptsache zur Regulierung des Abflusses dienen, während die beiden Auslaßtunnel in dem linken Hang erst nach Absenkung des Wasserspiegels bis auf +912 in Tätigkeit treten sollen. Es ist dies notwendig, weil für die Schützen der beiden Tunnel nur die Zugstangen verlängert, die früheren, für die damalige geringere Druckhöhe berechneten Winden aber beibehalten sind. (Abb. 4.)

Die Tunnel selbst sollen sich übrigens infolge der bedeutenden Wassergeschwindigkeit ziemlich stark ausgeschlossen haben, und

wird sich in späterer Zeit vielleicht eine Ausmauerung oder Auspanzerung als notwendig erweisen.

Die Fassungsfähigkeit der Sperre wird nach den durchgeführten Berechnungen nach Fertigstellung der Arbeiten rd. 750 Mill. cbm entsprechend einer Abflußhöhe von rd. 500 mm betragen, und gewährleistet diese Wassermenge nach äußerst vorsichtiger Berechnung einen Kleinstabfluß von mindestens 47 cbm/sek.

Das Gesamtgefälle des Maanflusses von seinem Ausfluß aus dem Moes-See bis zu seiner Einmündung in den Tin-See beträgt 712 m, von welchen rund 500 m durch Kraftanlagen ausgenutzt werden sollen. Bei einer Wassermenge von 47 cbm/sek würden sich dementsprechend 235000 PS<sub>e</sub> ergeben, von welcher Zahl jedoch noch etwa 6% für die Verluste in den Rohrleitungen und für die Erregerturbinen in Abzug gebracht werden müssen.

### C. Regulierung des Tin-Sees.

Der aus dem Moes-See kommende Maanfluß ergießt sich nach einem 32 km langen Laufe bei Fagerstrand in den Tin-See.

Der Tin-See liegt in einer Höhe von +190 m, ist 54,1 qkm groß und hat ein Niederschlagsgebiet von 3558 qkm. Neben dem Maanfluß mit einem Gebiet von 1715 qkm ist der größte Zufluß der aus dem 20,2 qkm großen Maar-See kommende Maarfluß mit einem Gebiet von 752 qkm; auf alle übrigen Zuflüsse des Tin-Sees entfallen daher nur 1091 qkm.

Die Ufer des im Verhältnis zu seiner Länge von 35 km schmalen Tin-Sees sind steil und fast überall bewaldet. Seine Sohle liegt nicht weniger als 445 m unter Mittelwasser, also rund 255 m unter dem Meeresspiegel. Eine noch größere Tiefe weist nur ein einziger anderer See, der Hormindals-See, mit 486 m auf.

Die Niedrigwassermenge beim Ausflusse aus dem Moes-See betrug vor der Regulierung desselben nur 5 cbm/sek oder 3,4 l/sek/qkm. Rechnet man für das übrige Zuflußgebiet des Tin-Sees bzw. Tinflusses mit Rücksicht auf die geringere Höhenlage 3 l/sek/qkm, so ergibt sich eine Niedrigwassermenge am Ausfluß aus dem Tin-See von 11,2 cbm/sek und an der Mündung des Tinflusses in den Hitterdals-See von 12,4 cbm/sek.

Diesen Kleinstwassermengen stehen bedeutende Hochwassermengen gegenüber. Für den Moes-See ist der Höchstabfluß auf 390 cbm oder 264 l/sek/qkm festgestellt; an der Mündung des Tin-

flusses rechnet man im allgemeinen mit 900—1000 cbm oder 250 l-sek/qkm, doch sollen im Jahre 1860 etwa 2000 cbm oder 500 l/sek/qkm, zum Abfluß gelangt sein.

Diese großen Unterschiede in der Wasserführung übten nicht nur auf die Wasserwerksbetriebe bei Skien, sondern namentlich auch auf den Flößereibetrieb auf dem Tinfluß einen höchst ungünstigen Einfluß aus. Im allgemeinen war für die Flößerei ein Wasserabfluß von 180—240 cbm am günstigsten; eingestellt wurde der Floßbetrieb jedoch erst, wenn die Abflußmenge unter 120 cbm/sek herunterging oder über 360 cbm/sek anstieg.

Ein Versuch, durch Aufspeicherung eines Teils des Hochwassers im Tin-See die Hochwasserwellen abzuschwächen und die Niedrigwassermenge aufzuhöhen, wurde schon im Jahre 1889 ausgeführt. Eine Enteignungsbefugnis einzuholen erwies sich als nicht erforderlich, da es gelang, mit allen in Frage kommenden Grundbesitzern einig zu werden. Der Erfolg der ausgeführten Anlage war jedoch namentlich hinsichtlich der Abschwächung der Hochwasserwellen ein geringer, weil die Aufdämmungshöhe nur 2,4 m betrug, und sich dementsprechend ein Speicherraum von 130 Mill. cbm ergab, der sich zur Erreichung des angestrebten Zieles als viel zu klein erwies. Der damalige Sperrdamm war ein einfacher Steinkistenbau mit 6 Flutöffnungen von je 5 m Breite, die durch hölzerne Fußgängerbrücken überspannt und durch Nadeln verschlossen wurden.

Fast gleichzeitig mit der Ausführung der Regulierung des Moes-Sees wurde dieser Damm durch ein neues Bauwerk unter Erhöhung des Aufstauens bis auf 4 m ersetzt. Da Enteignungen nicht zu umgehen waren, mußte die Königliche Genehmigung eingeholt werden, die im Juli 1906 erteilt wurde. Die dann sofort in Angriff genommenen Arbeiten sind im Laufe des Jahres 1907 beendet worden.

Der Untergrund erwies sich im Gegensatz zu den Verhältnissen bei der Moes-See-Sperre als sehr ungünstig; fester Felsen wurde nicht gefunden, und blieb nichts anderes übrig, als das Bauwerk auf der vorhandenen, aus großen Felsblöcken bestehenden Moräne zu errichten.

Abb. 5 gibt eine Ansicht des Wehres, wie die Anlage wohl richtig bezeichnet werden kann, von oben, Abb. 6 eine solche von unten.

An eine am rechtsseitigen Ufer liegende, Flößereizwecken dienende Öffnung von 5 m Weite schließen sich drei weitere

Öffnungen von 13 m, 15 m und 30 m Weite an. Die erste dieser Öffnungen ist durch einen eisernen Bock in zwei Teile geteilt und

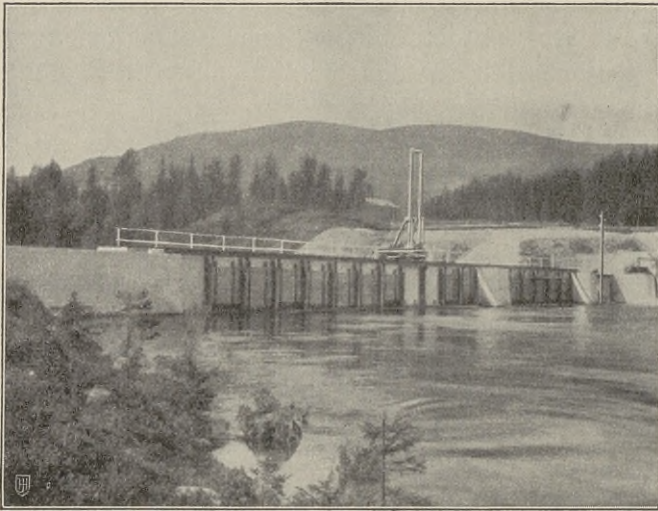


Abb. 5. Tin-See. Stauwehr von oben.

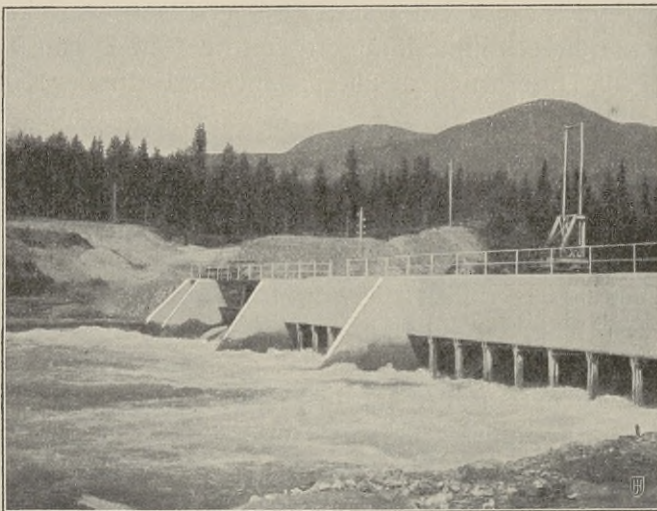


Abb. 6. Tin-See. Stauwehr von unten.

als Nadelwehr ausgebildet, durch dessen Bedienung vornehmlich die Regulierung des Wasserabflusses bei mittleren Wasserständen erfolgt.

Die beiden anderen Öffnungen sind durch eiserne, feste, in das Fundament eingemauerte Böcke in Abteilungen von 5 m Breite zerlegt, die durch zweiteilige hölzerne Schützen verschließbar sind. Die Bedienung erfolgt durch eine auf 3 Schienen laufende, fahrbare Winde (Abb. 7).

Die Floßrinne, deren Fachbaum 4 m unter dem Stauspiegel liegt, ist gewöhnlich geöffnet, kann aber durch Dammbalken geschlossen werden. Die Grundschwelle in der Nadelwehröffnung liegt 2,4 m, die der Schützenöffnungen 5,7 m unter Stauspiegel, so daß

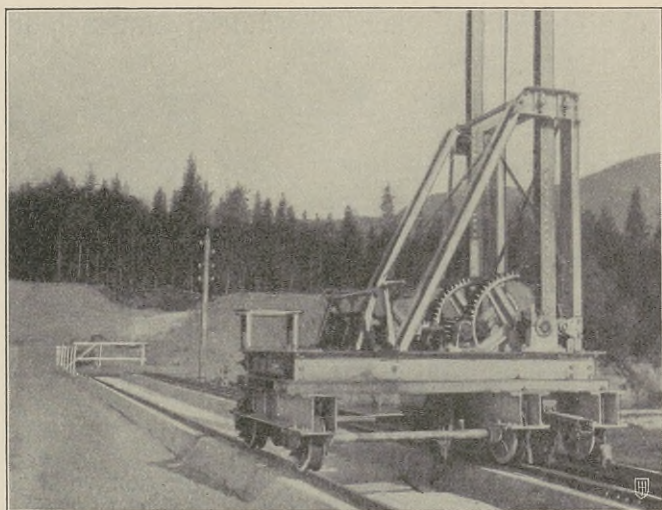


Abb. 7. Tin-See. Winde des Stauwehres.

bei einem Wasserstande in dieser Höhe und voll geöffnetem Wehr nach Abzug der Breite der eisernen Böcke ein wasserbedeckter Querschnitt von rund 275 qm vorhanden ist. Bemerkte sei, daß bei dem größten bekannten Hochwasser der Wasserspiegel noch etwa 1,2 m über dem jetzigen Stauspiegel lag.

Die Größe des geschaffenen Speicherraumes berechnet sich bei dem Flächeninhalt des Tin-Sees von 54,1 qkm bei Niedrigwasser und einer Stauhöhe von 4 m auf rund 220 Mill. cbm. Durch die Aufspeicherung von 750 Mill. cbm im Moes-See ist eine Erhöhung des Kleinstwassers im Maanfluß von 5 cbm/sek auf 47 cbm/sek gewährleistet. Das Kleinstwasser des Tinflusses ohne Maanfluß kann entsprechend einem Abfluß von 3 l/sek/qkm zu rund 8 cbm geschätzt werden. Das durch das Wehr am Ausfluß des Tin-Sees geschaffene

Becken von 220 Mill. cbm ist einschließlich eines kleinen am Fol-See geschaffenen Beckens von 25 Mill. cbm Fassungsraum nach den durchgeführten Berechnungen ausreichend, um diese Kleinstwassermenge von 8 cbm/sek auf rd. 40 cbm/sek zu erhöhen, so daß für die Kraftanlagen am Tinfluß mit einer Kleinwassermenge von  $40 + 47 = 87$  cbm/sek gerechnet werden kann.

Der Tinfluß hat vom Tin-See bis zu seiner Mündung in den Hitterdals-See ein Gesamtgefälle von 175 m.

Nach den Angaben des Kanaldirektors Saetren, Kristiania, und nach an Ort und Stelle eingezogenen Erkundigungen liegen auf dieser Strecke folgende natürliche Staustufen, von denen der Svaelfos und der Tinfos ausgebaut sind:

Tinfos . . . . .	2 m
Oeifos . . . . .	9 "
Gaupesprangfos . . . . .	5 "
Aartifos . . . . .	11 "
Svarthoelfos . . . . .	8 "
Grönvoldfos . . . . .	8 "
Svaelfos . . . . .	48 "
Lienfos . . . . .	16 "
Sagafos . . . . .	10 "
Tinfos . . . . .	20 "

Im Ganzen 137 m.

Die angegebenen Fallhöhen geben nicht die senkrechten Abfälle, sondern das Rohgefälle der bequem auszubauenden Stromschnellen an.

Legt man einer Berechnung die Gesamthöhe der eigentlichen Fälle und Stromschnellen mit 137 m, sowie eine Wassermenge von 87 cbm/sek zugrunde, so ergibt sich eine gewinnbare Kraftmenge von rund 119000 PS<sub>e</sub>.

Insgesamt werden somit am Maanfluß und am Tinfluß ohne jede Berücksichtigung der zahlreichen Wasserfälle an den übrigen Flüssen des Niederschlagsgebietes in absehbarer Zeit  $119000 + 220000 = 339000$  PS<sub>e</sub> zur Verfügung stehen.

Erwähnt sei noch, daß bereits Projekte für den Ausbau des Maar-Sees und des Kalhövd-Gjeitebu-Sees zu Speicherbecken mit einem Fassungsraum von  $140 + 86 = 226$  Mill. cbm vorliegen. Durch Ausführung dieser Entwürfe würde sich der jetzt schon im Gebiet des Tinflusses zur Verfügung stehende Speicherraum von  $750 + 220 + 25 = 995$  auf  $995 + 226 =$  rd. 1220 Mill. cbm und dem entsprechend auch die Zahl der gewinnbaren PS<sub>e</sub> erhöhen.



## D. Regulierung der Bandak-Seen.

Von dem 10450 qkm großen Niederschlagsgebiet des Skienflusses entfallen rund 10100 qkm auf den 59,7 qkm großen Nor-See, dessen 8 km langer Abfluß bis zur Hafenstadt Skien schon im Jahre 1861 kanalisiert worden ist.

Neben dem 3900 qkm großen Gebiet des Tinflusses, der in den bei Niedrigwasser in gleicher Höhe (+ 15 m) wie der Nor-See liegenden, 14,6 qkm großen Hitterdals-See einmündet, ist das 3600 qkm große Gebiet des den Bandak-Seen entströmenden Eidsflusses bei weitem das Wichtigste (Abb. 1).

Unter dem Namen der Bandak-Seen, die eine Tiefe bis zu 289 m besitzen, wird die 63 qkm große, sich in der Hauptrichtung von West nach Ost hinziehende Wasserfläche verstanden, die vor der in den Jahren 1887 bis 1892 durchgeführten Regulierung aus drei einzelnen, miteinander durch stromschnellenartige Flußarme verbundenen Seen bestand, dem Bandak-See mit 29,1 qkm, dem Kvileseid-See mit 13,6 qkm und dem Flaa-See mit 20,2 qkm Größe. In dem etwa 3300 qkm großen, ausgedehnten Zuflußgebiet wurde schon seit Mitte des 18. Jahrhunderts in großem Umfang Flößerei betrieben. Der Ausübung dieses Betriebes stellten sich sowohl in den Zuflüssen der genannten Seen, sowie auch in den diese verbindenden Flußstrecken nicht unbedeutende natürliche Hindernisse entgegen; die Bedeutung dieser Hindernisse trat jedoch völlig zurück gegen die Schwierigkeiten, die infolge der außerordentlich ungünstigen Zustände auf der rund 22 km langen Strecke vom Flaa-See bis zum Nor-See entstanden.

Der Wasserspiegel des Flaa-Sees lag vor der Regulierung etwa auf +71 m, so daß das absolute Gefälle bis zu dem auf +15 m liegenden Nor-See rund 56 m betrug. Dieses Gefälle verteilte sich auf eine Reihe mehr oder minder reißender Stromschnellen und natürlicher Abstürze, von denen der unterste, der Ulefos, zum Betriebe von Eisenwerken und Schneidemühlen in einer Höhe von 7 bis 8 m schon seit dem 17. Jahrhundert nutzbar gemacht worden war.

Den gefährlichsten Punkt für die Flößerei bildete der etwa 25 m hohe und 1,9 km lange Vrangfos, weil sich unterhalb des Hauptfalles in dem engen Felsental ein tiefer Kessel gebildet hatte, in welchem die einzelnen herabstürzenden Stämme sich wie in einem Gletscherpotopf im Kreise herumdrehten und fast immer Verstopfungen von ganz gewaltigem Umfange entstanden, durch welche oft Holz im

Werte von jährlich mehr als 100000 M. vernichtet wurde. Welch ein Durcheinander von zerbrochenen und geknickten Holzstämmen in einem solchen Felsenkessel entstehen kann, ist im Kleinen aus Abb. 8 zu entnehmen, die den Zustand des in einem anderen Niederschlagsgebiet liegenden Krageröflusses unterhalb des 10 m hohen Solumfos im Juni 1908 darstellt.

Die früher für die Flößerei bei dem Vrangfos an sich so überaus ungünstigen natürlichen Verhältnisse traten in ihrer Einwirkung



Abb. 8. Solumfos bei Kragerö.

immer schärfer hervor, je größer der Umfang der Flößerei infolge der steigenden Nachfrage des Auslandes wurde.

Eine Besserung dieser, dem Nationalvermögen so überaus schädlichen Zustände herbeizuführen, war der erste Anstoß zu der in den Jahren 1887 bis 1892 durchgeführten Bandak-Kanalanlage. Fördernd wirkte weiterhin die Möglichkeit, durch gleichzeitige Ausbildung der Seen zu Speicherbecken eine Erhöhung der Niedrigwassermenge für die Wasserkraftanlagen an der Mündung des Eidsflusses bei Ulefos und am Skienfluß unterhalb des Nor-Sees zu erreichen; insbesondere machten sich die durch die langandauernden Niedrigwasserstände hervorgerufenen Betriebseinschränkungen der verschiedenen gewerblichen Anlagen mit dem Anwachsen einzelner Industriezweige, namentlich der Holzschleiferei, stets fühlbarer. Endlich trat das Bedürfnis nach der Herstellung einer für Dampfschiffe

fahrbaren Wasserstraße zwischen dem Nor-See und den Bandak-Seen immer mehr zu Tage.

Der zur Ausführung gelangte Plan entspricht allen vorgenannten Anforderungen (Abb. 9). Der Wasserspiegel der Bandaks-Seen wurde bei Hogga durch einen hohen Steindamm mit einer Fallhöhe von 7 m bis auf +72 angespannt, so daß die ganzen drei Seen jetzt

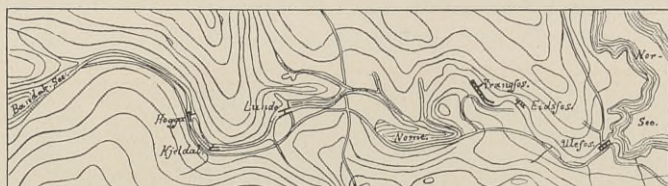


Abb. 9. Lageplan des Bandakkanals. Maßstab 1 : 230 000.

eine Wasserfläche bilden. Gleichzeitig erfolgte eine Ausbaggerung und Erweiterung der Flußstrecken zwischen den drei Seen derart, daß auch bei einer Absenkung des Wasserspiegel um 2 m bis auf +70 genügende Tiefe für die Schifffahrt verblieb.

Die 18 km lange Flußstrecke zwischen dem Damm bei Hogga und dem Nor-See mit einem Gesamtgefälle von 57 m wurde kanalisiert. Die Länge der einzelnen Haltungen und die Fallhöhe der zwischen denselben liegenden Schleusentreppen ist aus Abb. 10 ersichtlich.

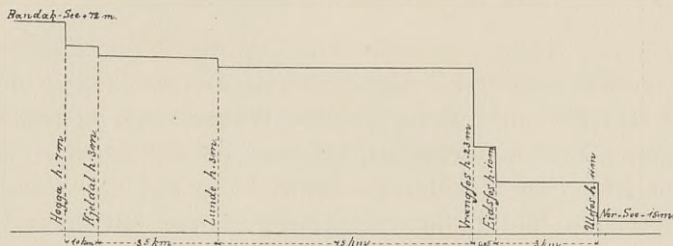


Abb. 10. Bandakkanal. Höhenplan.

Da Beschreibungen des Bandakkanals in deutscher Sprache bereits vorhanden sind — Schlichting, Deutsche Bauzeitung 1890 und Holz, Wasserkraftverhältnisse in Skandinavien und im Alpengebiet, 1901 —, sei über die ausgeführten Schleusen- und Wehranlagen nur kurz folgendes erwähnt:

Die Schleusen haben eine Länge von 37,65 m, eine Breite von 6,9 m und eine Wassertiefe von 2,59 m; sie sind sämtlich massiv ausgebaut oder, wie vornehmlich beim Eidsfos und beim Vrangfos, in dem festen Felsen neben dem eigentlichen Flußlauf ausgesprengt; der erforderliche Anstau wird durch Staumauern im Verein mit beweglichen Wehren gebildet, die meist als Nadelwehre mit festen Böcken konstruiert sind. Abb. 11 gibt eine Übersicht über die ganze Anlage am Vrangfos, Abb. 12 eine Ansicht des Staudammes

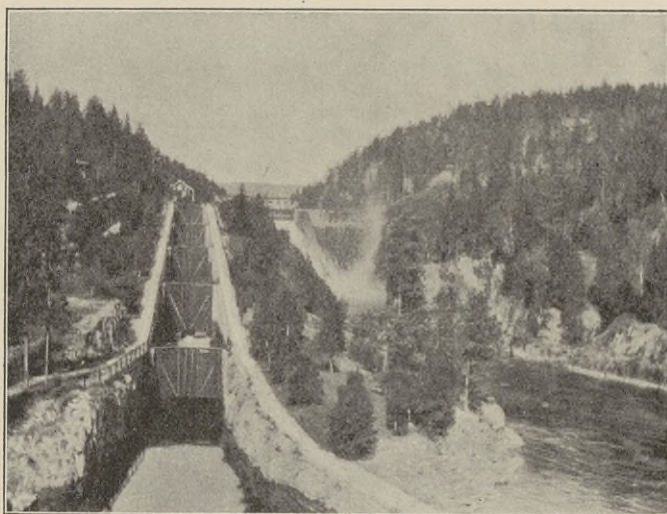


Abb. 11. Vrangfos. Schleusenanlage.

und des Wehres daselbst. Auffallend ist die überaus große Durchlässigkeit des Dammkörpers, da das Wasser fast überall aus den Mauerfugen förmlich herausspritzt, wie aus der Abbildung deutlich ersichtlich ist. Eine nachteilige Einwirkung auf die Standfestigkeit des jetzt seit 16 Jahren bestehenden Dammes hat dieser Umstand jedoch, soweit es sich beurteilen läßt, nach keiner Seite hin zur Folge gehabt. Hinsichtlich der Wehre bei den drei untersten Stautufen ist bemerkenswert, daß der Verschuß des untersten Teils dammbalkenartig und des darüber liegenden Teils durch senkrechte Nadeln erfolgt; durch eine geeignete Vorrichtung ist es möglich, die Dammbalken zuerst zu entfernen und auf diese Art den dicht über dem Fachbaum gelegenen Teil der Wehre für den Abfluß des Wassers vor der Herausnahme der Nadeln zu öffnen.

Von den im Anschluß an die Wehre erbauten Abschlußdämmen ist die Staustufe am Vrangfos in Quadermauerwerk ausgeführt; alle andern Dämme sind in Steinkistenbau hergestellt.

Nach Vollendung der Gesamtanlage trat hinsichtlich der Flößerei ein vollständiger Umschwung der bisherigen Verhältnisse ein. Oberhalb Hogga wurden die Stämme aufgefangen, zu Flößen von 27 m Länge, 6,3 m Breite und 2,3 m Tiefe vereinigt und die letzteren, soweit das Holz nicht in Ulefos oder Skotsfos Verwendung fand, nach Durchschleusung bis zum Nor-See von Dampfern bis nach



Abb. 12. Vrangfos. Staumauer.

Skien geschleppt. Verluste an Holz traten fast überhaupt nicht mehr ein. Zur Übersicht über den Umfang der Flößerei sei angegeben, daß nach Saetren bei Ulefos in den Jahren 1896, 1903 und 1906—07 rd. 582, 1241 und 904 Mill. Stämme durchgeschleust wurden.

Neben dem Flößereibetrieb nahm auch der neueingerichtete Schiffahrtsbetrieb einen erfreulichen Aufschwung; namentlich hob sich der Touristenverkehr und die Benutzung der am westlichen Ende des Sees bei Dalen beginnenden großen Telemarker Landstraße.

Von besonderem Interesse ist die Einwirkung der Seeregulierung auf die bisherigen Abflußverhältnisse.

Die niedrigste natürliche Wasserführung sank nach einer von der Betriebsdirektion der Kanalanlage verfaßten kurzen Beschreibung bis auf 10 cbm/sek oder 2,8 l/sek/qkm. Kanaldirektor Saetren

gibt jedoch an, daß 15 cbm/sek oder 4,2 l/qkm/sek als durchschnittliche Kleinstmenge angesehen werden können.

Der Wasserstand in den Bandak-Seen kann, wie schon angegeben, um 2 m von +72 m auf +70 m abgesenkt werden. Dementsprechend berechnet sich der Inhalt des Speicherraumes auf 126 Mill. cbm. Niedrigwasser wird im allgemeinen in den Monaten Januar bis Mitte April vorhanden sein, da der Schnee erst um diese Zeit zu schmelzen beginnt, während in der übrigen Zeit mit einem Mindestabfluß von 12 bis 15 l/qkm/sek = 40 bis 50 cbm/sek wird gerechnet werden können.

Die 126 Mill. reichen daher aus, die Kleinstwassermenge um rund 14 cbm/sek auf etwa 29 cbm/sek zu erhöhen.

Das Gesamtgefälle zwischen dem Bandak-See und dem Nor-See beträgt 57 m.

Bringt man 1 cbm/sek als Speisewasser für die Schleusen in Abzug, so ergibt sich die Möglichkeit einer Kraftgewinnung von  $57 \cdot 28 \cdot 10 = \text{rd. } 16000 \text{ PS}_e$ .

Diese Energiemenge kann jedoch durch die Ausbildung anderer Seen des Niederschlagsgebietes bedeutend erhöht werden. In Betracht kommen für diesen Zweck vornehmlich der Totak-See mit 39,5 qkm, der Songa-See mit 6,5 qkm und der Lognvik-See mit 5,3 qkm Fläche. Für die Regulierung dieser Seen sind von Kanal-direktor Saetren bereits im Jahre 1902 Pläne mit Regulierungshöhen von 6,6 m, 5 m und 4 m ausgearbeitet worden. Die Größe des zu gewinnenden Speicherraumes beträgt  $260,7 + 32,5 + 21,2 = \text{rund } 314 \text{ Mill. cbm}$  und würde sich für  $3\frac{1}{2}$  Monat eine Erhöhung des Kleinwassers um rd. 34 cbm/sek erreichen lassen. Da aber auch während eines Teils der anderen Monate, wenn auch in geringem Umfange Zuschußwasser würde gegeben werden müssen, so soll nur mit einer Erhöhung von 22 cbm/sek gerechnet werden.

Die an den Staustufen des Bandakkanals zu gewinnende Kraftmenge ergibt sich dann zu  $(28 + 22) \cdot 57 \cdot 10 = 28500 \text{ PS}_e$ .

Ausgebaut ist bisher nur die unterste Staustufe bei Ulefos mit 11 m Fallhöhe und zwar für 36 cbm/sek, doch muß im Winter der Betrieb stets etwas eingeschränkt werden.

Von den andern Staustufen eignen sich diejenigen beim Eidsfos mit 10 m und beim Vrangfos mit 23 m Fallhöhe um so mehr für die Gewinnung von Kraft, als die Entfernung vom Nor-See, an dessen Ufer überall bequem Fabrikanlagen erbaut werden können, nur 4 bis 5 km beträgt. Der Grund des Brachliegens dieser wert-

vollen Energiequellen ist wohl hauptsächlich in der Befürchtung begründet, daß so bedeutende Kraftmengen wirtschaftlich nur schwierig verwertbar sein würden. Mit Sicherheit ist jedoch auf eine demnächstige Ausführung des Ausbaus der oben genannten 3 Seen zu rechnen, weil durch diese Maßnahmen auch das Niedrigwasser für die Kraftanlagen am Skienfluß bei Skotsfos und in Skien selbst entsprechend erhöht wird.

### E. Wasserkraftanlage am Svaelgfos bei Notodden.

Wenn man von der am Langesundfjord gelegenen Hafenstadt Porsgrund den kanalisierten Skienfluß aufwärts fährt, gelangt man in den Nor-See und weiterhin in den sich nordwärts anschließenden Hitterdals-See. Am Nordende des Hitterdals-See, in der Luftlinie rd. 45 km von Skien entfernt, liegt an der Mündung des Tinflusses der Flecken Notodden. (Abb. 1.)

Früher nur aus einigen Häusern bestehend, weist Notodden jetzt die für Norwegen schon ganz stattliche Anzahl von über 2000 Einwohnern auf. Neben einer Karbidfabrik hat der Ort seinen Aufschwung namentlich der Einrichtung einer großen Salpeterfabrik zu verdanken, in der nach dem Patente Birkeland und Eyde Luftstickstoff gewonnen wird.

Die zum Betriebe der Salpeterfabrik erforderliche bedeutende Kraftmenge liefert in Hauptsache eine am Svaelgfos, einer am Tinfluß 5 km oberhalb seiner Mündung gelegenen Stromschnelle in den Jahren 1906/07 erbaute Wasserkraftanlage.

Die Wassermenge des Tinflusses sank früher in Niedrigwasserzeiten bis auf 12 bis 16 cbm/sek oder durchschnittlich 3 bis 4 l/sek-qkm. Diese Niedrigwassermenge ist, wie schon angegeben, durch den Ausbau von drei großen Seen, des Fol-Sees, des Tin-Sees und des Moes-Sees zu Speicherbecken mit einem Speicherraum von 970 Mill. cbm auf 87 cbm/sek erhöht worden. An der Sperrmauer für den zuletzt genannten 52,6 qkm großen See sind die Bauarbeiten zwar noch im Gange, doch ist deren Beendigung mit Sicherheit noch im Laufe des Jahres zu erwarten.

Bei dem größten bekannten Hochwasser im Jahre 1860 sollen 2000 cbm/sek oder 510 l/sek/qkm zum Abfluß gelangt sein. Wahrscheinlich ist jedoch diese Zahl zu groß. Gemessen ist nur eine Wassermenge von etwa 1000 cbm/sek oder rd. 205 l/sek/qkm, etwa das fünfzehnfache der Kleinst-Wassermenge.

Das Gefälle des Tinflusses beträgt auf den ersten 27 km abwärts des Ausflusses aus dem Tin-See 85 m oder 3,2 m/km, auf den daran anschließenden 5 km bis zur Mündung in den Hitterdals-See dagegen 88 m oder 17,6 m/km. Direkt nutzbar gemacht sind bei der

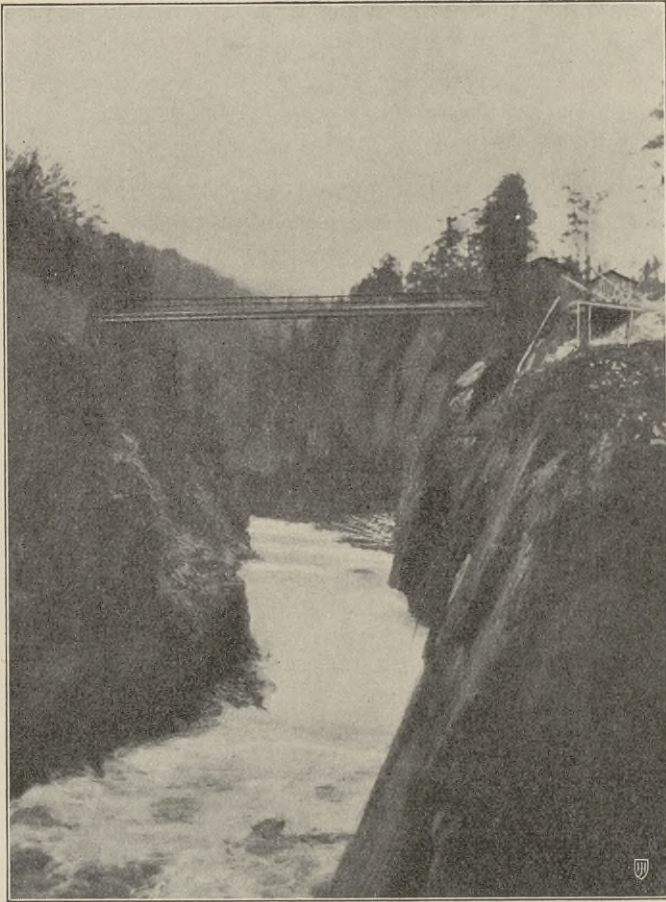


Abb. 13. Svaelgfos.

Svaelgfos-Kraftanlage 46,5 m und ergibt sich somit für 87 cbm/sek eine Kraftmenge von rund 40 000 PS<sub>e</sub>. Die Fallhöhe von 46,5 m setzt sich zusammen aus einem 16 m hohen Aufstau des Wassers über den bisherigen gewöhnlichen Wasserstand und dem größten Teil des Rohgefälles der etwa 700 m langen Stromschnelle, deren oberster, nur etwa 2,5 m hoher Absatz den eigentlichen Svaelgfos bildete.



Bei diesem Felsriegel machte die Mittellinie des Flußlaufes einen scharfen Knick, und hatte sich unterhalb desselben im Laufe der Jahrhunderte, ähnlich wie bei dem Vrangfos im Gebiet des Eidsflusses, ein tiefer, für die Flößerei gefährlicher Felsenkessel gebildet. In diesem Kessel sowie an engen Stellen der sich an denselben anschließenden Felsschlucht (Abb. 13), klemmten sich die einzelnen herabstürzenden Hölzer fest und bildeten, da von der Strömung ständig neue Holzmassen zugeführt wurden, oft ein unentwirrbares Durcheinander von geknickten und teilweise zersplitterten

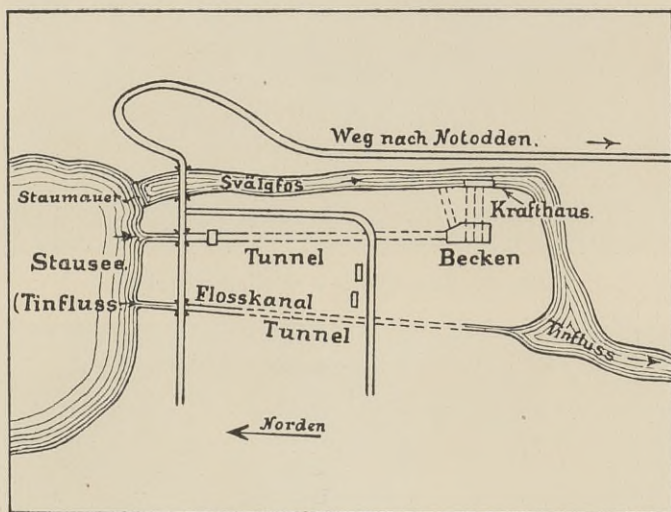


Abb. 14. Svaelgfos. Lageplanskizze.

Baumstämmen in ähnlicher Art, wie Abb. 8 im Kleinen zeigt. Der Wert des durchschnittlich in jedem Jahre eintretenden Holzverlustes belief sich auf rd. 80 000 M. Trotzdem konnte sich weder die örtliche Vereinigung der Holzhändler und Waldbesitzer, noch die 1861 begründete Hauptvereinigung zur Verbesserung der Flößerei im Gebiet des Skienflusses zum Bau eines besonderen Flosskanals entschließen, obwohl für einen solchen bereits in den sechziger Jahren Pläne aufgestellt worden waren, deren Kostenanschläge sich auf 220 000 bis 430 000 M. beliefen, Summen, die im Verhältnis zu dem jährlichen Schaden als übermäßig nicht bezeichnet werden können. Mit dem in den Jahren 1906/07 erfolgten Ausbau der Wasserkraftanlage am Svaelgfos ist jedoch auch gleichzeitig die Beseitigung der hinsichtlich der Flößerei bestehenden Übelstände

durch den Bau einer Floßrinne erfolgt, die teils als offener Kanal, teils als Tunnel, teils als Holzrinne auf Jochen ausgebildet ist.

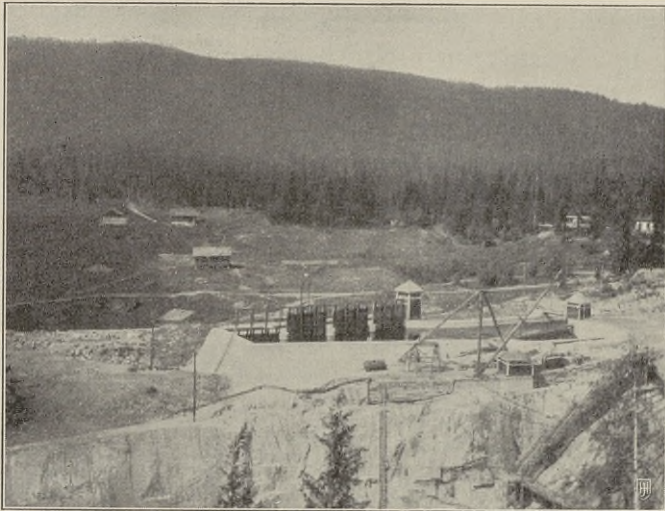


Abb. 15. Svaelgfos. Verteilungsbecken.



Abb. 16. Svaelgfos. Krafthaus.

Die Lage der einzelnen Hauptbauwerke der Kraftanlage ist in einer Lageplanskizze in Abb. 14 zur Darstellung gebracht.

Das durch ein massives Stauwerk aufgestaute Wasser wird durch einen teils als offenen Kanal, teils als Tunnel ausgebildeten

Zuleiter einem Verteilungsbecken und von diesem dem auf dem Grunde der Schlucht erbauten Krafthaus zugeleitet (Abb. 15, 16, 23

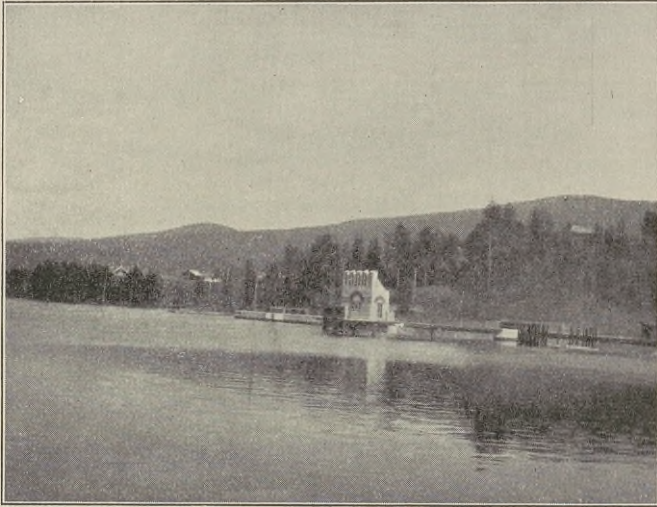


Abb. 17. Svaelgfos. Staumauer von oben.

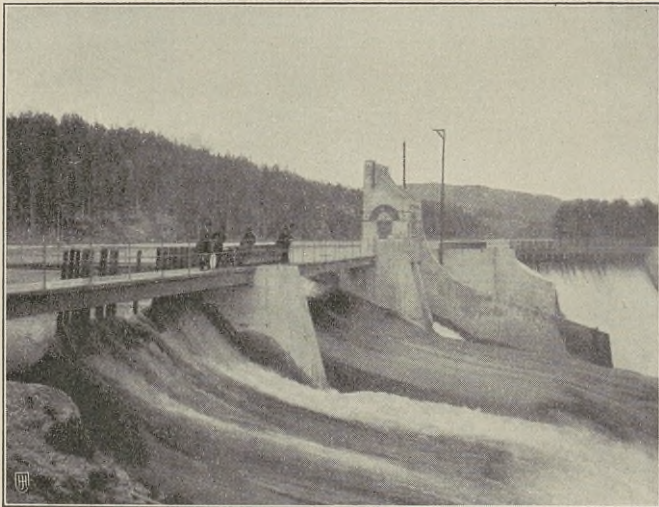


Abb. 18. Svaelgfos. Staumauer von unten.

u. 27). Die Staumauer liegt ungefähr an der Stelle der obersten früheren natürlichen Felsstufe und beträgt ihre Gesamtlänge rund 72 m. Abb. 17 gibt eine Ansicht von oben, Abb. 18 eine Ansicht von einer unterhalb über die Felschlucht führenden Brücke aus.

Die Stauhöhe beträgt wie schon angegeben, 16 m. Die Regulierung des Abflusses soll bei normalen Zeiten durch einen Grundablaß sowie durch zwei mit Schützen von je 2,1 m Breite versehenen Öffnungen erfolgen, deren Fachbaum 4 m unter dem Stau-

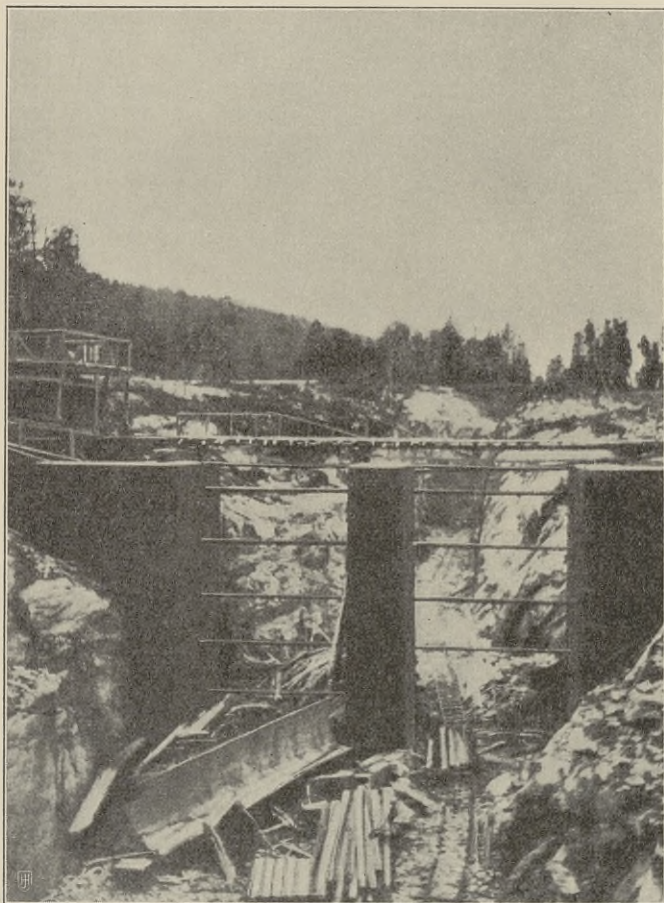


Abb. 19. Tunneleinlauf im Bau 1906.

spiegel liegt. In Aussicht genommen ist die Einrichtung eines elektrischen Betriebes der Bewegungsvorrichtungen vom Krafthaus aus. Für den Abfluß des Hochwassers dienen vier mit Nadeln verschließbare Öffnungen. Die Strahldicke soll 2,5 m nicht überschreiten; tatsächlich ist dieselbe jedoch bei dem Hochwasser im Juni 1908 etwas größer gewesen. Berechnet ist das Freiwehr für einen Abfluß von 750 cbm/sek, doch dürfte diese Zahl nur zu-

treffend sein, wenn es gelingt, die Spitzen der Frühjahrshochwasserswellen durch zweckentsprechende Ausnutzung der Speicherbecken zu erniedrigen. Besondere Gefahren werden übrigens auch bei einem ausnahmsweisen Ansteigen des Wassers um 1 bis 1,5 m über Stauspiegel kaum zu erwarten sein.

Bemerkenswert ist der Einbau einer kleinen Turbine in den Mittelpfeiler des Wehres, die während der Bauzeit die Kraft für die Arbeitsmaschinen lieferte. Die Fundierung des Bauwerks bot insofern Schwierigkeiten, als der Felsuntergrund sich als ungünstig

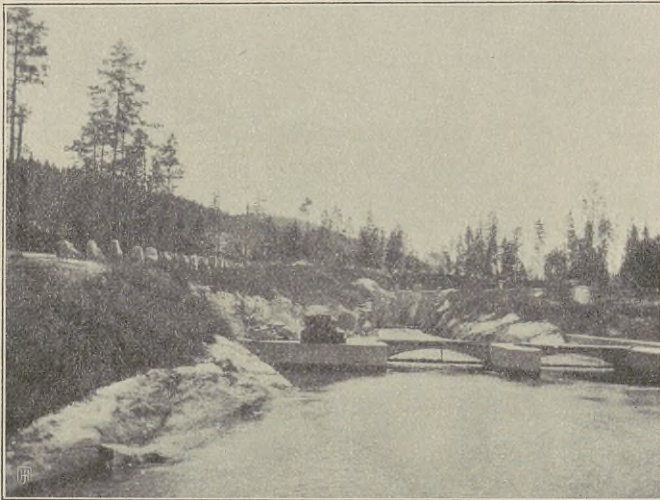


Abb. 20. Tunneleinlauf 1908.

erwies und bis 10 m unter Fußsohle ausgesprengt werden mußte, so daß die Mauer teilweise bis 30 m hoch ist.

Der offene, 130 m lange Zuleiter ist in festem Fels ausgesprengt; der wasserführende Querschnitt hat bei einer Wassertiefe von 7 m und einer Sohlenbreite von 5 m eine Größe von 40 qm. Denselben Querschnitt weist auch der 520 m lange Tunnel auf. Die erforderlichen Aussprengungen konnten den örtlichen Verhältnissen entsprechend im Trockenem erfolgen. Abb. 19 bis 22 geben von denselben Punkten aus Ansichten des Einlaufes und Auslaufes des Tunnels während der Bauzeit im Herbst 1906 und nach der Vollendung.

Gegen das Eindringen von Fremdkörpern schützt ein in den offenen Zuleiter eingebauter Grobrechen, dessen 9 cm voneinander

entfernte Stäbe sich gegen sechs horizontale eiserne Träger stützen, deren Widerlager die seitlichen Felswände und ein Mittelpfeiler bilden.

Um die Zuleitung des Betriebswassers vollständig abstellen zu können, sind vor dem Tunneleinlauf Stemmtore eingebaut. So

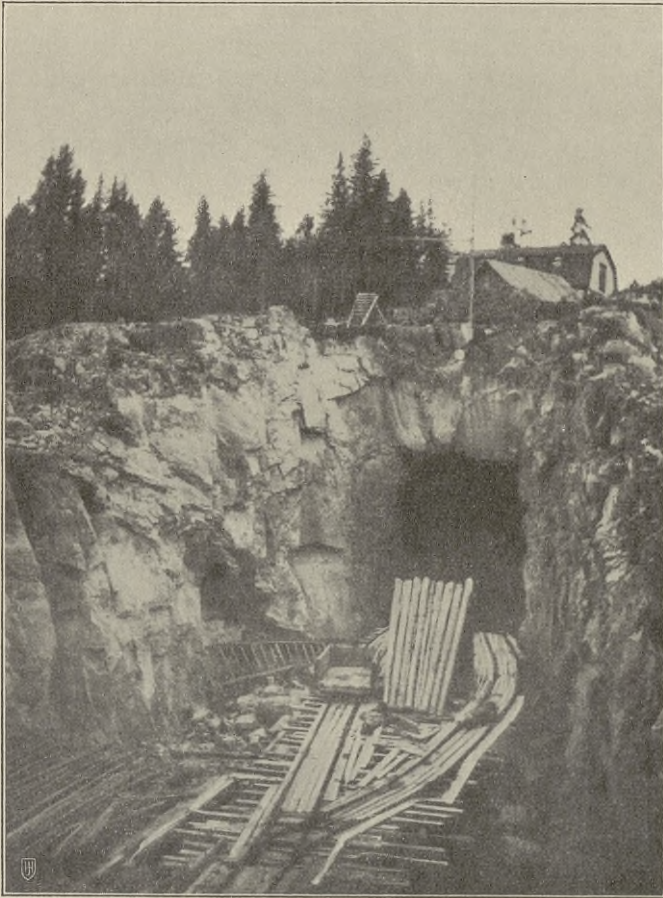


Abb. 21. Svaelfos. Tunnelauslauf im Bau 1906.

mancherlei Vorteile diese Konstruktion auch bietet, so hat sich doch schon bald nach der Inbetriebsetzung der ganzen Anlage der Nachteil bemerkbar gemacht, daß die Möglichkeit der Regulierung des Wasserzuflusses, wie sie die Anordnung von Schützen bietet, nicht vorhanden ist. Eine solche Regulierung des Wasserflusses durch teilweise Absperrung des Zuleiters hat sich bei dem lange

andauernden Frühjahrshochwasser 1906 um so mehr als erwünscht erwiesen, als gerade in dieser Zeit einzelne Generatoren umgewickelt werden mußten, und deshalb zeitweise nur ein Teil der Turbinen in Betrieb war.

An den Tunnel schließt sich das Vorbecken an. Die Sohle desselben liegt dicht am Tunnelausgang am tiefsten und ist hier eine Leerlauf- und Kiesschütze angeordnet. Sodann folgt ein Überfall, dessen freie Öffnung teilweise mit Dammbalken zugesetzt werden kann; das überschüssige Wasser stürzt durch einen Stollen in die Felsschlucht oberhalb des Turbinenhauses.

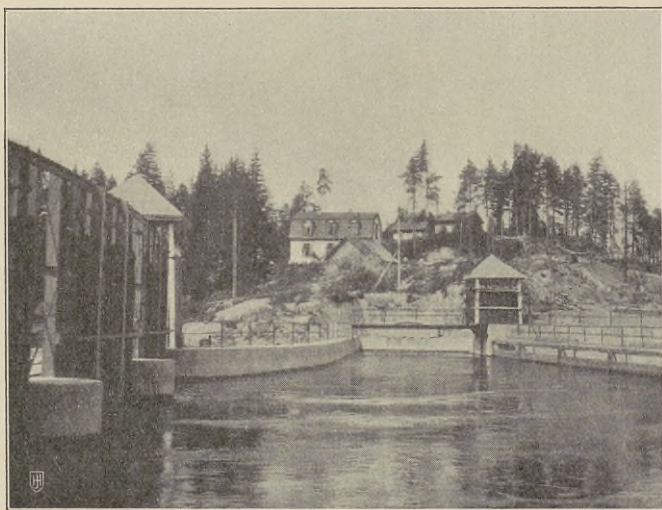


Abb. 22. Svaelfos. Tunnelauslauf 1908.

Am Einlauf der vier je 7 m breiten Druckkammern sind für jede Kammer getrennt drei Schützen vorgesehen. Abb. 23 u. 24 geben von demselben Punkt aus gesehen ein Bild des Bauzustandes im Herbst 1906 sowie nach der Fertigstellung. Abb. 25 gibt die Rückseite der Schützen von der unteren Abschlußmauer der Druckkammer aus gesehen.

Der Fachbaum der Schützen liegt 5 m unter dem Normal-Wasserspiegel im Becken bzw. unter der Oberkante des Überfalls. Unter Berücksichtigung der eisernen Zwischenstände stand somit ein Einlauf-Querschnitt von über 30 qm für jede Druckkammer zur Verfügung. Dieser Querschnitt hat sich für die der Berechnung der vier Turbinen zugrunde gelegte Wassermenge von 21 bis

22 cbm/sek als unnötig groß erwiesen. Um unnütze Arbeit bei der Bedienung der Schützen zu vermeiden, hat man infolgedessen die Schützen horizontal geteilt und wird nur die obere Hälfte gezogen, was sich als ausreichend erwiesen hat.



Abb. 23. Svaelfos. Verteilungsbecken im Bau 1906.

Unterstrom der Schützen sind die Feinrechen angeordnet, deren Stäbe einen Zwischenraum von 2 cm haben.

Die Zuleitung des Wassers zu dem tief in der Schlucht liegenden Krafthaus erfolgt durch vier eiserne Rohre von je 3,4 m Durchmesser, die in zwei in den Felsen ausgesprengte Schächte unter gleichzeitiger Ausbetonierung der Zwischenräume eingebaut sind.



Der Bau des Krafthauses war infolge des engen, an dem reißenden Strom liegenden Bauplatzes, der größtenteils erst aus-

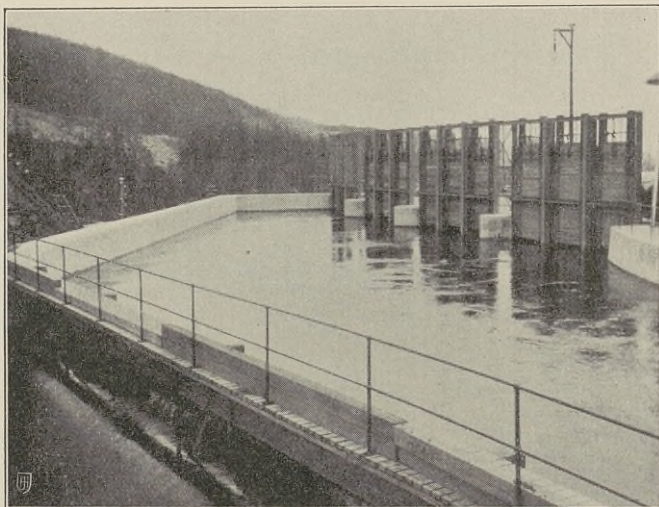


Abb. 24. Svaelgfos. Verteilungsbecken 1908.

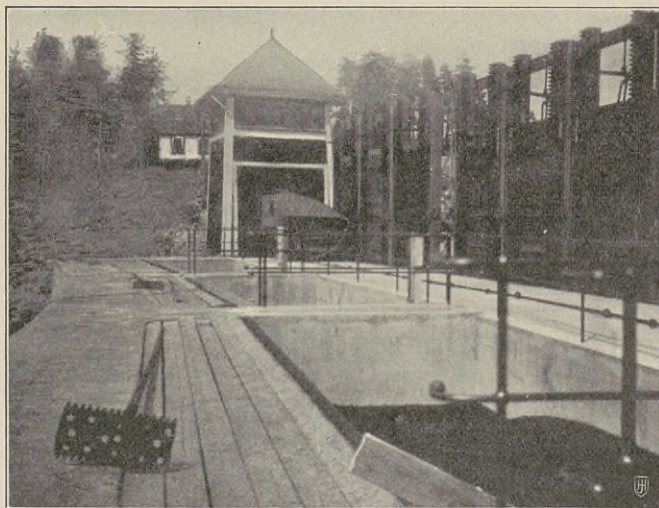


Abb. 25. Svaelgfos. Druckkammer mit Schützen.

gesprengt werden mußte, mit vielen Schwierigkeiten verknüpft. Die Baumaterialien wurden von Notodden aus auf der am linken Ufer des Flusses liegenden Fahrstraße auf Wagen herangeschafft, mittels

einer Seilbahn für bis zu 14 t schwere Stücke auf das rechte Ufer überführt und sodann mittels eines Kranes zur Baustelle hinuntergelassen.

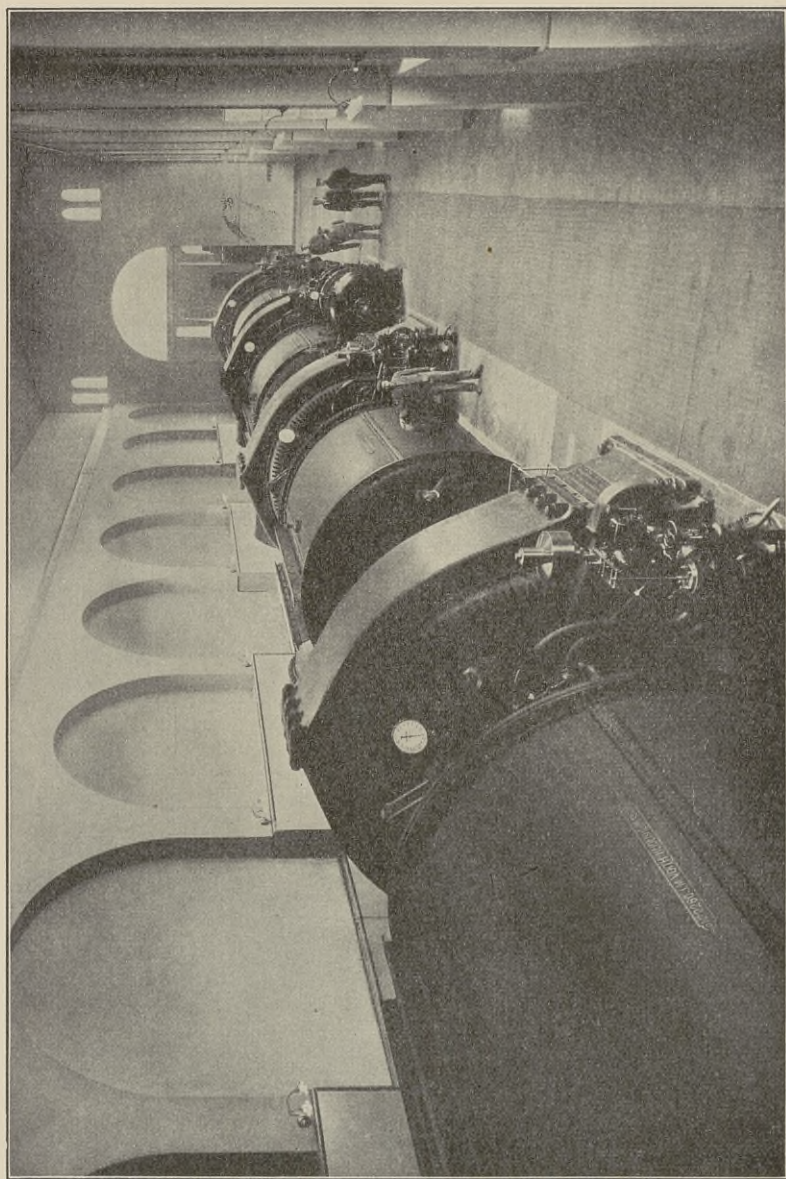


Abb. 26. Svaelgjos. Turbinensaal.

Der Fußboden des Krafthauses liegt hochwasserfrei; die 4 Turbinen (Abb. 26) haben eine Normalleistung von je 10000, eine

höchste Leistung von je 11750 PS<sub>e</sub> und ergaben bei den Abnahmeversuchen einen größten Wirkungsgrad von 86,2%. Es sind Francis-Zwillingsturbinen im schmiedeeisernen Querkessel; der lichte Durchmesser des zylindrischen Kessels beträgt 0,4 m, der Laufraddurchmesser 1,5 m, die Dicke der Welle an der stärksten Stelle 400 mm.

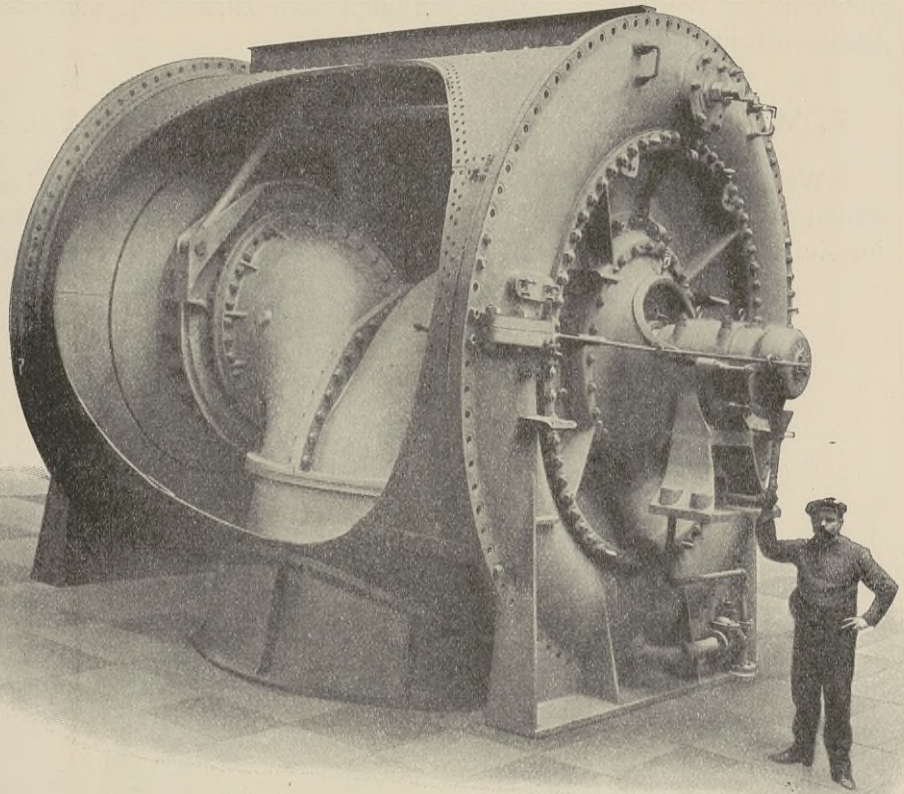


Abb. 27. Svaelfos. Francis-Doppelturbine.

Die Turbinen machen 250 Umdrehungen i. d. Min. und ihre Wellen sind direkt und starr mit den Wellen der Stromerzeuger gekuppelt.

Die Geschwindigkeit der vier Maschineneinheiten wird durch selbsttätige Druckölregler bei allen Belastungsschwankungen innerhalb engster Grenzen gleichgehalten.

Für die Erregung der Generatoren sind 2 Erregerdynamos aufgestellt, welche durch Spiralturbinen von je 520 PS<sub>e</sub> Leistung angetrieben werden.

Die sämtlichen Turbinen und Regler sind von J. M. Voith in Heidenheim a. d. Brenz geliefert, die normal 10000 KW Drehstrom-Generatoren sind aus Schweden, von der Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget in Westerås bezogen. Die Spannung beträgt 10000 Volt bei 50 Perioden i. d. Sek.

Unsere Abb. 27 zeigt die Aufnahme einer der 11750 PS-Turbinen in der Werkstätte. Diese Turbinen sind zurzeit die stärksten Wasserturbinen Europas.

#### F. Wasserkraftanlage am Rjukanfos im Westfjord-Tal.

Weit ab von der Meeresküste, in der Luftlinie gemessen fast genau 100 km nordwestlich von der Hafenstadt Skien liegt mitten im Zuflußgebiet des Skienflusses der weit über die Grenzen Nor-

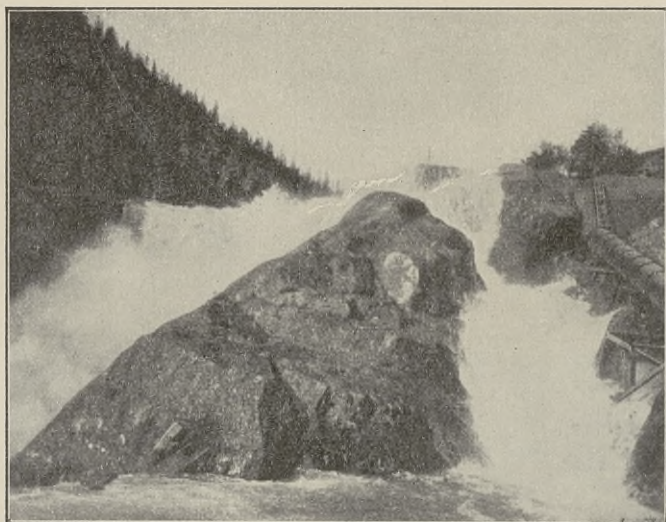


Abb. 28. Rjukanfos. Oberer Absturz.

wegens hinaus bekannte Rjukanfos, der Staubfall, sogenannte nach den stets aus der Tiefe aufsteigenden, weithin sichtbaren, staubähnlichen Dunstwolken. Die ganze Wassermasse des Maanflusses, die zurzeit der Schneeschmelze bis auf 300 cbm/sek anwächst, stürzt an dieser Stelle in zwei Absätzen, von denen der zweite eine Höhe von 104 m hat, in einen tiefen Felsenkessel, eine Naturschönheit ersten Ranges. (Abb. 28 u. 29).

Aber die Tage dieses herrlichen Falles, der in Europa nicht seinesgleichen hat, sind gezählt. Schon lange hatte man erkannt, daß der Rjukanfos sowie die anderen vielen Fälle des Maanflusses eine ungeheure, seit Jahrtausenden für Zwecke der Kultur nicht ausgenutzte Kraftmenge in sich bargen. Aber diese Kraftmenge war wertlos. Die von der See abgelegene Lage, die schwierigen Verkehrsverhältnisse, die geringe Bevölkerung des Landes, das Fehlen jeder Industrie, alle diese Umstände ließen jeden Gedanken an eine Ausnutzung der hier schlummernden Naturkräfte von vorn-

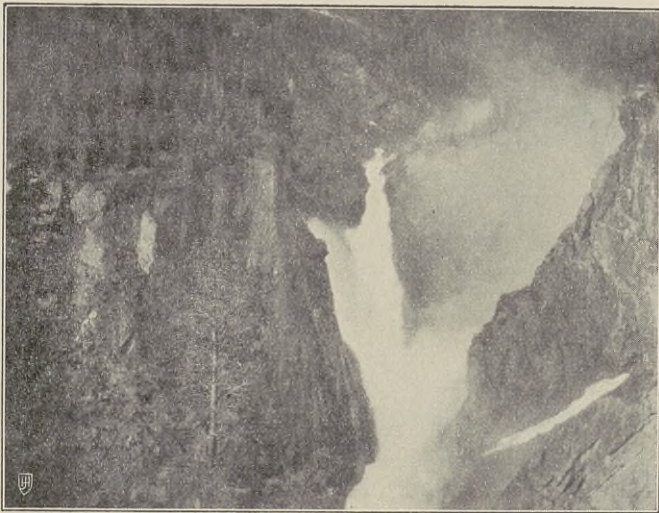


Abb. 29. Rjukanfos. Hauptfall.

herein als ein völlig aussichtsloses Unternehmen erscheinen. Auch die Lösung des Problems der Fernübertragung elektrischer Energie konnte eine Änderung der Verhältnisse nicht herbeiführen, da die Möglichkeit der Verwertung größerer Kraftmengen fehlte. Eine wirtschaftliche Ausnutzung der Wasserkräfte des Maanflusses erschien aber sofort durchführbar, als in den ersten Jahren des jetzigen Jahrhunderts durch die Erfindung und Vervollkommnung des Problems der Gewinnung des Stickstoffes aus der Luft ein neuer Industriezweig geschaffen wurde, dessen Betrieb einerseits große Kraftmengen erforderte, und dessen Erzeugnisse andererseits in der Form von Stickstoffdünger auf dem Weltmarkt nach menschlichem Ermessen in stets steigendem Maße Verwendung finden werden.

Der tatkräftigen Energie des schon genannten norwegischen Ingenieurs Eyde gelang es, die Rechte an den in Frage kommenden Wasserfällen des Maanflusses sowie auch das erforderliche Ufergelände zu erwerben und zur Ausführung des gewaltigen Unternehmens eine besondere Gesellschaft, die „Rjukanfos Selskab“ zu gründen.

Aufgabe der nachstehenden Zeilen ist es, die Grundzüge des zurzeit wenigstens teilweise in der Ausführung begriffenen Unternehmens kurz klar zu legen.

Der Maanfluß, dessen Wasserkräfte ausgenutzt werden sollen, ist einer der bedeutendsten Quellflüsse des Skienflusses. Er hat seinen Ursprung in dem 52,6 qkm großen, auf + 902 m liegenden Moes-See, durchfließt in einer Länge von 32 km das bekannte Westjord-Tal und mündet dann in den 54,1 qkm großen Tin-See, dessen Wasser durch den Tinfluß dem Hitterdals-See und weiter dem in das Meer bei Skien bzw. Porsgrund einmündenden Skienfluß zugeführt wird.

Der Moes-See ist durch eine Sperrmauer, deren Vollendung voraussichtlich noch im Jahre 1908 erfolgen wird, zu einem Speicherbecken von 750 Mill. cbm Inhalt ausgebaut worden. Diese 750 Mill. cbm Inhalt verbürgen nach den durchgeführten Berechnungen eine Kleinstwassermenge von 47 cbm/sek, welche Zahl der Berechnung der zu gewinnenden  $PS_e$  zugrunde gelegt ist.

Die Gesamtgefälle des Maanflusses vom Moes-See bis zum Tin-See hat eine Größe von 712 m oder durchschnittlich 22 m auf 1 km Flußlänge. Von diesem Gefälle sollen rund 550 m in zwei Staustufen ausgenutzt werden, von denen die oberste zurzeit ausgebaut wird.

Die Grundidee des Entwurfes ist folgende: Etwa 8 km unterhalb der Staumauer am Moes-See wird bei dem ersten größeren Wasserfalle ein massives Wehr von rund 10 m Höhe erbaut, und das Wasser des Maanflusses rechtsseitig in einen 4,25 km langen Tunnel abgeleitet; am Auslauf des Tunnels ist ein Vorbecken projektiert. Aus diesem Becken erfolgt die Zuführung des Wassers zu dem auf einer rund 140 m über dem Fluß liegenden, natürlichen Plattform zu erbauenden Krafthaus durch etwa 700 m lange Druckrohrleitungen.

In derselben Weise ist der Ausbau der zweiten Anlage geplant, deren 5,5 km langer, als Tunnel auszubildender Obergraben die direkte Fortsetzung des Untergrabens der oberen Kraftanlage bildet.

Maßgebend für die Anordnung des Krafthauses der oberen Anlage an einer rund 140 m höher als das Flußbett liegenden Stelle waren die örtlichen Verhältnisse. Das Turbinenhaus der unteren Anlage erhält seinen Platz auf der Talsohle.

Das Nutzgefälle der beiden Anlagen beträgt nach Abzug des in den Rohrleitungen entstehenden Verlustes 276 m und 250 m. Dementsprechend berechnet sich die zu gewinnende Energiemenge auf rund 130 000 PS<sub>e</sub> und rund 117 000 PS<sub>e</sub>, im ganzen auf rund 247 000 PS<sub>e</sub>, von welcher Zahl jedoch etwa 17 000 PS<sub>e</sub> für die Erregerturbinen und sonstige Verluste in Abzug gebracht werden müssen, so daß für wirtschaftliche Zwecke nach Vollendung aller Anlagen rund 230 000 PS<sub>e</sub> zur Verfügung stehen werden.

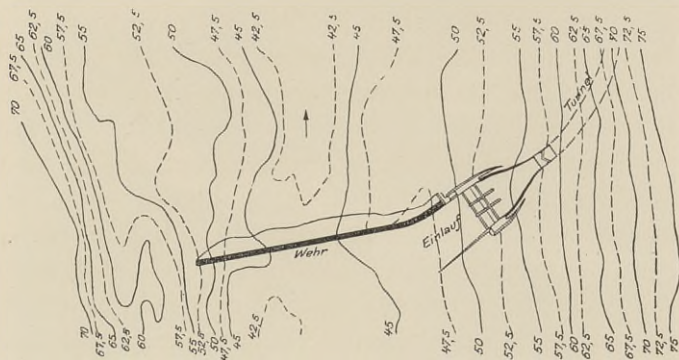


Abb. 30. Rjukanfos. Wehr und Tunneleinlauf.

In der Ausführung begriffen ist zurzeit die obere Kraftanlage. Abb. 30 gibt ein Bild der für das Wehr und den Tunneleinlauf ausgewählten, sehr günstigen Stelle. Fundamentalschwierigkeiten liegen nicht vor, da überall gewachsener Fels bester Art ansteht. Das Wehr wird ein einfaches, massives Überfallwehr von 10 m Höhe; ein Teil der Krone erhält zur besseren Abführung des Eises eine um 0,5 m tiefere Lage.

In dem Felseinschnitt vor dem Tunnel ist ein Grobrechen projektiert. Ob für den Abschluß des Tunnels Stemmtore zur Ausführung gelangen, oder ein Schützenverschluß gewählt wird, ist endgültig noch nicht entschieden. Wahrscheinlich wird letzterer Konstruktion der Vorzug gegeben werden, da dieselbe auch eine Regulierung des Wasserzuflusses zuläßt, was bei Stemmtoren nicht der Fall ist.

Der Tunnel wird 4,25 km lang und ist auf eine Wasserführung von 47 cbm berechnet; der Querschnitt hat eine Größe von 26 qm, so daß sich eine Wassergeschwindigkeit von etwa 2 m ausbilden wird.

Zurzeit wird am Ein- und Auslauf sowie von 9 Stollen aus gearbeitet, so daß zwanzig Arbeitsstellen in Betrieb sind. Abb. 31 zeigt die Lage einiger Stollen, die durch die kegelförmigen Ablagerungen des ausgesprengten Steinmaterials kenntlich sind.

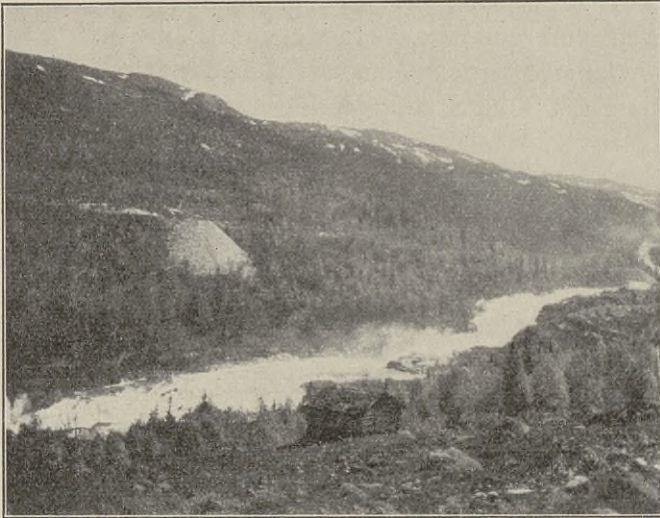


Abb. 31. Rjukanfos. Stollen für den Zuleiter.

Fertiggestellt ist eine Strecke von rund 1300 m. Der tägliche Arbeitsfortschritt beträgt bei einer Belegschaft von 150 Mann durchschnittlich 7 m.

Auffallend ist, daß hier wie bei fast allen neueren Tunnelanlagen in Norwegen nur mit der Hand gebohrt wird. Nach den Mitteilungen der leitenden Ingenieure sollen bei der Verwendung von Bohrmaschinen die Bohrer infolge des harten Gesteins sehr oft gebrochen sein, so daß der Verschleiß ganz bedeutend wurde. Wahrscheinlich trägt jedoch die Unkenntnis in der Handhabung der Bohrmaschinen sowie auch die natürliche Abneigung der Arbeiter gegen alle Neuerungen die größte Schuld.

Da sich während des Ausbaues bei fast allen Anlagen Kraft durch den provisorischen Einbau kleinerer Turbinen beschaffen läßt, und auch am Rjukanfos eine solche Hilfsanlage für 400 PS<sub>e</sub> besteht,



würde sich bei richtiger und zweckentsprechender Verwendung der kleinen mit Luftdruck betriebenen Bohrmaschinen, wie solche im Siegerland und bei dem Bau des Stollens der Möhnetsperre in Westfalen in Gebrauch sind, sicherlich ohne Mehrkosten ein schnellerer Fortschritt der Arbeiten als beim Handbetrieb erzielen lassen.

Am Auslauf des Tunnels ist ein Ausgleichsbecken projektiert; dasselbe endigt in 10 Druckkammern von 2,2 m Breite, von welchen jede für sich durch Schützen abgeschlossen werden kann. Um im Falle der Not einen sofortigen Abschluß der Rohre bewirken zu können, ist in den Druckkammern am Beginn der Rohre der Einbau von Klappen vorgesehen, deren Schluß sowohl von der Krone der Mauern des Beckens als auch automatisch vom Krafthaus aus erfolgen kann.

Die Feinrechen sind oberhalb der Schützen zwischen den aus Eisenbeton bestehenden, verlängerten Trennungswänden der Druckkammern angeordnet.

Für die Überführung des überschüssigen Wassers sowie für den Fall der Außerbetriebsetzung der Turbinen dient ein von dem Ausgleichsbecken sich abzweigender, durch Schützen verschließbarer Tunnel, der frei an der Felswand ausmündet. Außerdem ist für die Entfernung etwa von dem Wasser mitgerissenen Kiesel sowie zur vollständigen Entleerung des Beckens ein Grundschütz vorgesehen, dessen Auslauf in den Stollen für das Freiwasser einmündet.

Für die Zuführung des Wassers zu dem Krafthaus sind 10 Druckrohre in Aussicht genommen, deren Durchmesser sich von 1,5 m auf 1,2 m verringert.

Die Krafterzeugung soll durch Peltonräder mit einer Leistung von je 14000 PS<sub>e</sub> erfolgen. Soweit bekannt, sind größere Turbineneinheiten bisher auch in den außereuropäischen Ländern noch nicht zur Verwendung gelangt.

Die gesamte zu gewinnende Energie ist, wie schon bemerkt, für den Betrieb von Fabriken zur Gewinnung von Luftstickstoff nach den auf denselben Prinzipien beruhenden Verfahren von Birkeland-Eyde bzw. der Badischen Anilin- und Sodafabrik bestimmt. Schwierig war die Beantwortung der Frage, wo in einem Falle, wie vorliegend, die Anlagen zur Verwertung der Kraft wirtschaftlich am vorteilhaftesten zu erbauen waren, ob trotz der abgelegenen Lage der Kraftquellen in der Nähe derselben, oder besser am Ufer des 70 km entfernten, aber mit dem Meer durch eine schiffbare Wasserstraße verbundenen Hitterdals-Sees.

Die Entscheidung ist für den Bau der Fabriken im Westjord-Tal und zwar in Saaheim, ganz in der Nähe der für das Krafthaus der unteren Wasserkraftanlage in Aussicht genommenen Stelle, gefallen.

Eine notwendige Folge dieses Entschlusses war die Schaffung eines für Großbetriebe ausreichenden Verkehrsweges von Notodden am Hitterdals-See bis zu den zu errichtenden Fabriken.

Diese Verkehrsstraße ist zurzeit bereits im Bau und wird die Vollendung der Arbeiten voraussichtlich noch in diesem Jahre erfolgen.

Von Notodden bis zum Tin-See kam nur eine Eisenbahn in Frage, während von Tinoset am südlichsten Punkt des Tin-Sees bis Fagerstrand am Ausgangspunkt des Westjord-Tals mit Rücksicht auf die fast überall sehr steilen Ufer des Sees der Einrichtung einer Dampffähre der Vorzug gegeben worden ist.

Der Bau der an beiden Endpunkten des Sees notwendigen Vorrichtungen für das Anlegen der großen, für 8 Waggons von je 15 t Ladegewicht berechneten Fährboote ist zurzeit in vollem Gange.

Von Fagerstrand im Westjord-Tal aufwärts bis Saaheim vermittelt dann wiederum eine in Hauptsache bereits fertiggestellte Eisenbahnanlage den Verkehr.

Ein Urteil darüber, ob die gewählte Lösung die zweckentsprechendste ist, würde sich nur nach eingehendem Studium aller hierbei in Frage kommenden Umstände fällen lassen.

Einen besonderen Vorteil hat aber die Anlage der Fabriken in der Nähe der Kraftquellen in jedem Fall: Durch den Bau der Eisenbahn von Notodden bis zum Tin-See, die Einrichtung einer Dampffährverbindung auf dem letzteren und die Weiterführung der Eisenbahn von Fagerstrand bis Saaheim wird nicht nur eine weitgehende Aufschließung der ganzen Gegend bewirkt, sondern auch eine bequeme Verbindung zwischen den bedeutenden, bisher unausgenutzten Wasserfällen des Tinflusses mit dem Hitterdals-See und in weiterer Linie mit dem Meer geschaffen. Es liegt auf der Hand, daß durch diese Verbindung nicht nur der Ausbau der in Frage kommenden Wasserfälle, sondern auch eine Verwertung derselben in hohem Maße erleichtert wird.

Wahrscheinlich wird dieses Moment einen nicht unbedeutenden Einfluß auf den Entschluß ausgeübt haben, von einer direkten Übertragung der am Rjukanfos zu gewinnenden Kraft nach Notodden Abstand zu nehmen.

### G. Wasserkraftanlage am Mofall bei Skien.

Die letzte Staustufe in dem Skienfluß liegt in der Stadt Skien selbst, und führt der oberhalb dieser Staustufe seeartig sich ausbreitende Flußteil den Namen Hjelle-See. In diesen See entwässert von Norden her ein 296 qkm großes Gebiet (Abb. 1), dessen Abfluß in seinem untersten Teil Falkumfluß, weiter oberhalb Mofluß genannt wird. In dem Niederschlagsgebiet, das sich in dem Vardefjeld bis auf +812 m erhebt, befinden sich eine ganze Reihe von Seen, von denen der Oekteren-See mit 3,4 qkm Größe auf +446 m und der Fjeld-See mit 3,5 qkm Größe auf +273 m liegt. Beide Seen sind ebenso wie die meisten der anderen kleinen Seen durch Dämme und einfache Schützvorrichtungen zu Speicherbecken ausgebildet, vornehmlich zwecks Erleichterung der Flößerei; in neuerer Zeit haben aber diese Seeregulierungen und die durch dieselben ermöglichte Verbesserung der Abflußverhältnisse einen bedeutenden Wert hinsichtlich der Kraftgewinnung erhalten.

Schon im Jahre 1867 waren zwei 19 und 18,5 m hohe Wasserfälle für den Betrieb von Eisenhämmern, dem ersten derartigen Werke in Norwegen, ausgebaut worden. Die gewonnene Kraftmenge von etwa 500 PS<sub>e</sub> findet jetzt schon seit längeren Jahren für den Betrieb von Holzstofffabriken Verwendung. Erfahrungsgemäß hat sich ergeben, daß durch die inzwischen verbesserten Seeregulierungen ein durchschnittlicher Abfluß von 3 cbm/sek herbeigeführt werden kann, und ist mit Rücksicht hierauf zurzeit zur besseren Ausnutzung der vorhandenen Wasserkräfte folgender Plan in der Ausführung begriffen:

- a) Ein bisher noch ungenutzter rund 10 km oberhalb der Mündung des Falkumflusses gelegener Wasserfall von 65 m Fallhöhe, der Mofos, wird ausgebaut, und die gewonnene Energie nach der Hafenstadt Skien geleitet, woselbst eine neue, große Holzstofffabrik errichtet wird.
- b) Nach Fertigstellung und Inbetriebnahme dieser Bauten werden die Fabrikanlagen bei den beiden anderen erwähnten Fällen abgebrochen, und die hier befindlichen Wasserkraftanlagen der Neuzeit entsprechend umgebaut. Die zu gewinnende Kraft soll dann ebenfalls nach Skien zu der dortigen neuen Holzstofffabrik hingeleitet werden.

Die zu a) angegebenen Bauten sind in der Hauptsache fertig, und deren Inbetriebsetzung ist in allernächster Zeit zu erwarten.

Bei dem Mofos war, wie sich aus dem Lageplan Abb. 32 ergibt, das Gefälle nicht an einem Punkt vereinigt, sondern verteilte sich stromschnellenartig über eine Strecke von etwa 400 m, so daß der Bau einer längeren Rohrleitung erforderlich war.

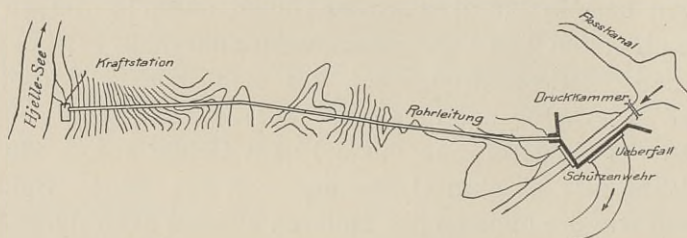


Abb. 32. Mofos. Lageplan.

Die Fassung des Wassers erfolgte in einem Becken auf dem obersten Felsriegel des Absturzes (Abb. 33). Linksseitig ist ein alter, bisher bei Hochwasser in Wirksamkeit tretender Nebenlauf als Über-

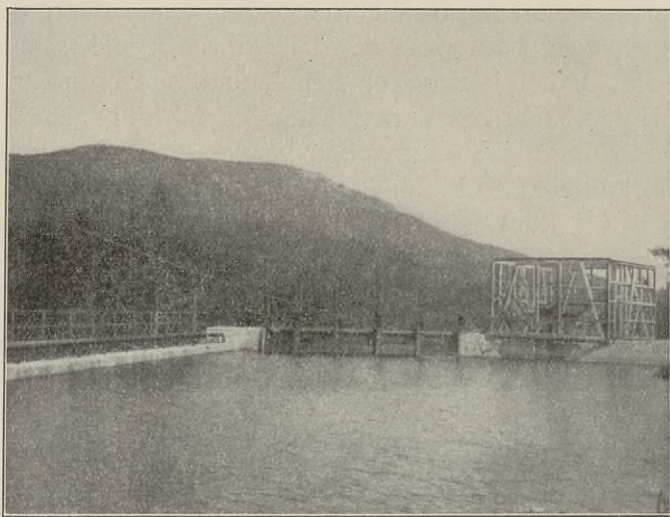


Abb. 33. Mofos. Staubecken von oben.

fallwehr von 40 m Länge mit in der Mitte liegender, kleiner Grundschleuse ausgebildet. Zur bequemeren Zugänglichkeit der anderen Anlagen und zur Bedienung der Grundschleuse führt über das Wehr ein einfacher, auf eingemauerten eisernen Böcken ruhender Fußsteg.

Zur Abführung des Hochwassers dienen fünf Schützenschleusen von je 2 m Breite, deren Fachbaum etwa 1,5 m unter dem Stau-  
 spiegel liegt, so daß bei vollständig gezogenen Schützen 30 qm  
 wasserführender Querschnitt vorhanden ist (Abb. 34). Neben den  
 Schützen liegt die Druckkammer, die einen einfachen hölzernen  
 Überbau erhält, und in der sich der Feinrechen befindet. Die Zu-  
 führung des Wassers erfolgt durch eine Öffnung in der Abschluß-  
 mauer des Vorbeckens; diese Öffnung hat eine Größe von 4 qm und  
 ist durch ein Schütz abschließbar. Zwischen diesem Schütz und dem  
 Rechen ist noch ein kleiner Überfall mit Leerlaufschleuse angeordnet.

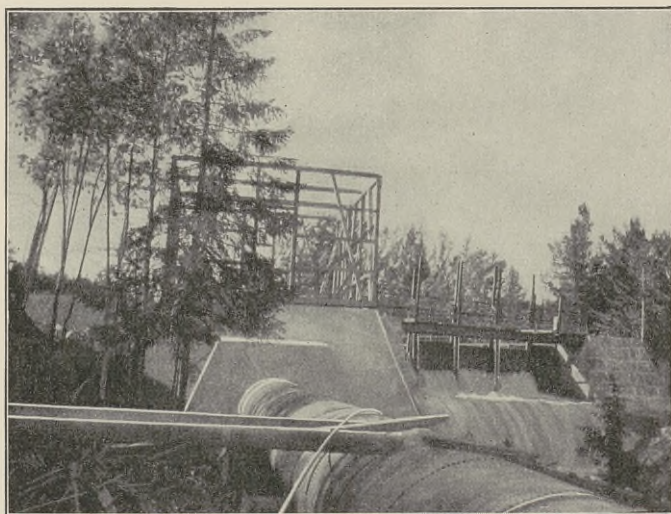


Abb. 34. Mofos. Schützenwehr und Rohrleitung.

Das Druckrohr hat eine Länge von 413 m und einen Durch-  
 messer von 1,2 m. Bei 3 cbm/sek Zufluß wird sich daher die ver-  
 hältnismaßig große Geschwindigkeit von  $\frac{3}{1,1} = 2,7$  m ausbilden.

Das Turbinenhaus ist ein einfach gehaltenes Gebäude und zur-  
 zeit noch teilweise von Gerüsten umgeben (Abb. 35). Die einzige  
 Turbine, die ebenso wie die Rohrleitung von der Firma Kvaerner  
 Brug in Kristiania geliefert worden ist, hat eine Höchstleistung von  
 2500 Nutz-PS bei 500 Umdrehungen.

Für die Aufrechterhaltung der Flößerei dient eine von dem Vor-  
 becken in das Unterwasser führende hölzerne Floßrinne gewöhn-  
 licher Konstruktion.

Die Gesamtgröße der nach dem Ausbau aller drei Fälle durchschnittlich zur Verfügung stehenden Kraft berechnet sich unter Zugrundelegung eines Zuflusses von 3 cbm/sek zu  $3 (65 + 19 + 18,5) 10 = 3075 \text{ PS}_e$ .



Abb. 35. Mofos. Krafthaus.

Hervorgehoben sei, daß diese Kraftmenge, die sich durch weiteren Ausbau der im Niederschlagsgebiet liegenden kleinen Seen noch erhöhen lassen würde, mit Rücksicht auf die Nähe der Hafenstadt Skien einen ganz besonders hohen Wert hat.

### H. Ältere Wasserkraftanlagen.

Größere Wasserkraftanlagen bestehen im Gebiet des Skienflusses seit längerer Zeit nur bei Tinfos an der Mündung des Tinflusses in den Hitterdals-See, bei Ulefos am Ausflusse des Eidsflusses in den Nor-See und am Skienfluß selbst bei Skotsfos und in der Stadt Skien.

a) Der Tinfos liegt 500 m oberhalb der Mündung des Tinflusses in den Hitterdals-See und besteht eigentlich aus zwei Stautufen, dem Sagafos mit 10 m und dem eigentlichen Tinfos mit 19 m Fallhöhe. Einer Ausnutzung des oberen Falles haben sich bis jetzt Schwierigkeiten in den Weg gestellt, da die eine Hälfte der Wasserkraft den Eigentümern des Tinfos, der Tinfos Papierfabrik,

die andere Hälfte dem Besitzer des gegenüberliegenden Flußufers gehört, eine Einigung aber noch nicht zu Stande gekommen ist.

Das Kleinwasser des Tinflusses ging, wie schon bei der Beschreibung des Svaelgfos angegeben, vor dem Ausbau der großen in dem Niederschlagsgebiet gelegenen Seen zu Speicherbecken im Winter bis auf 12 bis 16 cbm/sek, für den 19 m hohen Tinfos einer Kraftmenge von rund 2700 PS<sub>e</sub> entsprechend, zurück, während jetzt mit Sicherheit auf 87 cbm/sek und nach dem geplanten Ausbau von noch einigen Seen auf 100 cbm/sek gerechnet werden kann. Aus-

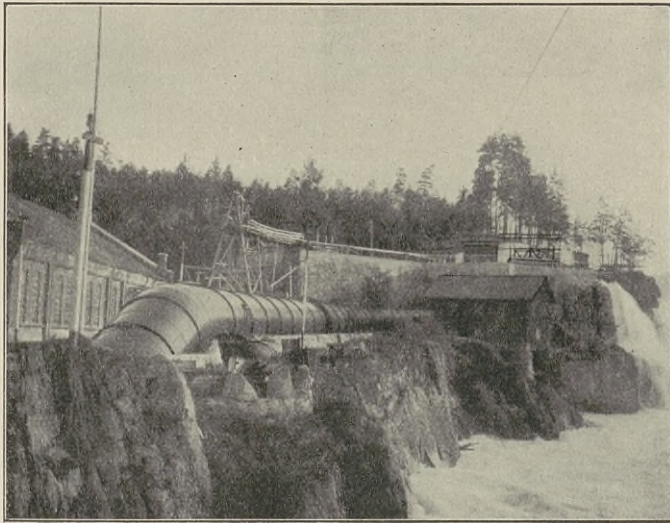


Abb. 36. Tinfos. Hauptrohrleitung.

genutzt wurden seit dem Jahre 1807 etwa 30 bis 40 PS<sub>e</sub> für den Betrieb einer kleinen Schneide- und Getreidemühle. Im Jahre 1873 erfolgte der Bau einer Holzschleiferei und wurde der Wasserfall sodann bis zum Beginn des jetzigen Jahrhunderts für eine Wassermenge von etwa 20 bis 25 cbm ausgebaut. Von der erzeugten Kraft dienten 1800 PS<sub>e</sub> für den Betrieb der Holzschleiferei, während 2000 PS<sub>e</sub> an eine in Notodden an der Mündung des Tinflusses errichtete Karbidfabrik abgegeben wurden.

Zurzeit ist bereits der Tinfos für im ganzen 9400 PS<sub>e</sub> entsprechend einer Wassermenge von 50 cbm/sek ausgebaut, von denen 2100 PS<sub>e</sub> auf die Holzschleiferei und 7300 PS<sub>e</sub> auf die Kraftzentrale entfallen. Letztere liefert an die Karbidfabrik in Notodden 4200 PS<sub>e</sub>

und an die dortige Luftstickstoff-Fabrik 2500 PS<sub>e</sub>, während der Rest für die Erzeugung von Licht und für den Betrieb kleiner Anlagen Verwendung findet. In Aussicht genommen ist die Errichtung einer neuen Kraftanlage auf dem linken Ufer des Flusses unter Vereinigung des Gefälles des Saga- und des Tinfos. Da nur die Hälfte der Wassermenge verwendet werden kann, ist auf die Gewinnung von etwa  $50 \cdot 20 \cdot 10 = 14500$  PS<sub>e</sub> zu rechnen.

Für die jetzt bestehende auf dem rechten Ufer liegende Anlage erfolgt die Ableitung des Wassers dicht oberhalb der natürlichen

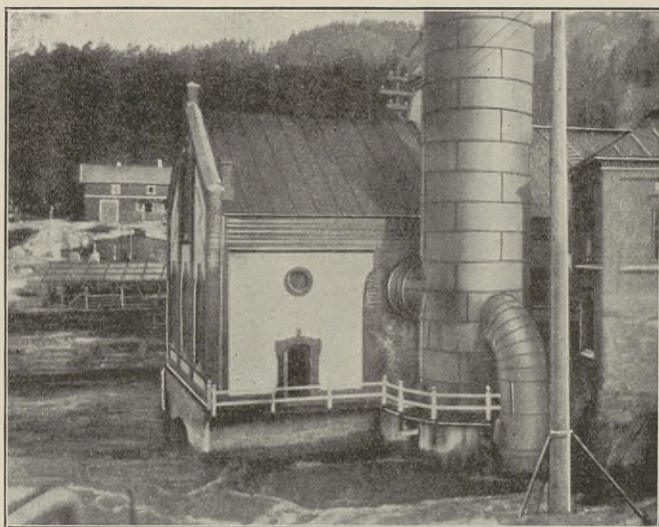


Abb. 37. Tinfos. Standrohr.

Staustufe des Tinfos, die eines künstlichen Ausbaues als Wehr nur in ganz geringem Umfange bedurfte.

Das Wasser tritt durch einen kurzen Tunnel in ein in neuerer Zeit vergrößertes Vorbecken, dessen nach der Flußseite zu liegende Mauer als Überfall ausgebaut ist. Aus dem Becken tritt das Wasser in mehrere Druckkammern und dann in schmiedeeiserne Zuleitungsrohre. Abb. 36 gibt eine Ansicht des zu der Kraftzentrale führenden, 4 m weiten Hauptrohres, an dessen Ende ein senkrechtes, mit seiner Oberkante in gleicher Höhe mit dem Oberwasser liegendes, eisernes Standrohr eingebaut ist, durch welches die bei plötzlichem Schluß der Turbinen entstehenden Wasserschläge unschädlich gemacht werden sollen (Abb. 37).



Diese Konstruktion hat sich nach Angabe des derzeitigen Fabrikdirektors ausgezeichnet bewährt.

In dem Krafthaus (Abb. 38), dem anfangs ein Gefälle von 17 m, jetzt ein solches von 18,5 m zur Verfügung steht, wurden im Laufe der Zeit folgende Turbinen aufgestellt: 1 Turbine von 300 PS<sub>e</sub>, 2 Turbinen von je 1000 bis 1200 PS<sub>e</sub> und 2 von je 2700 bis 3000 PS<sub>e</sub>. Die zuerst genannte kleine Turbine ist von der Firma Kvaerner Brug, die sämtlichen übrigen Turbinen sind von J. M. Voith in Heidenheim a. d. Brenz geliefert, welche letztere Firma zurzeit noch eine weitere Turbine von 600 PS<sub>e</sub> für diese Anlage in Arbeit hat. Die Dynamomaschinen sind zum Teil von der Firma Lahmeyer, zum Teil schwedischen Ursprungs.

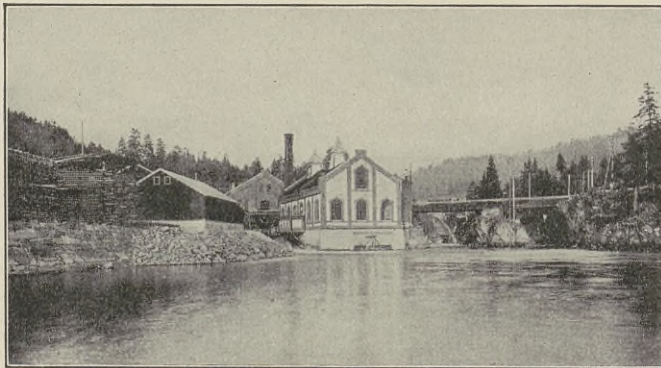


Abb. 38. Tinfos. Krafthaus.

Die 4 großen Turbinen von Voith sind Francis-Zwillingsturbinen in schmiedeisernen Spiralgehäusen. Unsere Abb. 39 zeigt das Innere des Maschinenhauses und läßt deutlich eine der 2700 PS-Turbinen erkennen.

Die 1000 PS<sub>e</sub>-Turbinen machen 231 Umdr. i. d. Min. und sind durch je eine vor das Verteilungsrohr eingebaute Drosselklappe von der Rohrleitung absperrbar. Bei den 2700 PS<sub>e</sub>-Turbinen mit 250 Umdrehungen in der Minute mußten je 2 Flachschieber zwischen das Verteilungsrohr und die Turbinengehäuse eingebaut werden.

Die sämtlichen Turbinen sind mittels nachgiebiger und isolierender Bandkuppelung direkt mit den Generatoren gekuppelt, welche mit unmittelbar angebauten Erregerdynamos versehen sind.

Das Zuleitungsrohr stammt aus der mechanischen Werkstatt in Moß.

b) Bei der Ausführung der Bandak-Kanalanlage wurde im Jahre 1892 der Staudamm bei Ulefos erhöht, so daß seit dieser Zeit eine Fallhöhe von 11 m statt früher 7 bis 8 m zur Verfügung steht, die jedoch bei Hochwasser infolge Ansteigens des Wasserspiegels im Nor-See zeitweise um ein Meter verringert wird. Abb. 40 gibt eine Ansicht der Wehranlage. Die Ableitung des Wassers erfolgt so-

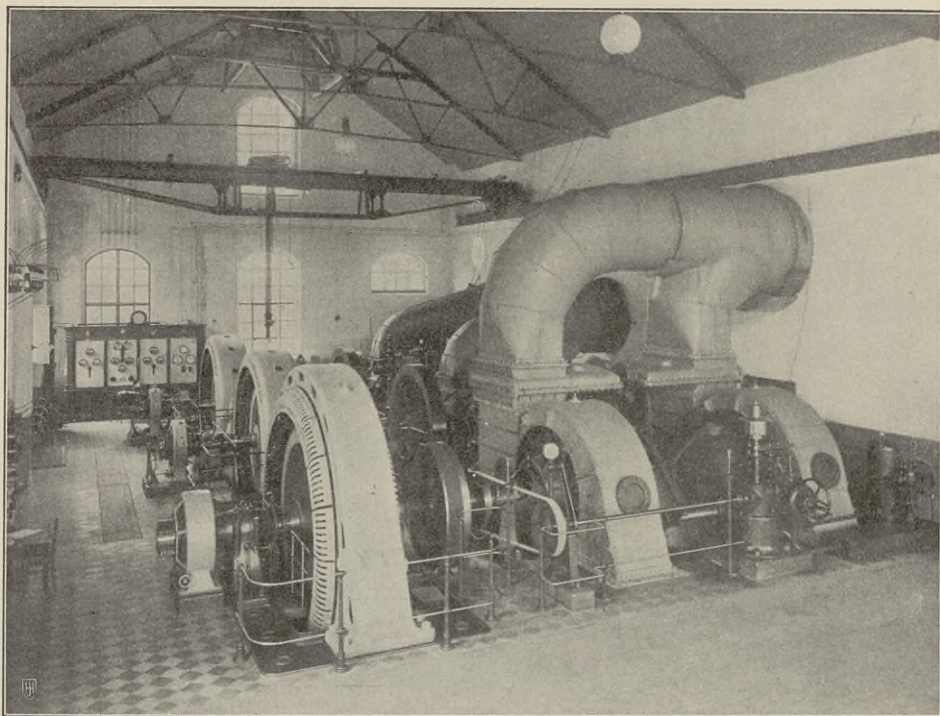


Abb. 39. Tinfos. Turbinensaal.

wohl rechtsseitig wie linksseitig des Wehres in eisernen Röhren zu verschiedenen industriellen Anlagen. Vornehmlich erfolgt die Verwendung für den Betrieb von Holzschleifern.

Ausgebaut sind die Anlagen für 36 cbm/sek. Die Kleinwassermenge beträgt nach der Bandakregulierung etwa 28 cbm/sek, bei 11 m Fall einer Kraftmenge von rund 3000 PS<sub>e</sub> entsprechend. Werden die schwebenden Entwürfe für die Ausbildung von drei anderen im oberen Teil des Niederschlagsgebietes liegenden Seen mit einem Speicherraum von im ganzen 334 Mill. cbm ausgeführt, so kann mit

einer Vergrößerung des Kleinwassers auf 50 cbm und der Gewinnung einer Energiemenge von im ganzen 5500 PS<sub>e</sub> gerechnet werden.

c) Der Wasserfall an der obersten Staustufe der im Jahre 1861 beendeten Kanalisierung des Skienflusses führt den Namen „Skotsfos“ (s. Lageplan Abb. 41).

Während, wie schon Prof. Holz-Aachen in seinem Reisebericht vom Jahre 1901 angibt, sich der künstliche Schiffahrtsweg dicht unter-

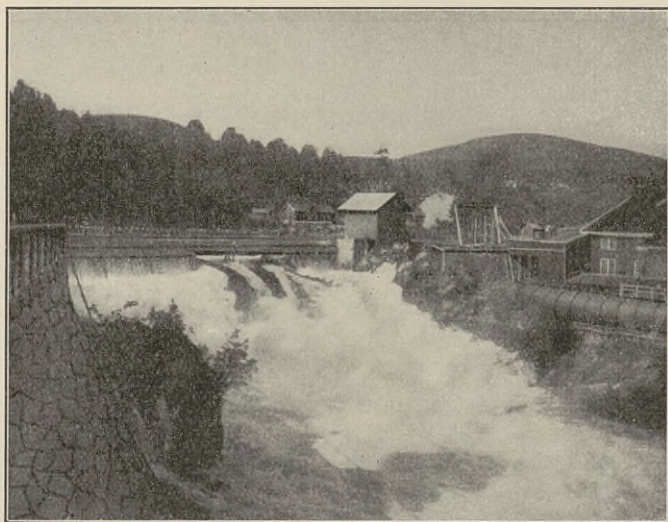


Abb. 40. Ulefos.

halb des Ausflusses des Skienflusses aus dem Nor-See nach links abzweigt, wird das rechtsseitige, natürliche Flußbett von einem Felsriegel in zwei Stufen durchquert.

Die oberste dieser beiden Stufen mit einer Fallhöhe von 2,5 m ist zur Regulierung des Wasserstandes im Nor-See teils als festes Wehr in Steinkistenbau, teils als Nadelwehr auf einem in derselben Bauart hergestellten Fundament ausgebaut worden.

Der untere, im ganzen 8 m hohe, stromschnellenartige Teil des Skotsfos diente schon im 17. Jahrhundert als Kraftquelle für den Betrieb von Sägemühlen. Größeren Umfang nahm die Kraftausnutzung jedoch erst nach Inbetriebsetzung einer im Jahre 1872 erbauten Holzschleiferei und einer im Jahre 1890 vollendeten Papierfabrik an.

Schon vorher war zwecks besserer Zuleitung des Wassers zu der am linken Ufer liegenden, durch hölzerne Schützen verschließbaren Einlaßschleuse die vorhandene natürliche Felsstufe insofern als Wehr ausgebildet worden, als man zwischen die Felsinseln der Stromschnelle mächtige Steinkisten eingebaut hatte.

Von der Einlaßschleuse (Abb. 42) gelangte das Wasser durch zwei kurze Tunnel in einen sich zu einem Vorbecken erweiternden, offenen Felskanal. Aus diesem Becken wurden direkt 10 Tur-

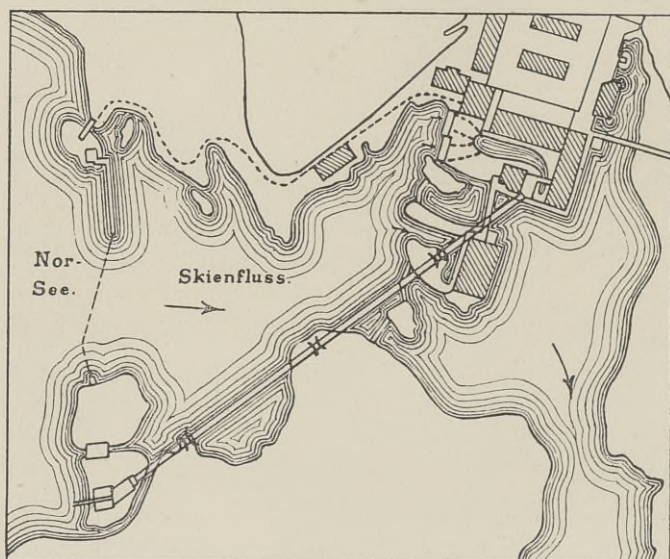


Abb. 41. Skotsfos. Lageplan.

binen von je 350 PS<sub>e</sub> für die Holzschleiferei gespeist. Weitere 10 Turbinen von 40 bis 400 PS<sub>e</sub> dienten für den Betrieb der Papierfabrik und erhielten ihr Speisewasser aus einem langen, aus dem Verteilungsbecken sich abzweigendem Rohr.

Die anfangs der neunziger Jahre ausgenutzte Gesamtkraft betrug etwa 6000 PS<sub>e</sub>, doch sind später die meisten Turbinen umgebaut und mehrmals große Erweiterungen ausgeführt worden.

Hervorzuheben ist im Besonderen der im Jahre 1901 vollendete Bau eines neuen großen Krafthauses mit oberhalb liegendem Verteilungsbecken auf einer Felseninsel mitten im Flußbett. Abb. 43 gibt ein Bild dieser Neuanlage von oben; Abb. 44 zeigt die gesamte Wehranlage mit dem neuen Gebäude und den Auslaufrohren der 7 neuen Turbinen von je 450 PS<sub>e</sub> von unten.

Auch sei erwähnt, daß an ein bereits im Jahre 1891 in die Abschlußmauer des alten Verteilungsbeckens eingemauertes, bisher unbenutztes Rohr von 5,1 m Durchmesser im Jahre 1906 eine Tur-

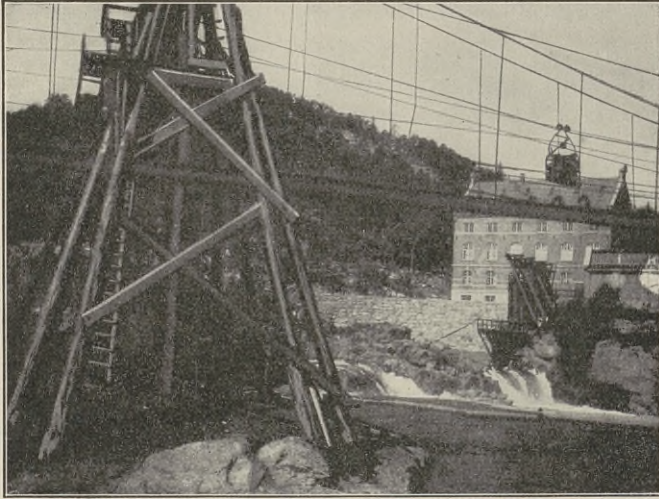


Abb. 42. Alte Einlaß-Schleuse.

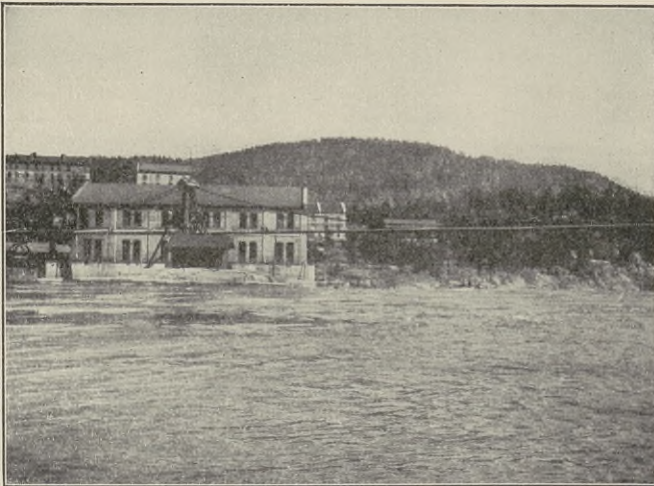


Abb. 43. Neues Krafthaus von oben.

bine von 450 PS<sub>e</sub> und zu Anfang dieses Jahres eine solche von 600 PS<sub>e</sub> angeschlossen wurde. Beide Turbinen sind von Voith-Heidenheim in Anpassung an die eigenartigen örtlichen Verhält-

nisse als Zwillingssturbinen mit stehender Welle in einem geschlossenen Betonschacht gebaut, wie die Schnittzeichnung durch das Turbinenhaus Abb. 45 zeigt. Eine Ansicht der Turbine selbst bringen wir in Abb. 46 nach einer während der Werkstättenmontage aufgenommenen Photographie.

Der Unterwasserspiegel steigt bei dieser Wasserkraft gelegentlich von 4,5 auf 11 m NN, also um 6,5 m, während das normale Gefälle nur etwa 7,0 m beträgt. Unter diesen Verhältnissen mußte zu einer Turbine mit stehender Welle gegriffen werden, und man erhielt durch Anordnung von 2 Laufrädern auf der Welle eine

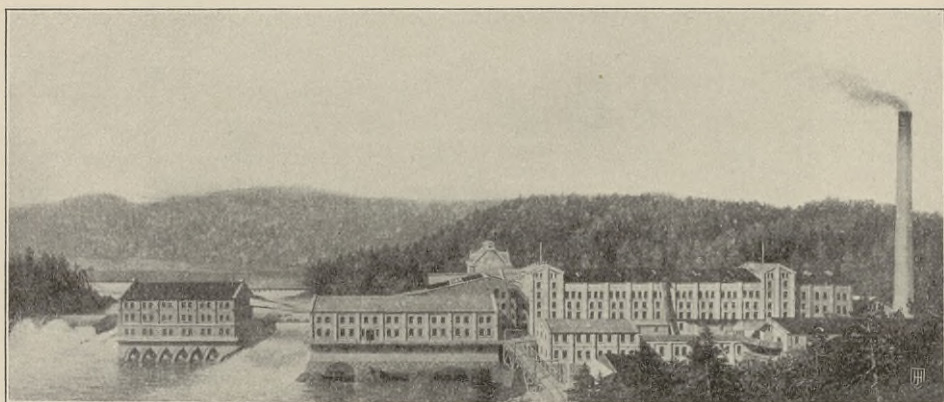


Abb. 44. Skotsfos. Gesamtansicht.

genügend hohe Drehzahl (150 Umdr. i. d. Min.), um die Dynamomaschine als sog. Schirmdynamo unmittelbar auf das obere Ende der Welle setzen zu können. Der elektrische Teil der Maschineneinheiten sowie die im Zwischengeschoß untergebrachten Antriebe von Regler und Ölpumpe sind auf diese Weise aus den Bereich des Hochwassers gerückt.

Der Spurzapfen ist auf einer kräftigen Tragkonstruktion im Fußboden des Zwischengeschoßes gelagert und eine teilweise Entlastung des auf demselben umlaufenden Gewichtes findet auf hydraulischem Wege statt. Der Laufraddurchmesser der beiden Turbinen beträgt 1100 mm.

Jede der beiden Druckkammern kann durch eine Drosselklappe vom Druckrohr abgeschlossen werden, worauf man durch Einsteigöffnungen vom Zwischengeschoß aus zur Überwachung und Reinigung an die Turbine gelangen kann.

Hand in Hand mit diesen Erweiterungen erfolgte eine Erhöhung des bisherigen Staus von 8 m um 1 m durch auf das feste Wehr aufgesetzte, leichte Holzkonstruktionen, die bei großem Hochwasser durch die Gewalt des Stromes zerstört und dann jedes Mal wieder neu hergestellt wurden.

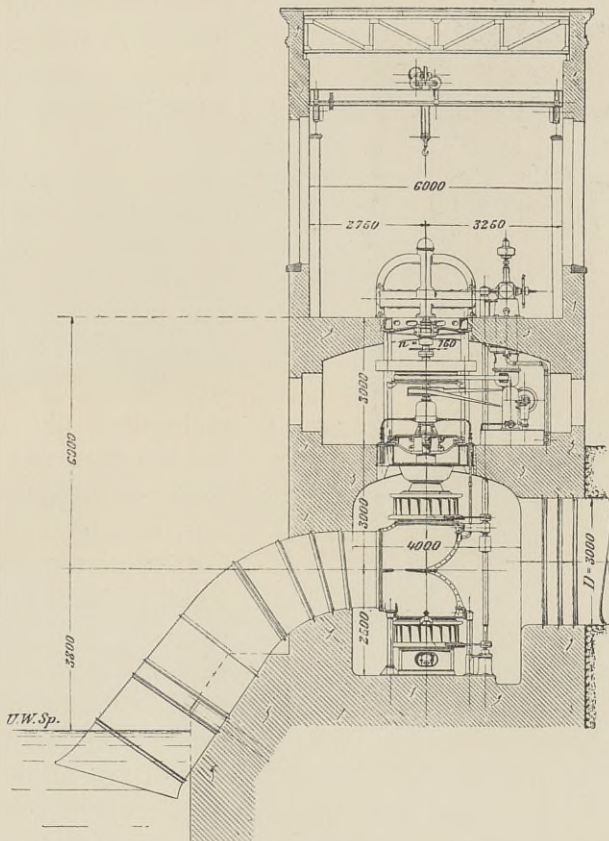


Abb. 45. Skotsfos. Francis-Zwillingsturbine mit stehender Welle und direkt gekuppelter Dynamo.

Gewonnen werden können jetzt im Ganzen rd. 13000 PS<sub>e</sub>, bei 9 m Fallhöhe einer Wassermenge von rd. 144 cbm/sek entsprechend.

Ob eine solche Wassermenge während der Monate Januar bis einschl. März stets vorhanden sein wird, erscheint trotz der umfangreichen im Zuflußgebiet des Skienflusses ausgeführten Seeregulierungen zweifelhaft.

Für den Tinfluß gewährleisten die letzteren 87 cbm/sek, für den Eidsfluß 28 cbm/sek. Für den übrig bleibenden Teil des Niederschlagsgebietes ergibt sich eine kleinste Abflußmenge von rund 11 cbm bei Annahme eines Abflusses von 4 l/sek/qkm und dementsprechend eine Gesamt-Kleinstwassermenge von nur 126 cbm/sek.

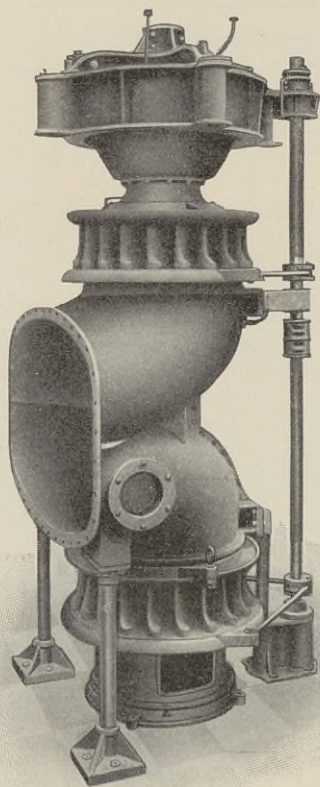


Abb. 46. Skotsfos. Francis-Zwillingsturbine mit stehender Welle.

Nach den erhaltenen Angaben stehen übrigens auch 13000 PS<sub>e</sub> während der Wintermonate nicht ständig zur Verfügung. Andererseits aber hat es die „Union“, die Besitzerin der gesamten Anlagen, ganz abgesehen von der durch weitere Seeregulierungen zu erwartenden Vergrößerung der Kleinstwassermenge verstanden, sich das volle Verfügungsrecht über die obere Stufe des Skotsfos, das bisher teilweise in anderen Händen war, zu erwerben. Wird das Gefälle dieser Staustufe mit 1,5 m mit dem sonstigen Gefälle von 9 m vereinigt, so berechnet sich die insgesamt zu gewinnende Kraft für 126 cbm/sek auf  $126 \cdot 10,5 \cdot 10 =$  rund 13200 PS<sub>e</sub>.

Erwähnt sei noch, daß die Holzschleiferei und die Papierfabrik in Skotsfos mit

einer Jahresproduktion von 45000 t die größte derartige Anlage in Europa ist.

d) Der sich bei Skien zum Hjelle-See erweiternde Skienfluß wird von dem für Seeschiffe zugänglichen unteren Teil des Flußlaufes durch eine ausgedehnte Felsrippe getrennt, die früher mit ihren vielen kleinen Rinnen einen einzigen Wasserfall von 4,3 m Höhe bildete und die Ausnutzung der Wasserkraft sehr erleichterte. Auch heute noch bestehen eine große Zahl einzelner kleiner Werke,



vornehmlich Schneidemühlen. — Die größten Anlagen befinden sich am Dammfos und am Klosterfos (Abb. 47 u. 48). Die hier in

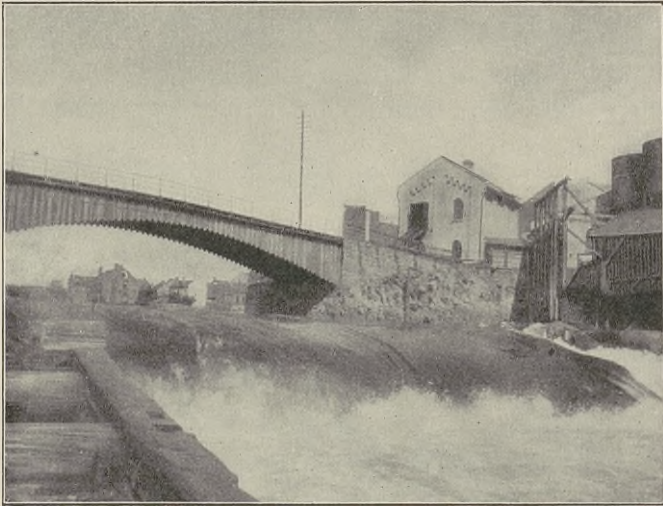


Abb. 47. Dammfos bei Skien.

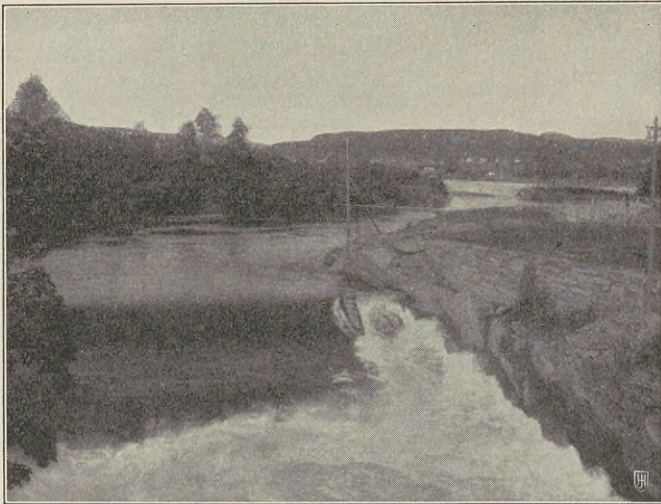


Abb. 48. Klosterfos bei Skien.

der Felsrippe vorhandenen Öffnungen sind erweitert und zu Nadelwehren mit umlegbaren eisernen Böcken eingerichtet. Am Dammfos gehört die ganze Wasserkraft der „Union“, der Besitzerin der An-

lagen am Skotsfos. Bei dem Klosterfos wird das Betriebswasser einer schon bestehenden elektrischen Zentrale durch einen Tunnel zugeführt; zurzeit werden die ganzen Anlagen umgebaut, um die durch die Seeregulierungen erhöhte Niedrigwassermengen besser ausnutzen zu können. Die nach Durchführung der geplanten Änderungen bei jeder der beiden Kraftanlagen verfügbare Kraftmenge beträgt 1200 PS<sub>e</sub>, während im ganzen rund 6000 PS<sub>e</sub> erzeugt werden.

Nachteilig wirkt die bei Sturmfluten eintretende Erhöhung des Unterwassers.

## Wasserkraftanlage am Gravfos bei Drammen.

Der sich bei der Stadt Drammen in das Meer ergießende Drammensfluß hat ein Niederschlagsgebiet von 17 342 qkm und ist nächst dem Glommen der bedeutendste Fluß Norwegens (Abb. 49). Die einzelnen Flußstrecken haben nach der Landessitte verschiedene Namen. So führt den Namen Drammensfluß eigentlich nur der 37 km lange Teil des Wasserlaufes von dem Ausfluß in das Meer aufwärts bis zur Einmündung des Snarumsflusses, während oberhalb dieses Punktes der Name Storfluß gebräuchlich ist.

Das Gebiet ist reich an Seen, von denen der Tyrefjord- (133,8 qkm), der Randsfjord- (136,4 qkm), der Kröderen-See (41,4 qkm) und der Spirillen-See (25,1 qkm) hervorzuheben sind. Bemerket sei hierbei, daß im Norwegischen mit „Fjord“ nicht nur die tief in das Land einschneidenden Meeresarme, sondern auch viele der größeren Binnenseen bezeichnet werden.

Das Gefälle des Drammensflusses ist ziemlich bedeutend und hat von dem Randsfjord bis zur Mündung eine Größe von 132 m oder bei rund 90 km Lauflänge von durchschnittlich 1,5 m/km. Vom Randsfjord bis zum Tyrefjord beträgt die Fallhöhe 69 m oder 1,4 m/km. An einer ganzen Reihe von Punkten sind nicht unbedeutende Fallhöhen auf kurzen Strecken vereinigt, und werden viele der an diesen natürlichen Staustufen vorhandenen Wasserfälle seit dem Beginn der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts ausgenutzt. Verwendung fand die gewonnene Kraft bei den älteren Anlagen fast ausschließlich für den Betrieb von Holzschleifereien, Zellulose- und Papierfabriken. Die Verhältnisse lagen für diese Industriezweige von Natur aus besonders günstig, da das Gebiet des Drammensflusses reich an Wäldern ist, und ein sehr großer Teil der einzelnen Wasserläufe sich für die Flößerei ausnehmend eignet. Dazu kam, daß der untere Teil des Gebietes durch Eisenbahnen in ziemlichem Umfange aufgeschlossen ist, und somit auch

der Transport der fertigen Ware an die Küste nicht allzu große Unkosten verursachte.

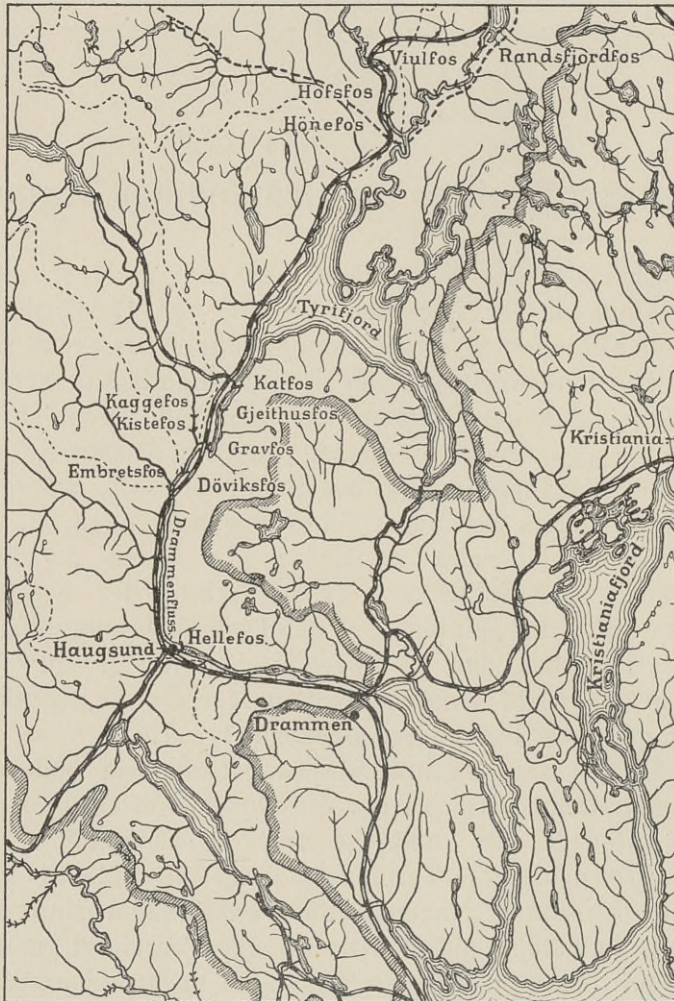


Abb. 49. Südlicher Teil des Gebietes des Drammenflusses. Maßstab 1 : 625000.

Die beachtenswertesten Wasserfälle in dem unteren Flußgebiet sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt:

An der Begna, dem Abfluß des Spirillen-Sees in den Tyrefjord:			
Hensfos	25,5 m	Fallhöhe,	
Hofsfos	26,4	„ „	Holzschleiferei,
Hönefos	21	„ „	desgl.

Am Snarumsfluß, dem Abfluß aus dem Kröderen-See:

Kaggefös	39	m	Fallhöhe,
Kistefös	28,7	„	„

Zwischen Randsjørd und Tyrefjord:

Kistefös	10,3	m	Fallhöhe, Holzschleiferei,
Askerudfös	17,4	„	„
Viulfös	6,2	„	„ Holzschleiferei,
Svarthoelfös	2,5	„	„

Am Storfluß zwischen Tyrefjord und der Mündung des Snarumflusses:

Katfös	3	m	Fallhöhe, Zellulosefabrik,
Gjeithusfös	11	„	„ Papierfabrik,
Gravfös	13	„	„ Elektrizitätswerk.

Am Drammensfluß:

Embretsfös	17,2	m	Fallhöhe, Zellulose- und Papierfabrik,
Dövikfös	6,5	„	„
Hellefös	4	„	„ Holzschleiferei.

Das neueste Werk ist die von der Stadt Drammen zur Ausnutzung des Gravfös in den Jahren 1903/04 erbaute und 1907/08 bedeutend vergrößerte Kraftanlage.

Der Gravfös liegt dicht oberhalb der Einmündung des Snarumflusses in den Drammensfluß. Die Niedrigwassermenge beträgt etwa 45 cbm/sek oder 4,3 l/sek/qkm und hält etwa 2 bis 3 Monate an. Mittelwasser mit etwa 100 cbm/sek oder 9,6 l/sek/qkm herrscht während 7 bis 8 Monaten, während das Hochwasser bis auf 800 cbm/sek oder rund 80 l/sek/qkm ansteigt.

Maßnahmen zur Ausgleichung des Wasserabflusses sind in dem Niederschlagsgebiet insofern getroffen, als der Tyrefjord mit einer Regulierungshöhe von etwa 1,5 m zu einem Speicherbecken ausgebildet ist, und dementsprechend ein Speicherraum von  $1,5 \cdot 133,4 =$  rund 200 Mill. cbm Inhalt zur Verfügung steht. Für eine Zeit von 3 Monaten ist daher die Abgabe von etwa 25 cbm/sek Zuschußwasser möglich.

Eine weitere bedeutende Verbesserung der Abflußverhältnisse ist jedoch zu erwarten, falls es gelingt, die von der bereits bestehenden Vereinigung der Triebwerksbesitzer aufgestellten Pläne für eine Regulierung des Randsjørd und des Spirillen-Sees mit einer Gesamtoberfläche von 161 qkm ins Werk zu setzen.

Abb. 50 gibt eine Übersicht über die Lage der einzelnen Bauwerke der bei Gravfos ausgeführten Anlage. Die eigentlichen Wehranlagen sind bei den günstigen örtlichen Verhältnissen einfacher Natur. In die rechtsseitige Hälfte des Flußbettes ist ein Nadelwehr eingebaut, dessen bewegliche Böcke bei höheren Wasserständen mit Rücksicht auf die großen Mengen Flößholz herausgenommen werden. Der mittlere Teil der Felsstufe liegt über Mittelwasser, während eine linksseitig sich anschließende tiefere Stelle bei Kleinwasser durch Dammbalken abgeschlossen wird.

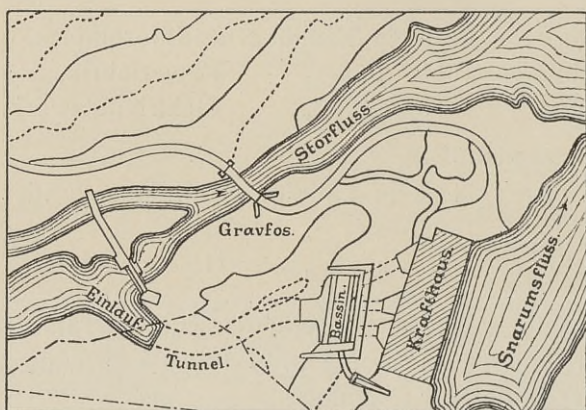


Abb. 50. Gravfos. Lageplan. Maßstab 1 : 3300.

Wie aus Abb. 51 ersichtlich ist, herrschte zurzeit der Besichtigung Hochwasser, und war das Wehr in seiner ganzen Breite überströmt.

Die Ableitung des Wassers erfolgt rechtsseitig durch einen kurzen Tunnel, der die Landzunge zwischen dem Storfluß und dem rechtsseitig einmündenden Snarumsfluß, an dessen Ufer das Krafthaus erbaut ist, durchquert (Abb. 50). Der Tunnel hat mit Rücksicht auf spätere Vergrößerungen der Anlage von vornherein einen Querschnitt von 57 qm erhalten und würde somit imstande sein, ohne zu großen Druckverlust eine Wassermenge von rd. 100 cbm/sek zu fassen.

Die Einlaßschleuse hat 6 Schützen von je 1,3 m Lichtweite. Bei einem Schütz ist der obere Teil zum Füllen des Tunnels für sich allein aufziehbar eingerichtet. Die Wasserhöhe bei gewöhnlichem Wasser beträgt etwa 4 bis 5 m, steigt aber bei Hochwasser um 4 m. Ein vollständiger Abschluß des Tunnels ist bei Hoch-

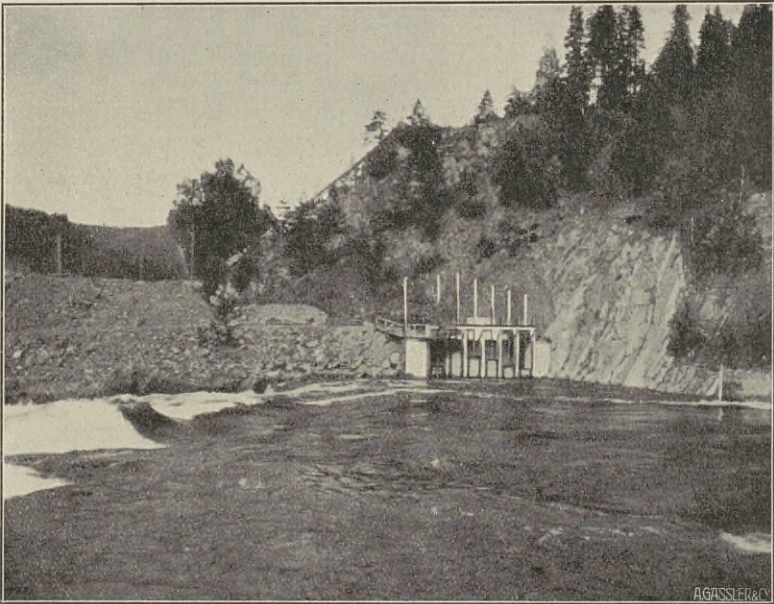


Abb. 51. Wehr und Einlaß-Schleuse.

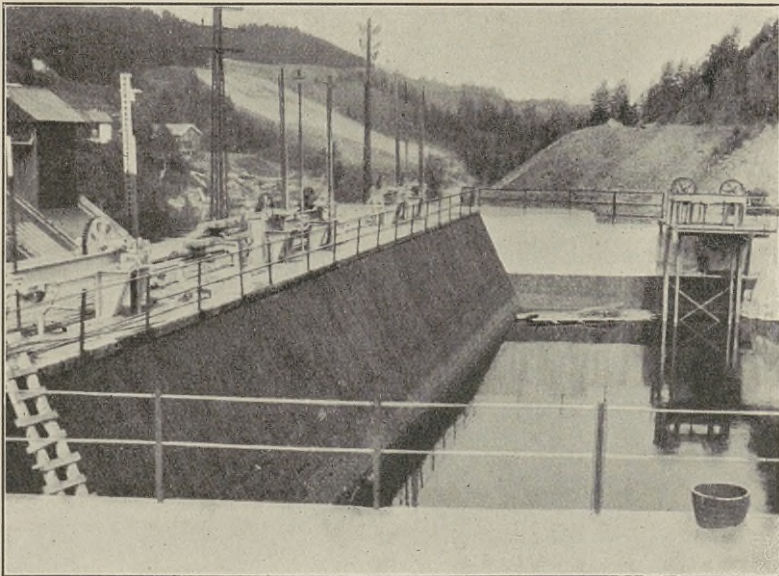


Abb. 52. Gravfos. Vorbecken.



Abb. 53. Gravfos. Krafthaus.

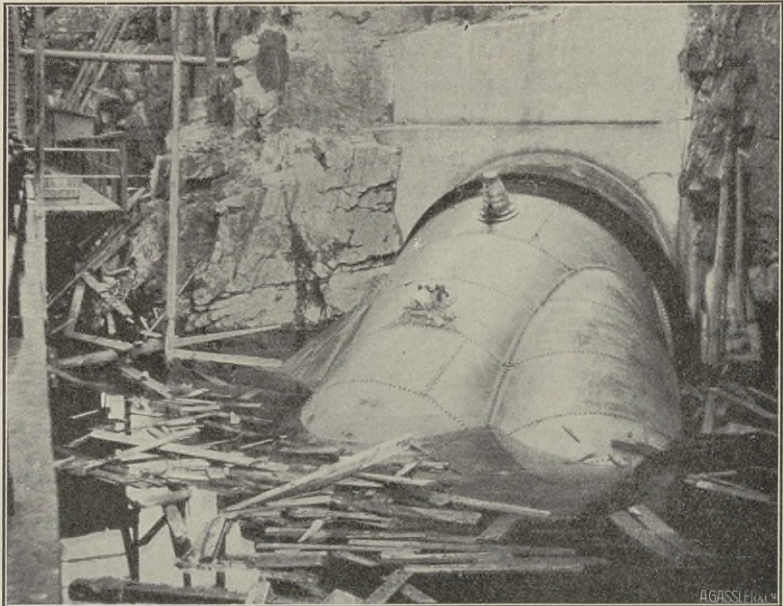


Abb. 54. Gravfos. Zuleitungsrohr von 5 m Durchmesser.



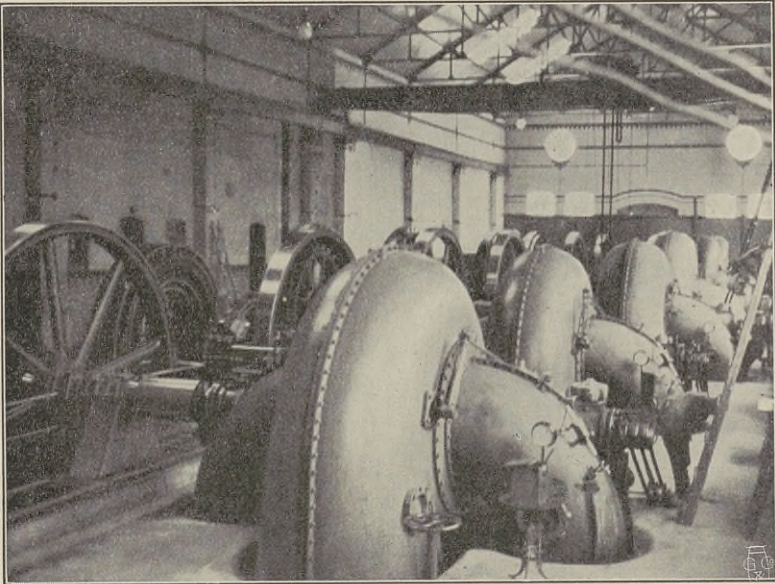


Abb. 55. Gravfos. Turbinensaal.

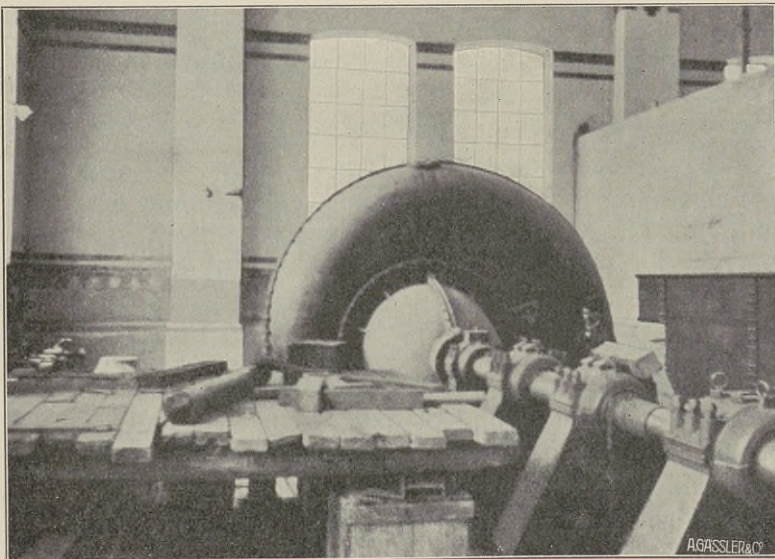


Abb. 56. Gravfos. Turbine von 1200 PSe in Montage 1908.

wasser nicht möglich, und sind deshalb die Mauern des am Ausgang des Tunnels erbauten Vorderbeckens bis über die größte Hochwasserhöhe hinauf geführt.

Das Vorbecken hat bei einer Breite von 25 m eine Länge von 40 m.

Abb. 52 gibt eine Übersicht über die Anordnung der Leerlaufschütze, des aus Flacheisen mit 2 cm breiten Zwischenräumen hergestellten zweiteiligen Feinrechs und der Schützen vor den in die Abflußmauer schachtartig eingebauten Zuflußröhren zu dem Krafthaus (Abb. 53).

Ein Grobrechen ist oberhalb der Einlaßschleuse nicht vorhanden. Ein hier liegender Schwimmkörper hat sich jedoch nicht als ausreichend erwiesen und sind durch das Eindringen von tiefschwimmendem sog. Wasserholz in das Vorbecken zeitweise Unannehmlichkeiten entstanden.

Eis hat bisher im allgemeinen Schwierigkeiten nicht verursacht; nur im Winter 1908 machte sich die schon besprochene Nadeleisbildung nachteilig bemerkbar.

Bei dem ersten Ausbau in den Jahren 1903/04 wurden für die Zuleitung zum Krafthaus nur zwei ausbetonierte Tunnel von je 15 qm Querschnitt angelegt, an die sich je ein eisernes Rohr von 3,5 m Durchmesser anschloß. Jedes Rohr teilte sich in 2 bzw. 3 Stutzen für im ganzen 5 Turbinen, einer kleineren Erreger turbine, sowie 2 Turbinen von je 900 PS<sub>e</sub> und 2 Turbinen von je 1200 PS<sub>e</sub>.

In den Jahren 1907 und 1908 erfolgte sodann eine bedeutende Vergrößerung der Anlage durch den Einbau eines dritten Drucktunnels von 20 qm Querschnitt und anschließendem Eisenrohr von 5 m Durchmesser. Letzteres teilt sich in drei Rohre (Abb. 54), die das Wasser 3 Turbinen von je 1200 PS<sub>e</sub> zuführen. Zwei von denselben sind bereits in Betrieb, die dritte wird zurzeit montiert (Abb. 55 u. 56)

Die Schützenkonstruktionen sowie sämtliche Turbinen stammen aus der Eisengießerei Drammen und haben sich durchweg bewährt. Der Nutzeffekt der fünf älteren Turbinen beträgt 78% und wird bei den beiden neuen Turbinen, wie man hofft, noch etwas höher sein. Sämtliche Turbinen machen 215 Umdrehungen in der Minute.

Die Generatoren sind teils von der Firma Oerlikon, teils von der Firma Siemens & Schuckert geliefert.

Die gewonnene Energie wird in einer Leitung mit 2000 Volt Spannung nach Drammen überführt und findet in der Hauptsache zur Erzeugung von Licht und für den Betrieb einer großen Zellulose- und Papierfabrik Verwendung. Auch nimmt die Abgabe von Energie an die Kleinindustrie stetig zu.

Für die jetzt neu eingebaute Turbine ist bei niedrigen Wasserständen ausreichendes Betriebswasser zurzeit noch nicht vorhanden, doch ist es gelungen, auch diese nur während des größten Teiles des Jahres vorhandenen Energiemengen vorteilhaft zu verwerten.

---

## Wasserkraftanlage am Dalsfos bei Kragerö.

Etwa in der Mitte zwischen Christiansand und Kristiania mündet an der südöstlichen Küste Norwegens der Krageröfluß rund 3 km westlich der Stadt gleichen Namens in den Kilsijord (Abb. 57).

Der Fluß entspringt auf den Berghöhen im Nissetal und Thörtal auf etwa + 900 m in einer Entfernung von rund 70 km von der Küste; sein Niederschlagsgebiet hat eine Größe von 1177 qkm. In demselben liegen eine ganze Anzahl Seen. Der bedeutendste dieser Seen ist der Toke-See, der mit den Hoseid-Seen in direkter Verbindung steht und mit denselben eine Größe von rund 37 qkm besitzt.

Oberhalb des Toke-Sees finden sich nur kleinere Quellflüsse mit geringen sekundlichen Wassermengen; für die Gewinnung von Wasserkraft kommt somit nur der Flußlauf unterhalb des Toke-Sees in Frage. Diese 11 km lange Flußstrecke hat ein Gesamtgefälle von 57,8 m oder 5,2 m/km, dessen größter Teil bei den nachstehend ausgeführten Wasserfällen vereinigt ist:

Dalsfos . . . . .	20,0 m hoch
Tveitereidfos . . . . .	9,0 „ „
Solumfos . . . . .	11,0 „ „
Vafos	} . . . 16,5 „ „
Kammerfos	
	<hr/>
	56,5 m.

Schon seit längerer Zeit ausgebaut sind der Vafos und der Kammerfos; bei beiden Fällen dient die gewonnene Energie zum Betriebe von Holzschleifereien.

Von den übrigen drei Wasserfällen ist der oberste, der Dalsfos, in den letzten Jahren ausgebaut worden. Die Kraft findet in einer neu erbauten Karbidfabrik in Kragerö Verwendung.

Bei dem Ausbau des Dalsfos handelte es sich nicht in erster Linie darum, an dieser Stelle Kraft zu gewinnen; maßgebend war

vielmehr einerseits die dringende Notwendigkeit, Maßregeln zur Herabminderung der Jahr für Jahr bei der Flößerei eintretenden großen Holzverluste zu ergreifen; andererseits hatten die bestehenden beiden Holzschleifereien außerordentlich unter lange andauernden Niedrigwasserperioden zu leiden; eine Erhöhung der Abflüßmengen in dieser Zeit war für dieselben somit von hoher Bedeutung. Mit

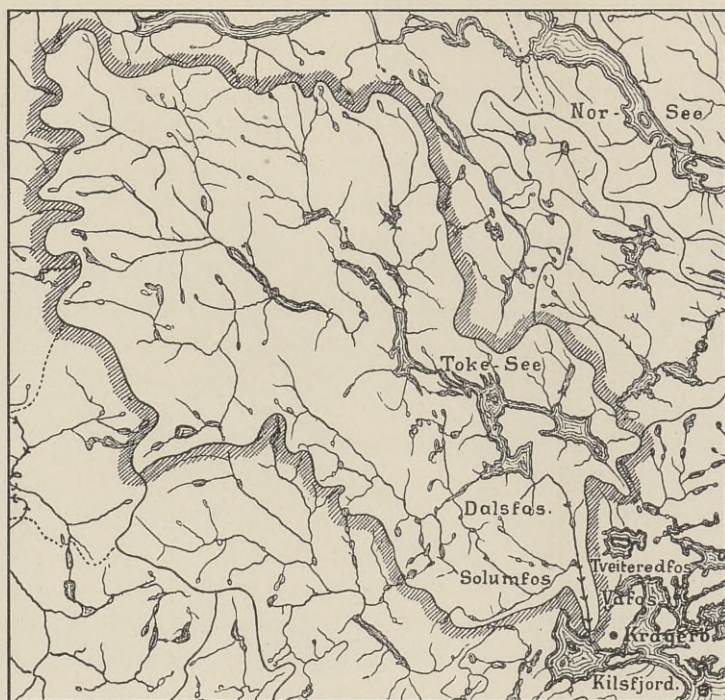


Abb. 57. Gebiet des Krageröflusses. Maßstab 1 : 625 000.

einer solchen Regelung der Abflüßverhältnisse nahm gleichzeitig auch die Ausbauwürdigkeit und somit der Wert der übrigen drei Wasserfälle entsprechend zu.

Die Flößerei ist von jeher im Gebiet des Krageröflusses ziemlich bedeutend gewesen; als außergewöhnlich hinderlich und schadenbringend hatten sich jedoch stets die drei obersten der genannten Wasserfälle erwiesen.

Bei dem Tveitredfos (Abb. 58) und dem Solumfos (Abb. 8) bestanden schon seit langer Zeit einfache Floßrinnen und in Steinkistenbau durchgeführte Vorrichtungen zur Zuleitung des Wassers

zu denselben. Beim Dalsfos waren zur Vermeidung des Festklemmens der Stämme eine Anzahl sog. Schirme, einfacher Leitwerke in Steinkistenbau, zur Ausführung gelangt. Trotzdem hatte der durchschnittliche jährliche Verlust einen Wert von etwa 70 000 M. Abb. 8 zeigt im kleinen, in welcher Art sich im Frühjahr 1908 das Holz unterhalb des Solumfos auf- und übereinander geschichtet hatte, obgleich die Abflußverhältnisse für den Floßtransport keineswegs ungünstige gewesen waren.

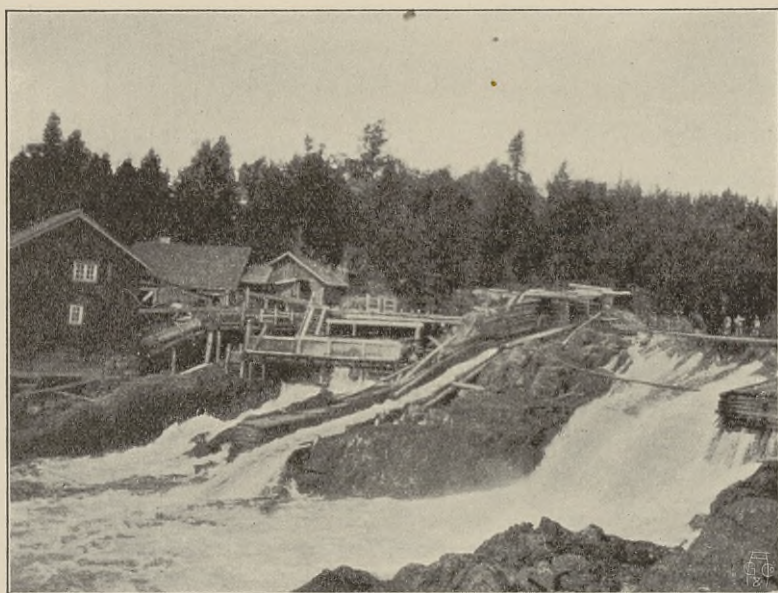


Abb. 58. Tveitereidfos.

Die Abflußmengen schwankten vor der Regulierung des Toke-Sees ganz außerordentlich. Die Kleinstwassermenge betrug etwa  $2,8 \text{ cbm/sek} = 2,4 \text{ l/sek/qkm}$ , während die größte Hochwassermenge rund 160 mal so groß zu  $450 \text{ cbm/sek} = 383 \text{ l/sek/qkm}$  angegeben wird.

In einem gewissen Gegensatz zu den meisten norwegischen Flüssen treten jedoch im Gebiet des Krageröflusses mehrmals im Jahre Zeiten mit größeren Abflußmengen ein. Dies hat seinen Grund darin, daß der Krageröfluß kein Hochgebirgsfluß ist, und öfters eintretende südliche und westliche Winde zu den verschiedensten Zeiten des Jahres reichliche Niederschläge hervorrufen.

Die mittlere Niederschlagshöhe, aus den Ergebnissen der Beobachtungen von 6 im Gebiet und in der Nähe desselben liegenden Regenmeßstationen für die Jahre 1896 bis 1904 berechnet, hat eine Größe von 1028 mm und entspricht bei einer Gebietsfläche am Ausfluß aus dem Toke-See von 1120 qkm einer Niederschlagsmenge von 1150 Mill. cbm.

Die Verlusthöhe durch Verdunstung und Versickerung wird bei dem durchweg felsigen Gelände 250 mm nicht überschreiten. Unter dieser Voraussetzung berechnet sich die nutzbare Niederschlagshöhe auf 778 mm und die nutzbare Niederschlagsmenge auf 870 Mill. cbm, entsprechend einem Abfluß von 27,6 cbm/sek.

Welcher Teil dieser Nutzwassermenge zu Erhöhung des Kleinstwassers und Herbeiführung eines möglichst gleichmäßigen Wasserabflusses verwendet werden konnte, war abhängig von der Größe des gewinnbaren Speicherraumes und den bestehenden Abflußschwankungen.

In dem oberen Teil des Gebietes liegen eine ganze Anzahl kleinerer Seen von 1 bis 5 qkm und insgesamt 20 qkm Größe. Fast alle diese Seen sind mit 1 bis 2 m hohen Staudämmen versehen, um Wasser für Flößereizwecke anzusammeln. Diese Seen würden durch verhältnismäßig geringfügige Arbeiten in größerem Umfange als bisher zu Speicherbecken ausgebaut werden können. Reguliert wurde jedoch vorläufig nur der einschl. der Hoseid-Seen 34 qkm große Toke-See.

Zur Durchführung dieser Regulierung hatte sich eine besondere Gesellschaft gebildet, der vornehmlich die Besitzer der Fabriken am Vafos und am Kammerfos und die Flößereiiinteressenten angehörten. Dieser Gesellschaft wurde auf dahin gehenden Antrag die Genehmigung zu einem Aufstau des Toke-Sees um 4 m bis auf +61,8 und einer Absenkung um 0,6 m unter den gewöhnlichen Wasserspiegel erteilt. Ein diesbezüglicher Entwurf gelangte dann in den Jahren 1903 bis 04 zur Ausführung.

Die mittlere Größe der Seefläche nach der Regulierung beträgt 37 qkm, und ergibt sich dementsprechend ein Speicherraum von rund 170 Mill. cbm Inhalt. Da nach Maßgabe der Beobachtungen der Niederschläge und der Abflußmengen, wie schon angegeben, innerhalb eines Jahres stets mehrere Niedrigwasserperioden eintreten, kann das Becken mehreremal gefüllt werden. Diesbezügliche Berechnungen haben ergeben, daß es, abgesehen von ganz

ausnahmsweise trockenen Jahren, möglich sein wird, das bisherige Niedrigwasser von 2,8 cbm/sek auf 20 cbm/sek zu erhöhen.

Die durchschnittliche sekundliche Jahresabflußmenge kann zu 24 bis 30 cbm/sek angenommen werden, und sind somit im ganzen unterhalb des Toke-Sees  $24 \cdot 56,5 \cdot 10$  bis  $30 \cdot 56,5 \cdot 10$ , also 13560 bis 16950 PS<sub>e</sub> gewinnbar.

Die Staumauer am Dalsfos hat einen Querschnitt wie in Abb. 59 dargestellt und ist auf der obersten Stufe des 400 m langen, früher

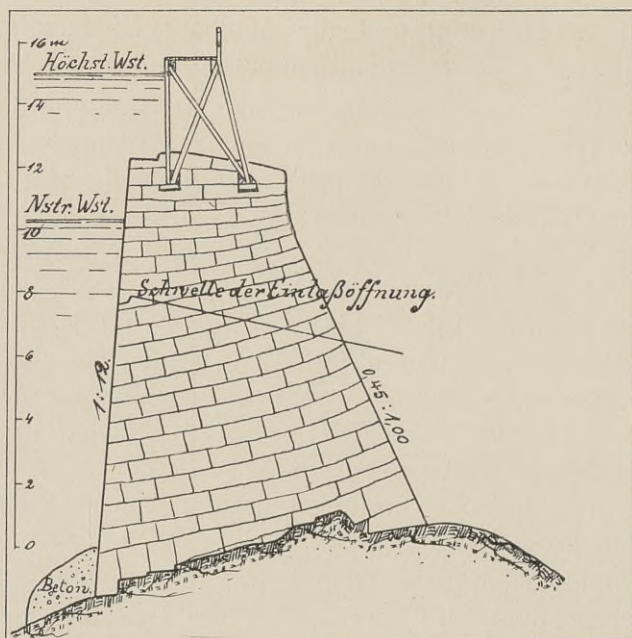


Abb. 59. Dalsfos. Querschnitt der Staumauer.  
Maßstab 1:250.

nur 12 m hohen Dalsfos etwa 4 km unterhalb des Ausflusses des Wasserlaufes aus dem Toke-See erbaut worden. Die Abb. 60 bis 62 geben Ansichten der Sperre von oberhalb, seitwärts und unterhalb gelegenen Punkten. Der Untergrund war fester Fels, und sind Fundamentschwierigkeiten nicht entstanden. Die Höhenlage der einzelnen Teile der in Zementmauerwerk erbauten und mit Granitquadern verblendeten Sperrmauer ist aus Abb. 59 ersichtlich; die größte Höhe beträgt 16 m, die größte Stärke 10 m.

Der mittlere, mit festen eisernen Böcken für das Nadelwehr versehene Teil hat eine Länge von 45 m. Linksseitig schließt sich



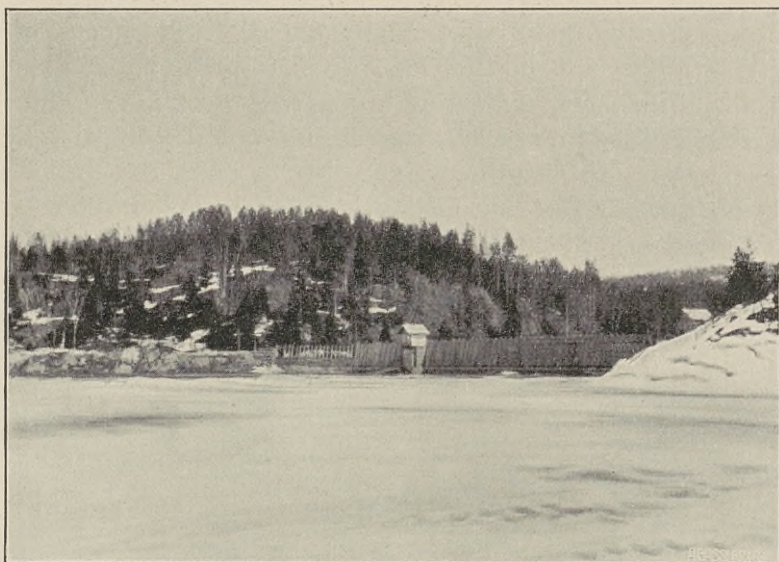


Abb. 60. Dalsfos. Staumauer mit Nadelwehr. Ansicht von oben.

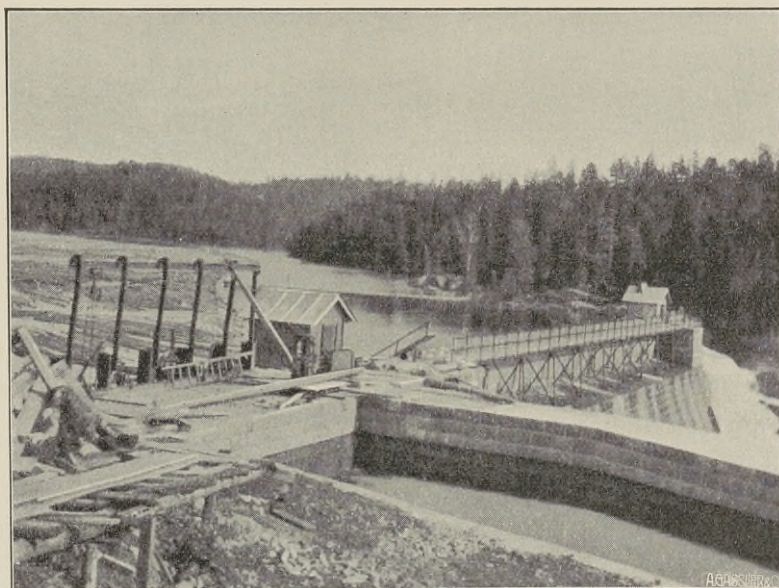


Abb. 61. Dalsfos. Ansicht der Staumauer von der Seite.

an denselben ein Pfeilervorsprung an, in den ein Schacht für die Zugstange eines Grundschützes eingebaut ist. Die Mauer von dem Pfeilervorsprung bis zum linken Ufer hat mit Rücksicht auf den hier hoch anstehenden Fels eine nur geringe Höhe. Wie im mittleren Teil sind auch hier feste, eiserne Böcke in das Mauerwerk eingelassen. Die Zwischenräume zwischen diesen Böcken werden jedoch nicht durch Nadeln, sondern durch Staubretter verschlossen.

Rechtsseitig schließt sich an den Mittelteil eine mit einem Schütz verschließbare Öffnung für die hölzerne, auf Böcken auf-

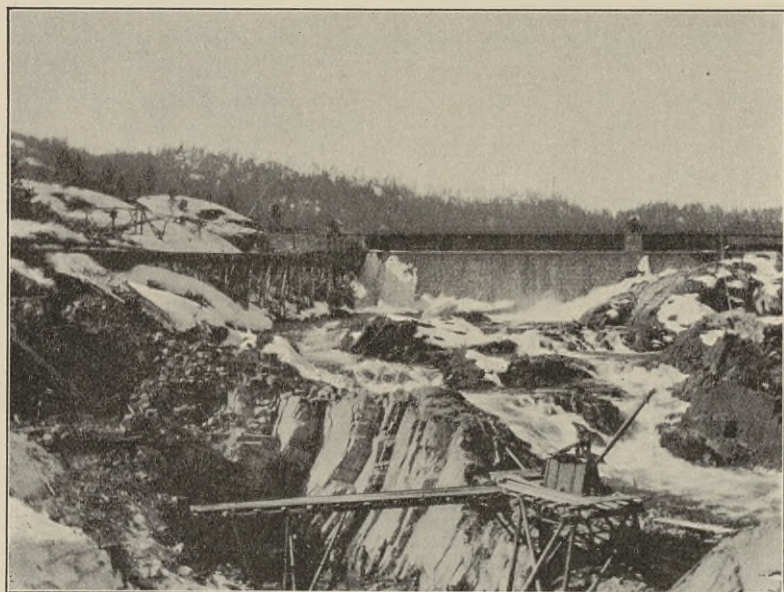


Abb. 62. Dalsfos. Ansicht der Staumauer von unten.

gesetzte, 400 m lange Floßrinne an. Der obere Teil der letzteren ist mit Rücksicht auf die wechselnde Höhenlage des Stauspiegels im Toke-See um eine horizontale Achse beweglich. Bemerkt sei hier, daß im Sommer und im Herbst täglich 6 Stunden an rund 100 Tagen geflößt wird. Erforderlich sind während dieser Zeit 4 cbm/sek oder auf das ganze Jahr verteilt 280 l/sek.

Neben der Öffnung für die Felsenrinne ist ein zweiter kleiner Grundablaß für einen Aalfang eingebaut. In dem Teil der Staumauer zwischen dem Aalfang und dem rechten Ufer befindet sich eine 9 m breite, überwölbte Öffnung, die als Einlaßschleuse für eine später zu erbauende Wasserkraftanlage dienen sollte (Abb. 63).

Weitere Arbeiten gelangten bis zum Jahre 1906 nicht zur Ausführung. Im Frühjahr 1906 ging das Nutzungsrecht an dem Dalsfos in die Hände einer neugegründeten Gesellschaft, der Norsk Electro-Kemisk Actieselskab, über, der auch die Ausnutzung des Tveitereidfos und des Solumfos auf mehrere Jahre an die Hand gegeben wurde.

Von dieser Gesellschaft ist dann mit überwiegend deutschem Kapital die im Frühjahr 1908 in Betrieb gesetzte Wasserkraftanlage

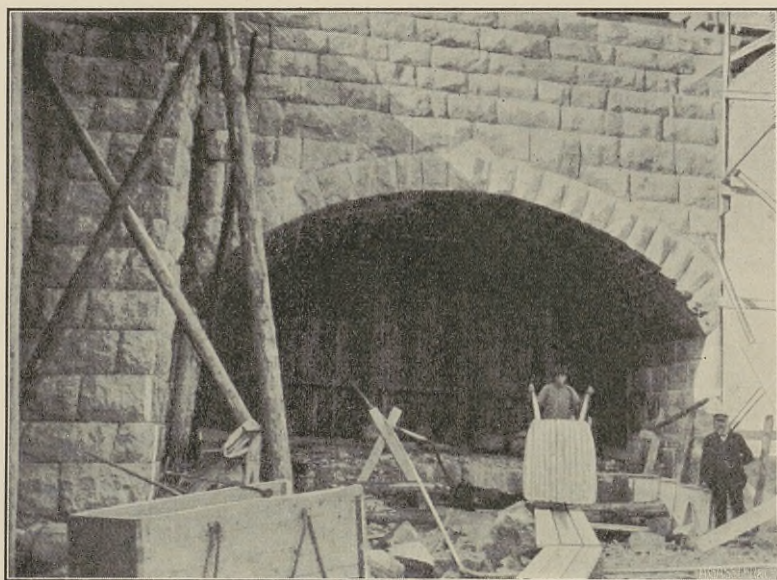


Abb. 63. Dalsfos. In die Staumauer für den späteren Zuleiter eingebaute Öffnung.

am Dalsfos nebst Fernleitung nach Kragerö und Karbidfabrik da selbst erbaut worden.

Gewählt wurde die in der Lageplanskizze (Abb. 64) dargestellte Lösung, die den Bau von 3 Turbinen mit einer Schluckfähigkeit von im Höchstfalle je 10 cbm/sek vorsah.

Für die Einlaßschleuse kam der Natur der Sache nach nur die dicht am rechtsseitigen Anschluß der Sperrmauer an das Felsgelände liegende, überwölbte Öffnung in Frage. Diese Öffnung war gleich bei der Bauausführung durch starke, fest eingemauerte T-Träger in 5 Teile geteilt und dann provisorisch durch Bohlen nadelartig geschlossen worden. Da somit auch die Breite der

Schütztafeln gegeben war, handelte es sich nur um die Wahl einer Aufzugsvorrichtung. Gewählt wurde eine möglichst einfache Konstruktion, ein an einem leichten, eisernen Gerüst verschiebbarer Flaschenzug, der so berechnet war, daß jede einzelne Schütztafel nach Füllung des Zuleiters leicht gezogen werden konnte (Abb. 61). Bei einer Schütztafel ist die obere Hälfte für sich allein aufziehbar, um den Zuleiter mit Wasser anfüllen zu können.

Nachteilig bei dieser Einrichtung ist der Umstand, daß das Wasser im Zuleiter nur langsam ansteigen kann und bei der Füllung Zeitverluste nicht zu vermeiden sind. Dieser Nachteil wird sich

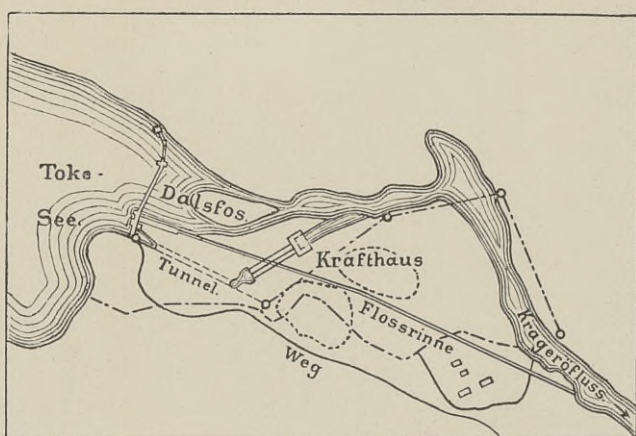


Abb. 64. Dalsfos. Lageplan der Kraftanlage.

Maßstab 1 : 7000.

jedoch in der Praxis wenig bemerkbar machen, da eine Entleerung des Zuleiters nur in sehr seltenen Fällen notwendig sein wird, der Schwerpunkt vielmehr auf eine leichte Regulierung des Wasserzuflusses entsprechend dem Steigen oder Fallen des Wassers im Toke-See zu legen war. Für diesen Zweck genügt ein Ziehen der Schütztafeln nacheinander in allen Fällen, weil die täglichen Wasserstandsbewegungen im Stau-See bei der 37 qkm umfassenden Oberfläche desselben nur gering sein können.

Oberhalb der Einlaßschleuse sollte nach dem Projekt ein hölzerner Grobrechen zur Abhaltung größerer schwimmender Gegenstände, im besonderen des sog. Wasserholzes, vollgesogener, 1 bis 1,5 m unter der Oberfläche schwimmender Rundhölzer, erbaut werden. Eine Ausführung ist jedoch bisher nicht erfolgt, weil der Toke-See schon während des Baues der Kraftanlage für die beiden

weiter unterhalb vorhandenen Holzschleifereien als Speicherbecken dienen und deshalb der Wasserspiegel stets möglichst hochgehalten werden mußte.

Erforderlichenfalls würde sich übrigens ein Grobrechen aus Eisenbahnschienen auch unterhalb der Einlaßschleuse in dem rund 20 m langen offenen Teil des Zuleiters unschwer einrichten lassen.

An diese offene Strecke des Zuleiters schließt sich ein 80 m langer Tunnel mit einem Querschnitt von 17 qm an. Bei dem

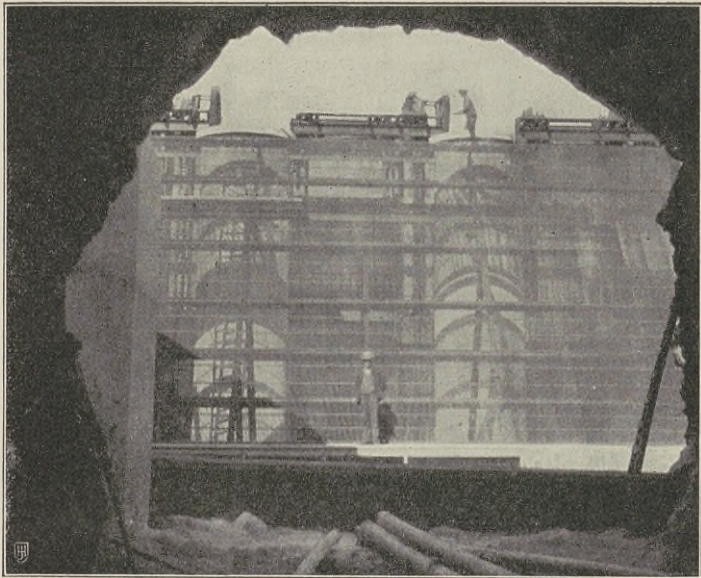


Abb. 65. Dalsfos. Feinrechen und Schützen im Verteilungsbecken, vom Zuleitungstunnel aus gesehen.

vorgesehenen Höchstzufluß von 30 cbm würde somit die Geschwindigkeit des Wassers 2 m noch nicht erreichen.

Das Gestein ist guter Granit; schlechte Stellen sind nirgends aufgetreten und konnte infolgedessen von jeder Ausmauerung Abstand genommen werden.

Am Auslauf des Tunnels befindet sich ein 200 qm großes, teilweise in dem Felsen ausgesprengtes Verteilungsbecken. Abb. 65 gibt, vom Tunnel aus gesehen, ein Bild des in das Becken mit seiner Unterkante 1 m über der Sohle eingebauten Feinrechens, dessen Stäbe 20 mm voneinander entfernt sind.

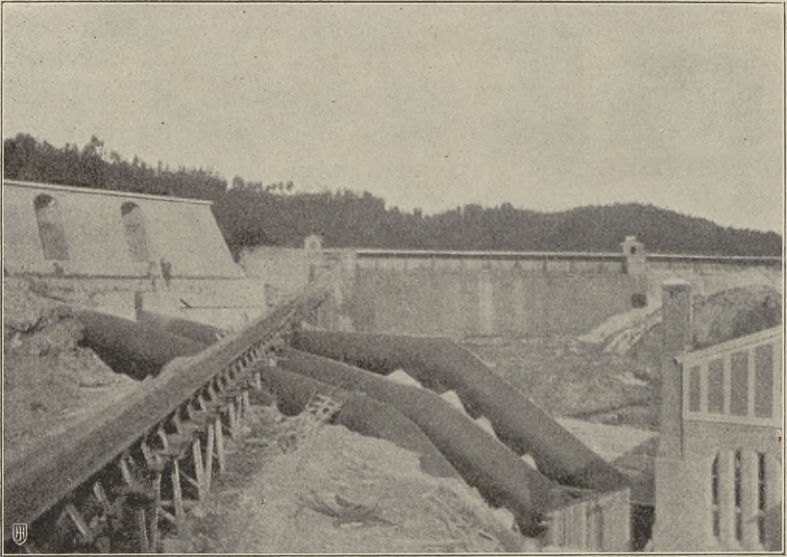


Abb. 66. Dalsfos. Kreuzung der Zuleitungsrohre von 2,4 m Durchmesser.

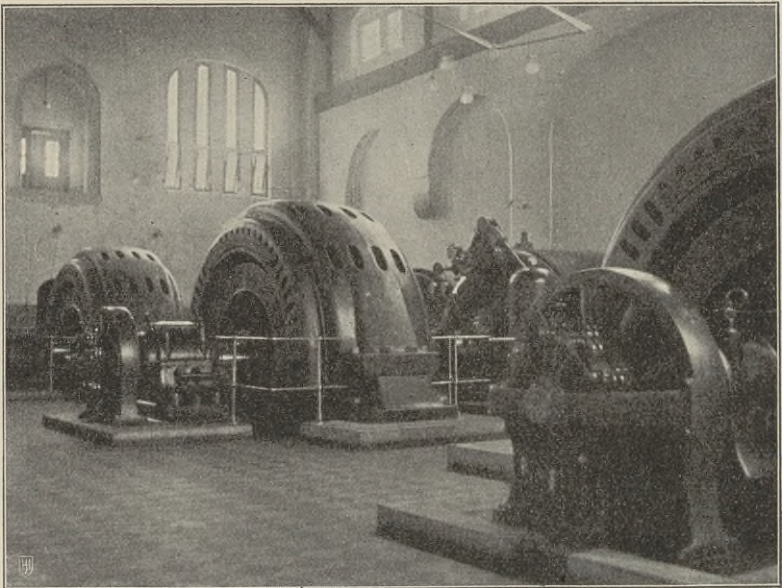


Abb. 67. Dalsfos. Turbinensaal.

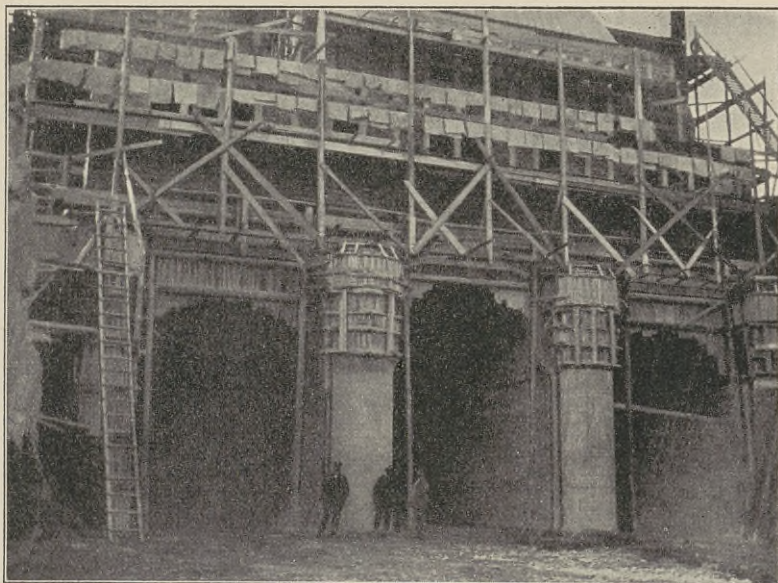


Abb. 68. Dalsfos. Auslauf der Turbinenkammern.

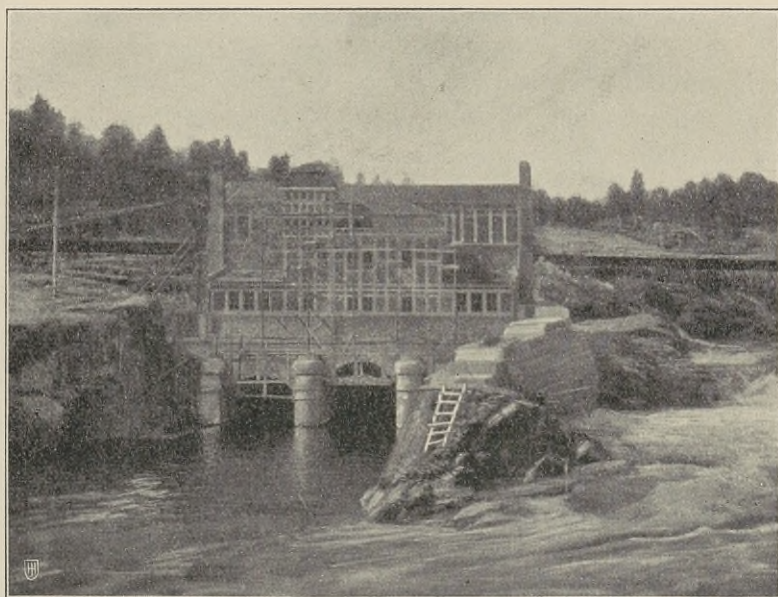


Abb. 69. Dalsfos. Kraithaus vom Unterwasser aus gesehen vor Entfernung der Baugerüste.

Zur Spülung des Tunnels und des Beckens dient ein in die linksseitige Mauer eingebautes Leerlaufschütz.

Aus dem Verteilungsbecken gelangt das Druckwasser in drei eisernen, genieteten Rohren von 2,4 m Durchmesser und von 40 m Länge zu den drei im Krafthaus aufgestellten Turbinen. Jedes Rohr, dessen in der Abschlußwand des Beckens liegender Teil in einer Länge von 5 m nicht ausgepanzert ist, kann durch eine aus 2 Tafeln bestehende Schützvorrichtung abgeschlossen werden. In der unteren Abschlußmauer vorgesehene Einlaßschächte ermöglichen nach Abschluß der Schütztafeln einen Zugang zu den Rohren. Abb. 66 gibt ein Bild der letzteren und des Verteilungsbeckens. Schwierigkeiten verursachte die Kreuzung der Rohre mit der Floßrinne; da eine Verlegung der letzteren nicht durchführbar war, mußte der Felsen ziemlich tief ausgesprengt werden. Die dem Gelände möglichst angepaßte, verschiedene Höhenlage der Rohre hatte den Zweck, die Sprengungsarbeiten einzuschränken.

Jedes Rohr ist an seinem Endpunkt durch eine Drosselklappe abschließbar.

Das Krafthaus hat eine Größe von 21 m zu 12 m im lichten; der Schaltraum ist in einem Vorbau über den Trennungsmauern der Turbinenkammern angebracht.

Die von der Firma Voith-Heidenheim gelieferten Francisturbinen haben horizontale Wellen, eine Höchstleistung von 2300 PS<sub>e</sub> und sind mit den Dynamos direkt gekuppelt (Abb. 67). Geliefert sind letztere von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft.

Die zu den Turbinenkammern führenden Krümmer sind in Beton hergestellt; der tiefste Punkt der Sohle der Druckkammern liegt 0,6 m unter der Sohle des Untergrabens.

Der Raum für die Druckkammern sowie auch der Untergraben mußte im Felsen ausgesprengt werden. Abb. 62 zeigt den Zustand während der Sprengarbeiten, Abb. 68 den Auslauf der drei je 4,7 m breiten Turbinenkammern. Abb. 69 gibt eine Übersicht der fertigen Anlage vor Entfernung der Baugerüste.

Gegen Hochwasser ist das Krafthaus durch eine den Untergraben linksseitig begrenzende, auf den vorhandenen Fels aufgesetzte Mauer aus Granitblöcken geschützt.

Erwähnt sei noch, daß der Transport der schweren Maschinenteile und namentlich auch der von der Firma Kvaerner Brug in Kristiania fertigt gelieferten einzelnen Rohrschüsse auf den schmalen



und teilweise sehr steilen Zufahrtswegen außerordentliche Schwierigkeiten verursacht hat.

Endgültige Beschlüsse bezüglich eines Ausbaues des Tveitereidfos und des Solumfos sind noch nicht gefaßt; beabsichtigt wird, beide Gefälle durch den Bau einer 10 m hohen Sperrmauer am Solumfos zu vereinigen und an dieser Stelle das Gesamtgefälle von rund 19 m auszunutzen.

---

## Wasserkraftanlage am Evenstadfos bei Arendal.

In der Nähe von Arendal, einer kleinen, an der Südostküste Norwegens gelegenen, lebhaften Handelsstadt mündet der Nidfluß in die See (Abb. 70). In dem 4055 qkm großen Niederschlagsgebiet befinden sich eine Anzahl größerer und kleinerer Gebirgsseen, die sich infolge der Steilheit ihrer bewaldeten Ufer für die Ausbildung von Speicherbecken gut eignen. Derartige Seeregulierungen sind zwar zurzeit noch nicht ausgeführt, doch haben entsprechend bearbeitete Entwürfe bereits die Zustimmung der Lokalbehörden gefunden, so daß auf die Erteilung der erforderlichen Konzession noch mit Sicherheit gerechnet werden kann.

Die hauptsächlichsten Seen sind der Nisser-See mit 80 qkm und der Fyrvis-See mit 57,6 qkm Fläche; die in Aussicht genommenen Regulierungshöhen betragen 3,2 m und 2,7 m, so daß sich der zu gewinnende Speicherraum auf  $256 + 154 = 310$  Mill. cbm berechnet, zu welchem noch etwa 36 Mill. cbm durch den Aufstau einiger anderer kleinen Seen kommen. Im ganzen werden daher 346 Mill. cbm Speicherraum zur Verfügung stehen.

Die jetzige Kleinstwassermenge beträgt  $25 \text{ cbm/sek} = 6,2 \text{ l/sek}$  qkm und hält etwa  $3\frac{1}{2}$  bis 4 Monate im Jahre an, während in den übrigen Monaten nach den bisherigen Feststellungen auf eine Wasserführung von mindestens 80 bis 100 cbm gerechnet werden kann. 346 Mill. cbm ermöglichen für die Dauer von 4 Monaten einen Wasserzuschuß von  $33,5 \text{ cbm/sek}$ . Mit Recht kann daher nach Ausführung der beabsichtigten Seeregulierungen auf einen ständigen Abfluß von rund  $60 \text{ cbm/sek}$  gerechnet werden.

Die oberen Strecken des Nidflusses und seiner bedeutendsten Nebenflüsse weisen das für Norwegen so überaus charakteristische Stufengefälle auf. Die zahlreichen Wasserfälle haben teilweise nicht unbedeutende Fallhöhen, liegen aber in großer Entfernung von der

See und sind überdies schwer zugänglich. Städte oder industrielle Unternehmungen sind im Innern des Gebietes nicht vorhanden, und fehlt es daher an Gelegenheit zur Verwendung von Kraft. Günstiger liegen die Verhältnisse in der Nähe der See, da in den verschiedenen kleinen Küstenstädten die Industrie in lebhaftem Aufblühen begriffen ist. Dementsprechend kommen für die Gewinnung von Kraft für absehbare Zeit nur die Wasserfälle im unteren Lauf des



Abb. 70. Gebiet des unteren Laufes des Nidflusses.  
Maßstab 1 : 625 000.

Flusses in Frage, von denen die drei bedeutendsten in nachstehender Tabelle aufgeführt sind. Die Berechnung der Ausbaufähigkeit ist unter Zugrundelegung eines Zuflusses von 60 cbm/sek erfolgt.

Entfernung von der Mündung km	Name	Fallhöhe m	Zahl der PSe bei 60 cbm/sek Zufluß
10	Rygenefos	18	10 800
37	Evenstadfos	17	10 200
41	Boilestadfos	71	42 600
			63 600 PSe

Ganz abgesehen von allen anderen kleineren Wasserfällen, würden nach der Regulierung der Seen sich somit bei den obigen drei Fällen mehr als 63 000 PSe gewinnen lassen.

Ausgebaut ist seit längerer Zeit der unterste Fall, jedoch nur für eine verhältnismäßig geringe Wassermenge. Die gewonnene Energie findet für den Betrieb einer Holzstoffabrik, die gleichzeitig mit der Wasserkraftanlage nach der Durchführung der Regulierung der Seen entsprechend vergrößert werden soll, Verwendung. Ferner ist auch der Evenstadfall bereits ausgebaut, jedoch nur mit einem Nutzgefälle von 9 m, so daß die Kraftmenge bei dem jetzigen

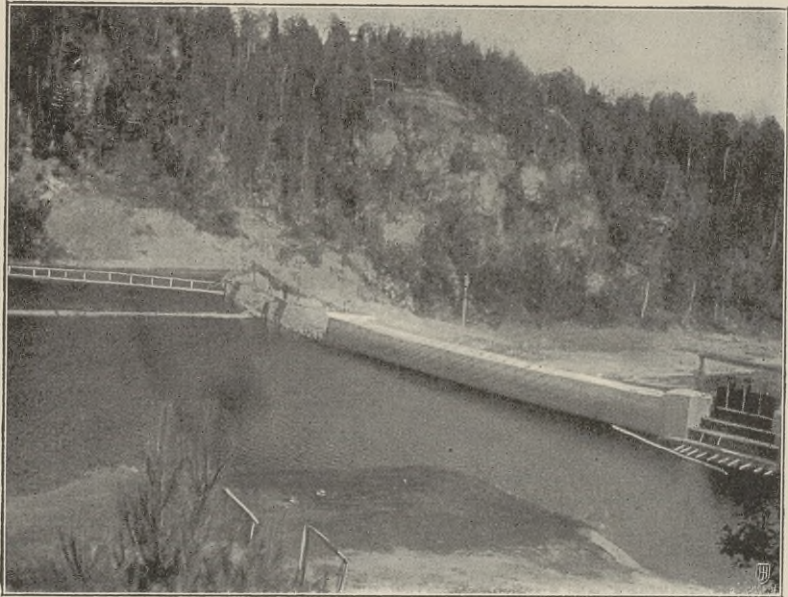


Abb. 71. Evenstadfos. Staumauer von oben.

Niedrigwasser bis auf rund 2200 PS<sub>e</sub> herabsinkt. Ein Teil der gewonnenen Kraft, und zwar etwa 1250 PS<sub>e</sub>, finden für die Beleuchtung der Orte Risoer, Tvedestrand, Grimstad, Fewik und Arendal Verwendung, welche letzterer Stadt die Kraftanlage gehört. Die überschüssige Kraft wurde zeitweise zur probeweisen Durchführung des Birkeland-Eydeschen Verfahrens zur Gewinnung des Stickstoffes aus der Luft abgegeben und ist neuerdings an ein Eisenschmelzwerk in der Nähe von Arendal verpachtet, das auch die nach dem weiteren Ausbau zur Verfügung stehende Kraftmenge übernehmen will.

Der Boilestadfos ist von seinen Eigentümern für die Gewinnung von Luftstickstoff nach dem Birkeland-Eydeschen Verfahren

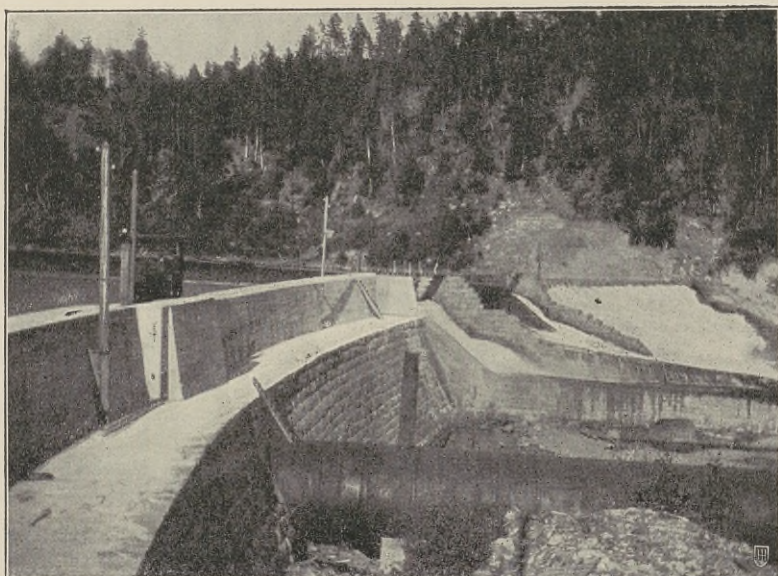


Abb. 72. Evenstadfos. Staumauer von der Seite.

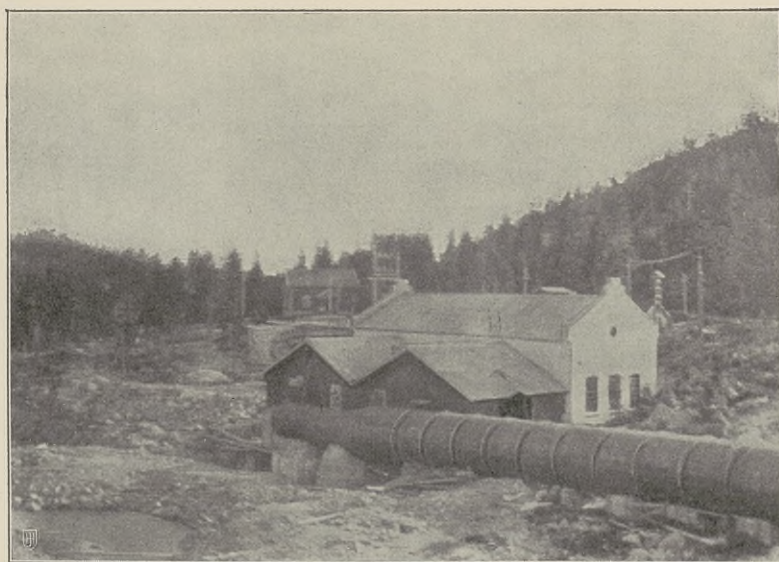


Abb. 73. Evenstadfos. Rohrleitung und Kraifhaus.

bestimmt. Mit dem Ausbau wird voraussichtlich sofort begonnen werden, sobald die Ausführungen der zur Ausgleicheung der Abflußverhältnisse geplanten Seeregulierungen gesichert ist.

Der jetzige Ausbau des Evenstadfalles ist in den Jahren 1899 bis 1902 erfolgt. An eine sich an den rechtsseitigen Felsabhang anlehrende Staumauer schließen sich 3 Freiwehre von im ganzen rund 100 m Lichtweite an, von denen das mittelste auch für den Betrieb der Flößerei dient. Abb. 71 zeigt das Stauwerk von oben, Abb. 72 vom rechten Ufer aus.

In die Staumauer ist in der Nähe des rechten Ufers ein Rohr von 3,5 m Durchmesser eingebaut, das oberhalb der Mauer durch einfache Schützen abgeschlossen werden kann. Oberhalb der Schützen ist der übliche Rechen angebracht.

Das Rohr hat bei 3,5 m Durchmesser eine Länge von nur 42 m (Abb. 73) und zweigen sich von demselben für 2 Turbinen von je 1250 PS<sub>e</sub> zwei Stutzen von je 1,8 m Durchmesser ab. Durch einen dritten kleineren Stutzen wird das Wasser zwei kleineren Turbinen von 50 bis 60 PS<sub>e</sub> zugeführt.

Die Rohre sind von der Eisengießereigesellschaft in Drammen, die Generatoren von einer schwedischen Firma geliefert worden.

---

## **Wasserkraftanlage am Oltedalsfos bei Stavanger.**

Ungefähr 34 km östlich von Stavanger mündet der Oltedalsfluß in den Högsfjord. (Abb. 74 u. 75.) Von den in dem 102 qkm großen Gebiet des Oltedalsflusses liegenden Seen sind die hauptsächlichsten der Madlands-See mit 1,0 qkm, der Oltedals-See mit 3,2 qkm und der Rags-See mit 1,1 qkm Fläche. Der gewöhnliche Wasserstand dieser Seen liegt auf + 251,1 m, + 111,5 m und + 36,8 m, so daß das Rohgefälle zwischen denselben 139,6 m und 74,7 m beträgt. Sämtliche Wasserfälle im Gebiet des Oltedalsflusses sind Eigentum der Stadt Stavanger; ausgebaut wird zurzeit die Gefällsstufe zwischen dem Oltedals-See und dem Rags-See zur Versorgung der Stadt mit Licht und Kraft. Die Oberleitung liegt in den Händen des Staatsingenieurs Saxegaard.

Zuerst war geplant, neben dem Lauf des Oltedalsflusses einen offenen, etwa 700 m langen Zuleiter zu erbauen und in dem zu errichtenden Krafthaus den obersten Teil des langgestreckten, eine Reihe von Stromschnellen bildenden Oltedalsfalles mit etwa 30 m Fallhöhe auszunutzen.

Vergleichende Berechnungen haben jedoch ergeben, daß ein Ausbau des ganzen vorhandenen Gefälles unter Zuleitung des Betriebswassers zum Krafthaus durch einen Tunnel und durch an denselben anschließende Rohrleitungen vorteilhafter war. Für die Ausführung ist deshalb diese Lösung gewählt worden.

Das Niederschlagsgebiet des Oltedals-Sees hat eine Größe von nur 82 qkm. Die mittlere Größe des Jahresniederschlags im Gebiet beträgt 2025 mm oder 166 Mill. cbm. Der mittlere Jahresabfluß ist durch Messungen auf rund 150 Mill. cbm entsprechend einer Niederschlagshöhe von rund 1825 mm festgestellt worden, so daß sich eine Verlusthöhe von etwa 200 mm ergibt. Bei ausreichendem Speicherraum würden somit ständig 4,7 cbm/sek zur Verfügung stehen.

Die Größe des erforderlichen Speicherraumes ist abhängig von der Art des Abflußvorganges. Dahingehende Untersuchungen haben ergeben, daß zurzeit die Abflußmenge bis auf 0,5 cbm/sek = 6 l/sek/qkm herabsinkt und bei Hochwasser während der Schneeschmelze bis auf 40 cbm/sek = rund 49 l/sek/qkm ansteigt, daß aber die Dauer sowohl der Niedrig- als auch der Hochwasserzeiten eine verhältnismäßig kurze ist. An Speicherraum können durch Anstauung des Madlands-Sees und Absenkung des Oltedals-Sees

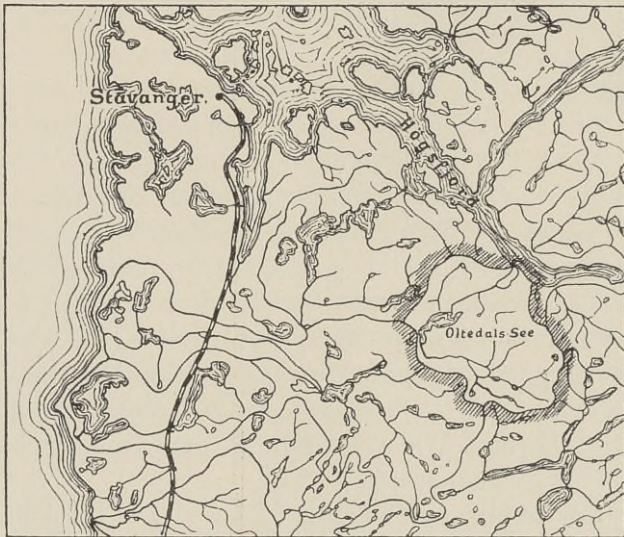


Abb. 74. Gebiet des Oltedalsbaches.  
Maßstab 1 : 625 000.

37 Mill. cbm gewonnen werden; ein solcher Speicherraum genügt, um, abgesehen von besonders wasserarmen Jahren, einen durchschnittlichen Abfluß von 4,5 cbm/sek zu gewährleisten. Der Berechnung der Zahl der zu gewinnenden  $PS_e$  ist deshalb diese Wassermenge zugrunde gelegt worden.

Die Größe des zur Verfügung stehenden Gefälles ist abhängig von der Höhenlage des Wasserspiegels in dem als Speicherbecken auszubildenden Oltedals-See und kann durchschnittlich zu 65 m angenommen werden, so daß voraussichtlich dauernd während des ganzen Jahres  $4,5 \cdot 65 \cdot 10 = 2925 =$  rund 3000  $PS_e$  vorhanden sein werden. Eine ständige Verwendung der zu gewinnenden Kraft kommt jedoch in vorliegendem Falle nicht in Frage, da die Energie nach Stavanger geleitet und hier zur Erzeugung von Licht und



zur Abgabe von Kraft an Kleinbetriebe dienen soll. Die durchschnittliche Betriebszeit der Kraftabnehmer ist auf etwa 2100 Betriebsstunden im Jahre geschätzt und ist angenommen, daß der Bedarf an Kraft in bestimmten Tagesstunden auf das Dreifache ansteigt.

Der 600 m lange Tunnel hat mit Rücksicht auf diese Betriebsart einen Querschnitt von 10 qm erhalten, so daß bei einer Wasserführung von 15 cbm sich eine Geschwindigkeit von 1,5 m ausbilden würde.



Abb. 75. Kraftanlagen am Oldedals-See. Lageplan.  
Maßstab 1 : 125000.

Am Auslauf des Tunnels ist ein Verteilungsbecken von 64 qm Grundfläche projektiert, das in Hauptsache in den Felsen gesprengt werden soll. Aus diesem Becken gelangt das Wasser in 3 mit Feinrechen und Schützenverschluß versehene Druckkammern, aus denen es in 3 Rohrleitungen von je 1,6 cbm Durchmesser und 155 m Länge den Turbinen zufließt. Die Geschwindigkeit in den Rohren wird bei einem Verbrauch von 5 cbm/sek 2,5 m betragen.

In dem Krafthaus sollen 6 Turbinen mit einer normalen Leistung von je 1500 PS<sub>e</sub> und einer Höchstleistung von je 1875 PS<sub>e</sub> sowie eine Turbine von 300 PS<sub>e</sub> aufgestellt werden. Sämtliche Turbinen sind Spiralturbinen mit horizontaler Welle und direkt gekuppelten Dynamos. Die Lieferung ist der Firma Kvaerner Brug in Kristiania übertragen.

Der in den Dynamos erzeugte dreiphasige Wechselstrom von 6000 Volt Spannung wird für die Fernleitung auf 30 000 Volt herauftransformiert. In besonderen, außerhalb der Stadt Stavanger projektierten Sekundärstationen wird der Strom dann wieder auf 6000 Volt herabtransformiert und unterirdisch zu 18 Kiosken geleitet, die denselben in der Gebrauchsspannung von 220 Volt weitergeben.

Fertiggestellt waren im Juli 1908 rund 500 m Tunnel, die Planierungsarbeiten für die Rohrleitungen, sowie teilweise der Untergraben und die Grundmauern des Krafthauses.

Die Eröffnung des Betriebes soll im Frühjahr 1909 erfolgen.

Bemerkenswert ist noch, daß zur Beschaffung der während des Baues für die Arbeitsmaschinen erforderlichen Kraft ein in der Nähe liegender kleiner Bach mit einer Fallhöhe von 400 m für eine Wassermenge von 87 l/sek ausgebaut worden ist. Erzeugt werden durch eine Peltonturbine mit 750 Umdrehungen 350 PS<sub>e</sub>. Späterhin soll die Turbine in dem Krafthaus der Hauptanlage Aufstellung finden.

Bei steigendem Kraftbedarf in Stavanger ist ein Ausbau des Oltevigsfos am Ausfluß des Rags-Sees in das Meer mit 36 m Fallhöhe in Aussicht genommen. In Frage kommt außerdem eine Ausnutzung der 150 m hohen Gefällstufe zwischen dem Madlands- und dem Oltedals-See.

---

## **Wasserkraftanlage am Tyssebach bei Odda am Hardangerfjord.**

Am Sörfjord, dem sich am weitesten nach Süden erstreckenden Seitenarm des Hardangerfjords, liegt etwa 3 km nördlich von dem bekannten Touristenort Odda am östlichen Ufer der Flecken Tysse am Auslauf des Skjaeggetales. Die wenigen Häuser und kleinen Gärten stehen auf der durch die Geröllablagerung des das Tal durchströmenden Baches gebildeten Moräne. Der Bach, der auf seinem 4 km langen Lauf eine Reihe von Wasserfällen aufweist und sein Bett in der vorhandenen engen Schlucht im Laufe der Jahrhunderte tief ausgewaschen hat, bildet den Abfluß des Ringedals-Sees, dessen Normalwasserstand auf etwa +436 m liegt, wobei jedoch zu beachten ist, daß +0 rund 5 m unter dem Mittelwasserspiegel des Fjords angenommen worden ist.

Das Niederschlagsgebiet des Baches hat rund 1500 m unterhalb des Ringedals-Sees eine Größe von etwa 400 qkm und ist in Abb. 76 zur Darstellung gebracht. Die höchsten Spitzen liegen auf +1400 m, und kann die mittlere Höhenlage zu +1000 m bis +1100 m angenommen werden. Nicht unbedeutende Teile liegen schon im Gletschergebiet, welcher Umstand auf die Wasserführung des Baches einen wesentlichen Einfluß ausübt.

Die zum Abfluß gelangenden Wassermengen sind der Natur des Niederschlagsgebietes entsprechend hinsichtlich ihrer Größe außerordentlich wechselnd. Die Niedrigwassermenge geht in den Monaten Dezember bis Mai bis auf 3 cbm/sek oder 7,5 l/sek/qkm herab; im Juni herrscht gewöhnlich Hochwasser, und steigt die Abflußmenge während der Dauer einiger Tage um das 40fache bis auf etwa 120 cbm/sek oder 300 l/sek/qkm. Im Juli und August beträgt der sekundliche Abfluß rund 60 cbm und geht im Oktober bis auf 40 cbm zurück, um dann rasch bis auf die oben angegebene Kleinmenge abzunehmen.

Eine Kontrolle dieser in Hauptsache auf Schätzung beruhenden Zahlen durch einen Vergleich mit den Niederschlagsmengen durchzuführen, ist sehr schwierig, da in dem Gebiet nur eine Regenmeßstation bei dem aus einigen Hütten bestehenden Dorf Skjaeggedal in etwa + 400 m Höhe vorhanden ist. Die mittlere Regenhöhe dasselbst beträgt nach den ausgeführten Messungen 1200 mm. Wird die Verdunstungshöhe — die Versickerungshöhe spielt bei dem

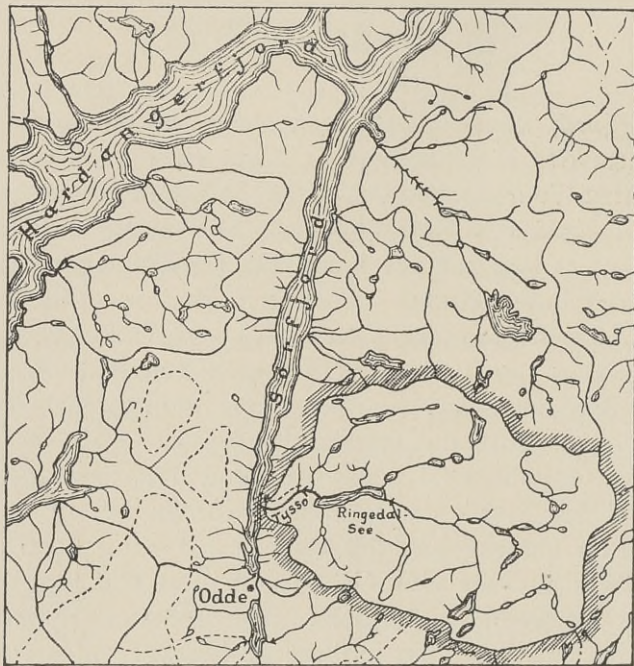


Abb. 76. Gebiet des Tyssebaches. Maßstab 1 : 625 000.

durchweg aus Fels bestehenden Gelände keine Rolle — zu 200 mm angenommen, so berechnet sich der Jahresabfluß auf 400 Mill. cbm oder auf rund 12,7 cbm/sek. Diese Zahl ist jedoch, wie schon jetzt hat festgestellt werden können, und was auch aus den hohen sekundlichen Abflußmengen in den Monaten Juni bis Oktober ohne weiteres hervorgeht, erheblich zu niedrig; aller Wahrscheinlichkeit nach ist die Niederschlagsmenge in den höheren Teilen des Gebietes eine ganz erheblich größere, als man angenommen hat. Nach den bisherigen Beobachtungen und Berechnungen glaubt man mit Sicherheit auf eine kleinste Nutzwassermenge von etwa 15 cbm rechnen zu können, in der Voraussetzung natürlich, daß ein ent-

sprechend großer Speicherraum zur Abgabe von Zuschußwasser während der Kleinwasserzeit geschaffen werden kann.

Schon vor etwa acht Jahren war man dem Gedanken näher getreten, in dem Tyssebach etwa 2 km oberhalb seiner Mündung in einer Höhe von rund 200 m über dem Meer ein einfaches Wehr zu erbauen, das Wasser durch einen Tunnel bis an den Rand des Fjords zu leiten und von hier aus einem am Fjordufer zu erbauenden Krafthause mittels Rohrleitung zuzuführen. Weiterhin sollte der Ringedals-See durch einen 9 m unter dem gewöhnlichen Wasserspiegel auszusprengenden Tunnel angezapft und zu einem Speicherbecken ausgebildet werden.

Zur Ausführung gelangte nur der zuletzt erwähnte Tunnel mit einem Querschnitt von 2 qm, in dessen Auslauf zwecks Regulierung des Wasserabflusses vier durch Schieber verschließbare Rohre von je 0,6 m Durchmesser eingebaut wurden.

Vor etwa fünf Jahren ist dann die Ausnutzung der Wasserkraft des Tyssebaches von dem bekannten Generaldirektor Ingenieur Eyde wieder aufgenommen und in den Jahren 1906 bis 1908 in glänzender Weise zur Durchführung gebracht worden.

Der Grundgedanke des Unternehmens war folgender:

- a) Der Speicherraum des Ringedals-Sees wird derartig vergrößert, daß die jetzige Kleinfließwassermenge von 3 cbm/sek mit Sicherheit auf 15 cbm/sek erhöht werden kann.
- b) Etwa 1,5 km unterhalb des Ringedals-Sees wird das Wasser des Tyssebaches durch einen 3,6 km langen Tunnel in ein am Steilhang des Fjords projektiertes Vorbecken geleitet und von hier aus dem am Fjordufer zu erbauenden Turbinenhaus zugeführt.

Die Inbetriebsetzung der Anlage erfolgte im Mai 1908, nachdem es gelungen war, die Hauptarbeiten bis zu dieser Zeit abzuschließen.

Das zur Verfügung stehende Nutzgefälle beträgt nach Abzug des Verlustes in den Rohrleitungen 382 m und würden sich somit bei einer Abflußmenge von 15 cbm/sek 57 300 PS<sub>e</sub> erzielen lassen.

Tunnel und Ausgleichsbecken haben die für eine Wassermenge von 15 cbm/sek notwendigen Abmessungen sofort erhalten; dem zurzeit vorliegenden Kraftbedürfnis entsprechend, sind jedoch nur zwei Rohre für je 3 cbm/sek verlegt, und ist das Krafthaus vorläufig nur dieser Wassermenge entsprechend ausgebaut worden.

Zur Verfügung stehen daher zurzeit 24 000 PS<sub>e</sub>, die in dem 6 km entfernten Odda für den Betrieb einer Kalziumkarbid- und einer Kalkstickstoffabrik Verwendung finden. Eine Vergrößerung des Krafthauses (Abb. 77) und die weitere Verlegung von Zuleitungsrohren ist jederzeit ausführbar und wird erfolgen, sobald die wirtschaftliche Verwendung größerer Kraftmengen gesichert ist.

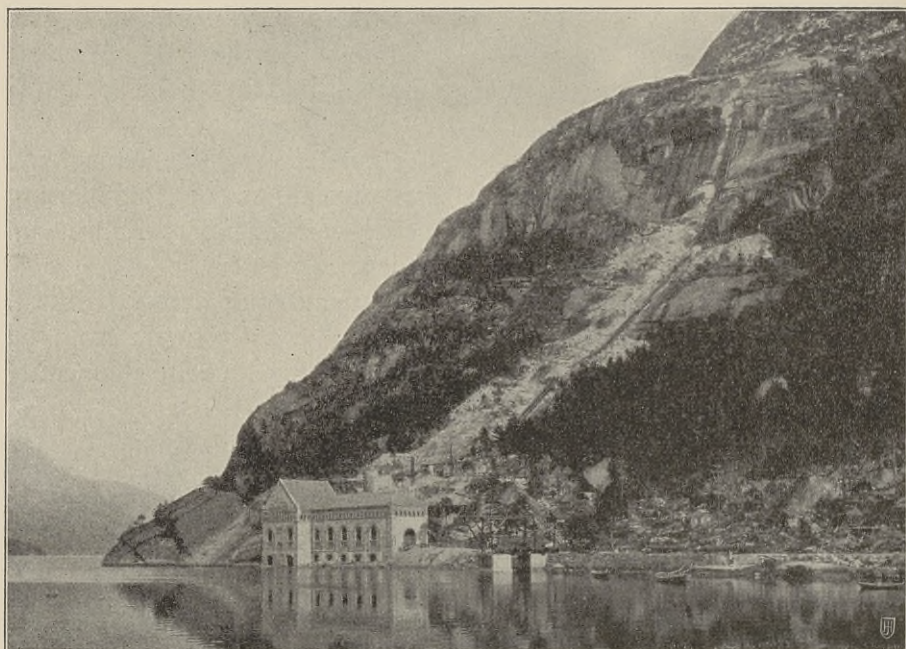


Abb. 77. Wasserkraftanlage am Tyssebach.

Nachstehend sollen die Einzelheiten der Anlage kurz beschrieben werden.

Das in der Niedrigwasserzeit erforderliche Zuschußwasser wird durch Absenkung des Ringedals-Sees gewonnen, und ist zu diesem Zweck durch den unterhalb des Sees sich quer durch das Tal hinziehenden Felsrücken ein rund 150 m langer, 3 m breiter und 2 m hoher Tunnel ausgesprengt worden. Abb. 78 gibt ein Bild dieses Felsrückens mit dem Auslauf des Tunnels. Der höchste Wasserspiegel des 5,5 qkm großen Sees liegt auf +437,6 m, die Tunnelsohle auf +416 m. Eine Absenkung des Wasserspiegels kann zurzeit nur bis auf +418 m erfolgen, da der Einlauf noch nicht völlig frei gelegt ist und die Ausführung der Restarbeiten mit

Rücksicht auf die im Mai des Jahres erfolgte Inbetriebsetzung der Anlage auf die Zeit niedrigen Wasserstandes verschoben werden mußte. Die Regulierung des Wasserabflusses erfolgt durch in einem Schacht angebrachte Schützen.

Der geschaffene Speicherraum hat eine Größe von rund  $20 \cdot 5,5 = 110$  Mill. cbm. Soll die Kleinstwassermenge bei völligem Ausbau 15 cbm betragen, und wird zur Sicherheit angenommen, daß während der Dauer von 5 Monaten eine Zuschußwassermenge



Abb. 78. Tyssefos. Auslauf des Tunnels aus dem Ringedalssee.

von  $15 - 3 = 12$  cbm/sek gegeben werden muß, so würde ein Speicherraum von 155,5 Mill. cbm, also eine Vergrößerung um 45,5 Mill. cbm erforderlich sein. Diese Vergrößerung soll durch den Bau einer Sperrmauer und einen Aufstau des Mittelwasserspiegels um etwa 7 m erreicht werden. Schwierigkeiten liegen bei dem vorzüglichen Felsgrund nicht vor; die Vorbereitungen für den Bau einer solchen Staumauer wurden bereits im Juni 1908 getroffen.

Für die Wahl einer 1,5 km unterhalb des Sees gelegenen Stelle zur Ableitung war, abgesehen von den hier sehr günstigen örtlichen Verhältnissen, der Umstand maßgebend, daß dicht oberhalb derselben noch der Abfluß eines anderen, 3 qkm großen Sees in den Tyssebach einmündet.

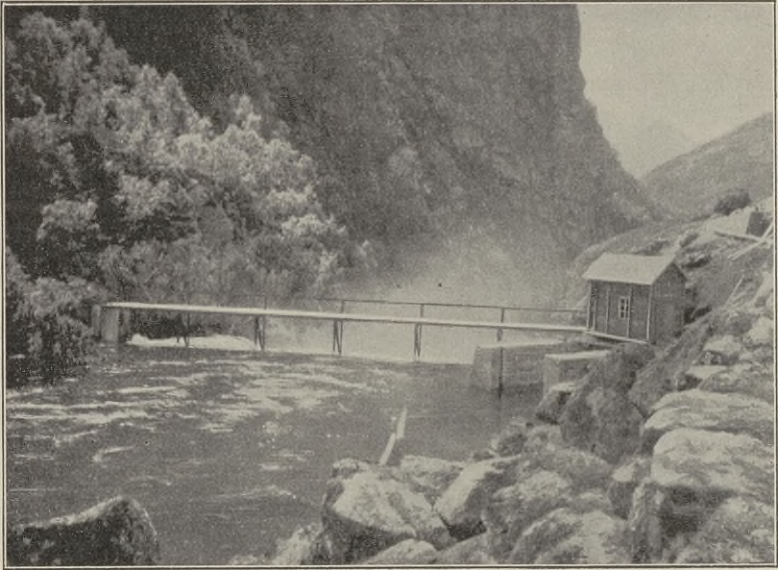


Abb. 79. Tyssefos. Wehr von oben.

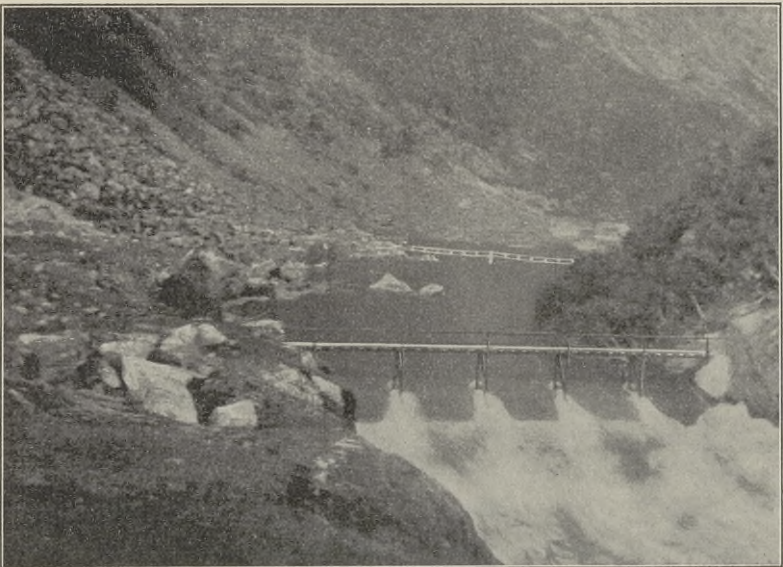


Abb. 80. Tyssefos. Wehr von unten.



An der Abzweigungsstelle wird das Wasser durch ein auf einem massiven Mauerkörper aufgesetztes Nadelwehr mit 6 Öffnungen von je 5 m Breite etwa 5 m hoch aufgestaut (Abb. 79 u. 80). Der Tunneleingang liegt rechtsseitig, hat eine Breite von 3 m und ist durch zwei Schützen verschließbar. Ein Grobrechen verhindert das Eindringen größerer Gegenstände.

Der Tunnel hat ein Querprofil von 8 qm, eine Länge von 3,6 km und ist nicht ausgemauert.

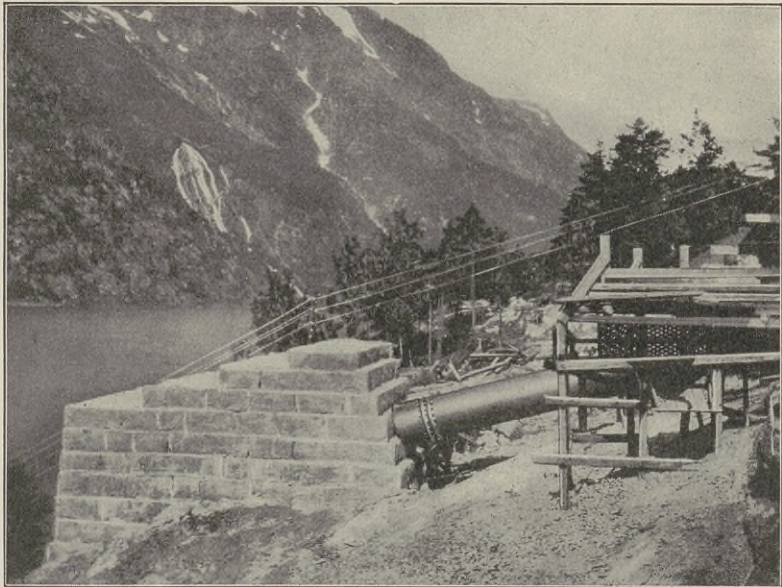


Abb. 81. Tyssefos. Rohrwiderlager.

Die Sohle des rund 110 qm großen Verteilungsbeckens liegt auf  $+395,5$ ; für die Entfernung etwa eingedrungenen Kieses sorgt eine besondere Kiesschleuse. Überschüssiges Wasser fließt über den auf  $+413,1$  angelegten Überfall ab, während der normale Wasserstand sich bei Vollbelastung voraussichtlich auf  $+407$  m einstellen wird.

Vor den 5 Druckkammern liegt der Feinrechen und oberhalb desselben eine Nadelwehrrichtung zur Regulierung des Wasserzuflusses. Wie schon angegeben, sind zurzeit nur 2 von den 5 projektierten Zuleitungsrohren zum Krafthaus verlegt, doch sind die Stützen für die 3 anderen Rohre in die Abschlußmauer ein-

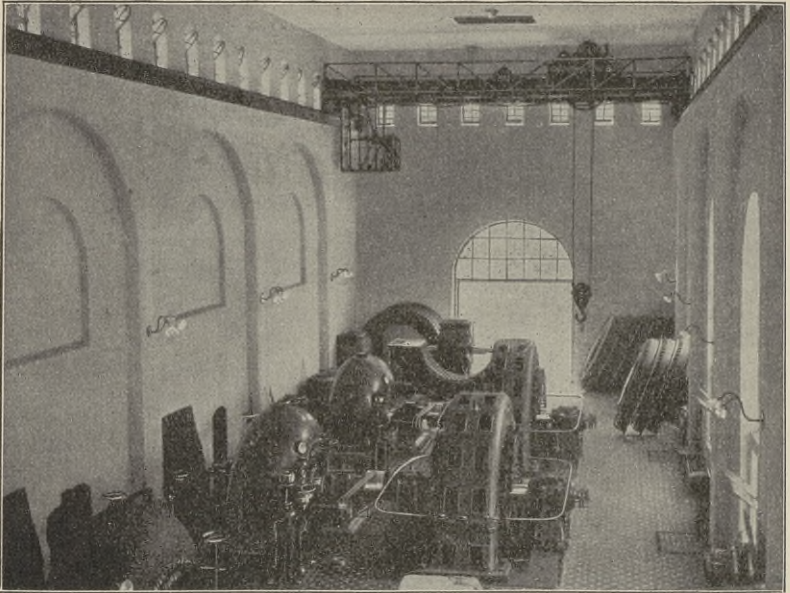


Abb. 82. Tyssefos. Turbinensaal.

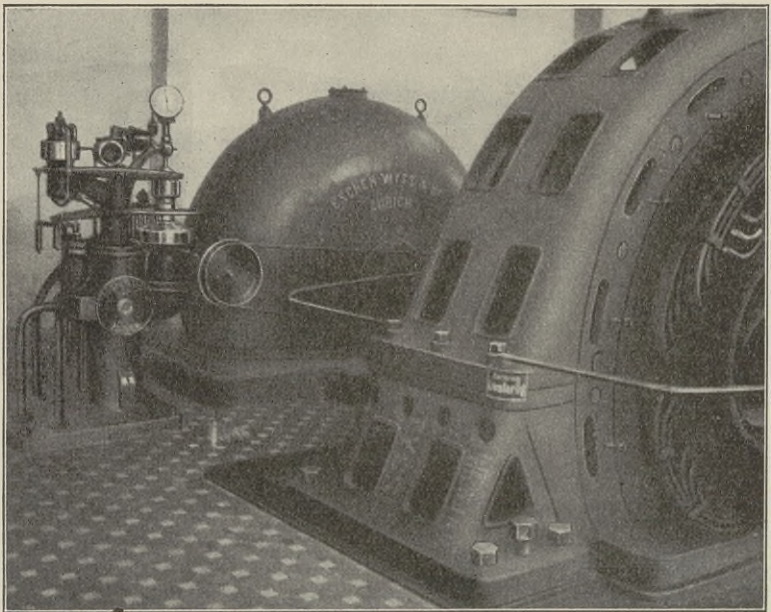


Abb. 83. Tyssefos. Pelton turbine von 4600 PSe.

gemauert, so daß der Einbau weiterer Rohrleitungen sofort erfolgen kann.

Die beiden verlegten Rohre haben eine Länge von je rund 720 m und eine lichte Weite von 1200 mm, die sich auf 900 mm verringert. Die Wandstärke nimmt von 7 mm bis auf 25 mm zu. Drosselklappen sind nicht vorhanden, doch ist die Möglichkeit eines sofortigen Abschlusses durch einen in der Druckkammer angebrachten Klappenverschluß gewährleistet. In den Druckkammern angebrachte Standrohre sorgen in einem solchen Falle für eine Ausgleichung des Luftdruckes. Aufgelagert sind die Rohre auf Betonpfeiler. Die infolge der teilweise im Winkel von  $60^{\circ}$  ansteigenden Felswand sich an den Knickpunkten der Rohre bildende bedeutende Schubkraft wird durch kräftige Widerlager aufgenommen (Abb. 81). Oberhalb des Turbinenhauses zweigen sich von jedem Rohr drei Stützen für die 6 Peltonräder von 2,4 m Durchmesser ab, deren Achsen direkt mit den Achsen der Dynamomaschinen gekuppelt sind (Abb. 82 u. 83). Jede von den 6 Turbinen macht in der Minute 345 Umdrehungen und leistet 4600 PS<sub>e</sub>. Gleichzeitig im Betrieb sind von den Turbinen stets 5, während die sechste die Reserve bildet.

Geliefert sind die Turbinen sowie auch die Rohrleitungen von der Firma Escher, Wyß & Cie. in Zürich.

---

## Wasserkraftanlage am Skjenaldfos bei Thams- havn am Dronheimfjord.

Etwa 30 km südwestlich von Dronheim mündet der Orklafluß in eine kleine Bucht des Dronheimfjords (Abb. 84). Der Orklafluß ist schon seit Jahrhunderten für den Betrieb der wilden Flößerei ausgenutzt worden, und ist in dem an seiner Mündung gelegenen Dorf Orkedalsören eine bedeutende Holzbearbeitungsfabrik und Sägemühle entstanden. Weiterhin sind in der Nähe mehrere Erzgruben im Betrieb bzw. im Ausbau, welche durch eine im Juli 1908 eröffnete, elektrisch betriebene Eisenbahn mit einem an der Mündung des Orklaflusses neu erbauten kleinen Hafen, Thamshavn genannt, verbunden sind. Für den Bau und den Betrieb dieser Bahn sowie für die Versorgung der Gruben und der Holzbearbeitungsfabrik mit elektrischer Energie hat sich eine besondere Gesellschaft, die Kommunikations-Selskab Chr. Salvesen & Chr. Tham, gebildet.

Für die Gewinnung elektrischer Energie kam der Orklafluß selbst nur wenig in Betracht, da trotz der großen Ausdehnung des 3053 qkm großen Niederschlagsgebietes nur wenig regulierbare Seen vorhanden sind, der Wasserzufluß also naturgemäß ein sehr ungleicher ist. Ferner haben auch die vorhandenen natürlichen Staustufen nur eine geringe Höhe.

Desto besser eignete sich der etwas weiter westlich in dieselbe Bucht einmündende Skjenaldfluß für die Gewinnung von Kraft.

Das Gebiet des Skjenaldflusses hat eine Größe von 157 qkm, und die durchschnittliche Größe des Jahresniederschlages beträgt bei einer Höhenlage des Geländes von 200 bis 300 m über dem Meere etwa 1100 mm. Nimmt man an, daß für die Verdunstung und Versickerung 200 mm verloren gehen, so würde sich der nutzbare Niederschlag auf  $0,9 \cdot 157 =$  rund 141,3 Mill. cbm berechnen, was bei 365-tägigem 24-stündigem Betriebe einer Wassermenge von rund  $4,5 \text{ cbm/sek} = 28,5 \text{ l/sek/qkm}$  entsprechen würde.

Nach den bisherigen Beobachtungen glaubt man, mit Sicherheit auf durchschnittlich 4 cbm/sek rechnen zu dürfen.

Ausgebaut war bisher nur eine etwa 6 m hohe, 2 km oberhalb der Mündung gelegene Staustufe für den Betrieb einer Sägemühle, während etwa 5 km weiter oberhalb der Fluß einen 60 m hohen Fall, den Skjenaldfos, bildete, durch dessen Ausbau bei einer nutzbaren Höhe von 59 m die Gewinnung von  $4 \cdot 59 \cdot 10 = 2360$  PS<sub>e</sub>

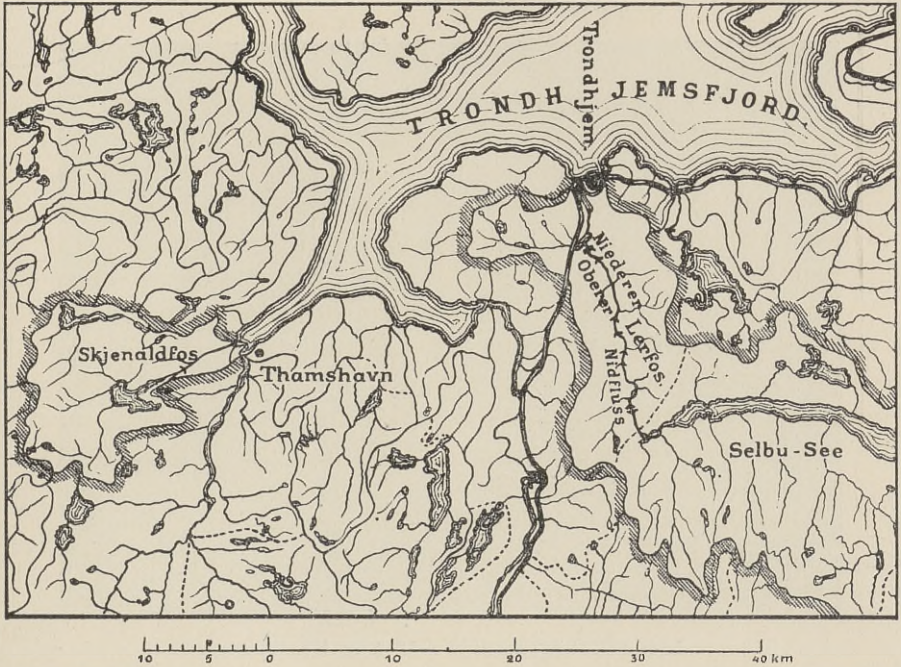


Abb. 84. Gebiet des Skjenaldflusses und des Unterlaufes des Nidflusses.  
Maßstab 1 : 625 000.

möglich war, falls auf einen durchschnittlichen Abfluß der genannten Wassermenge gerechnet werden konnte. Im allgemeinen ist die Wasserführung des Skjenaldflusses schon an sich eine ziemlich gleichmäßige, da sich die Niederschläge auf das ganze Jahr verteilen. Nur während der Dauer von etwa 3 Monaten, im Februar und März sowie Ende Juli und Anfang August sinkt die Abflußmenge auf etwa 1 cbm, so daß für die Beschaffung einer Betriebswassermenge von 4 cbm/sek  $60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 90 \cdot 3 =$  rund 23,3 Mill. cbm Zuschußwasser erforderlich sind. Zur Beschaffung

dieses Zuschußwassers sind 3 in dem Niederschlagsgebiet liegende Seen von 5,6, 0,5 und 3,6 qkm Größe zu Speicherbecken ausgebildet worden, und zwar sowohl durch Aufstau als auch durch Absenkung des gewöhnlichen Wasserspiegels. Die Aufspeicherungshöhen betragen 1,65 m, 3 m und 5 m, so daß sich der Speicherraum auf 28 Mill. cbm berechnet.

Da im allgemeinen zweimal im Jahre Hochwasser eintritt, und zwar im Dezember sowie Ende Juni, Anfang Juli, die Becken

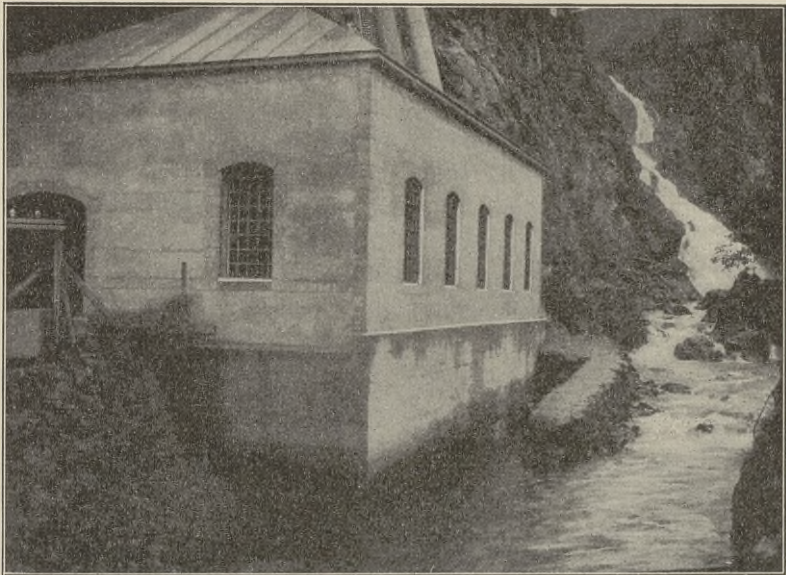


Abb. 85. Skjenaldfos mit dem Krafthaus.

daher wenigstens teilweise zweimal gefüllt werden können, so ergibt sich, daß der zur Verfügung stehende Speicherraum für die Abgabe einer noch höheren sekundlichen Wassermenge als 4 cbm/sek genügen würde.

Der Wasserfall verteilt sich auf eine Länge von rund 250 m (Abb. 85). Überall ist Fels vorhanden, wodurch der Ausbau der Anlage sehr begünstigt wurde.

Die Staumauer hat eine Gesamtlänge von 36 m und eine Höhe von 7 m. Die Wasserhaltung während des Baues verursachte keine besonderen Schwierigkeiten; wie aus Abb. 86 u. 87 ersichtlich ist, wurde an der tiefsten Stelle des Bachbettes die Sohle noch etwas

ausgesprengt und sodann ein Grundablaß von 2 m Breite und 3 m Höhe eingebaut, der sich für die Abführung des zuströmenden Wassers als völlig ausreichend erwies. Der Verschluß erfolgte

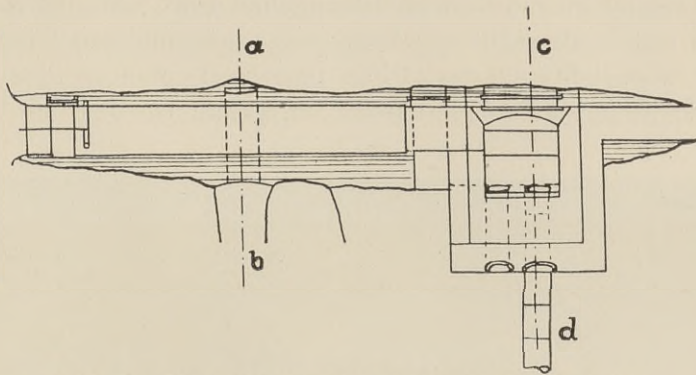


Abb. 86. Grundriß der Staumauer. Maßstab 1:400.

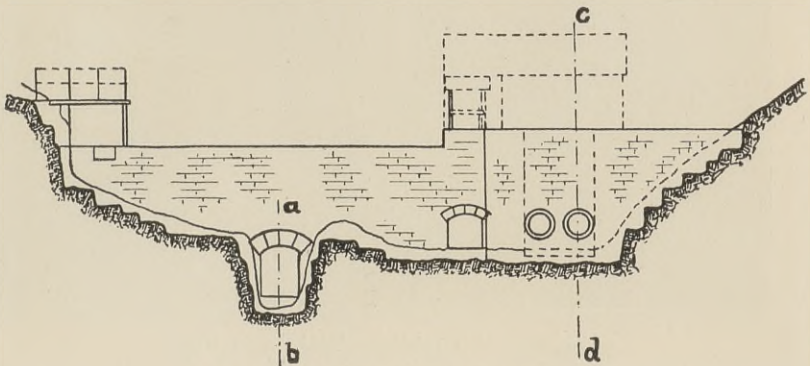


Abb. 87. Ansicht der Staumauer.

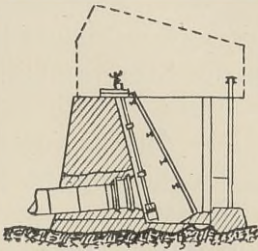


Abb. 88. Schnitt a—b.

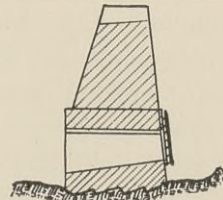


Abb. 89. Schnitt c—d.

späterhin durch das Einsetzen einer einfachen, starken, hölzernen Schütztafel, die abgedichtet wurde, während der Abflußkanal selbst offen blieb (Abb. 89). Diese einfache Methode, die gleichzeitig die

Möglichkeit bietet, späterhin den Wasserstand oberhalb der Staumauer, falls erforderlich, bis zur Sohle abzusenken, ist bei kleineren Anlagen in Norwegen vielfach in Gebrauch. Auch die Staumauer beim Vrangfos im Eidsfluß im Skiengebiet (vgl. Abb. 12) ruht zum Teil auf einem überwölbten, keilförmig ausgebildeten Grundablaß, der mit Rücksicht auf die Größe und die Bedeutung des ganzen Bauwerks später jedoch mit Beton ausgefüllt worden ist.

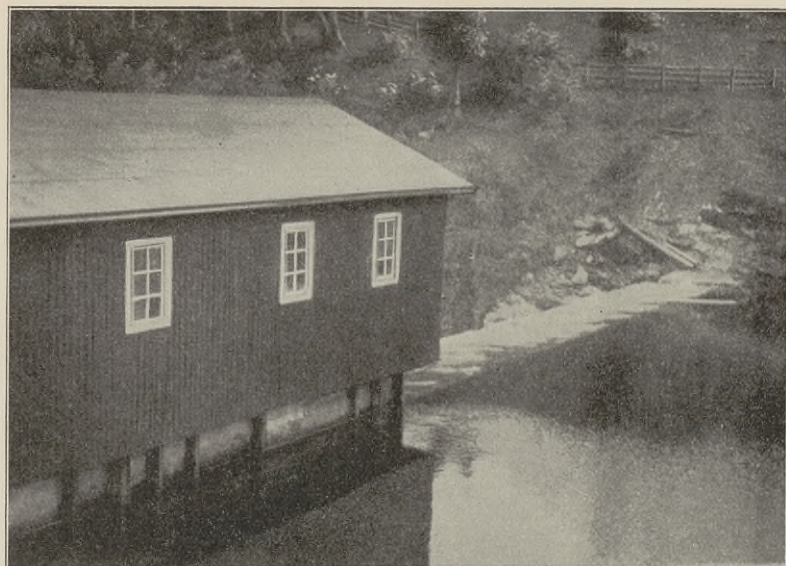


Abb. 90. Skjenaldfos. Wehr von oben.

Für die Abführung des Hochwassers dient ein einfaches Überfallwehr von 20 m Länge, dessen Rücken 1 m unter der Krone der Staumauer liegt. Linksseitig ist in die Staumauer die Druckkammer eingebaut, die durch Schützen gegen das Oberwasser abgeschlossen werden kann (Abb. 90). Die Anordnung des Feinrechs und der Verschlußvorrichtung für die beiden Rohre ist aus Abb. 88 ersichtlich. Beabsichtigt wird, die 7,8 m breite Druckkammer durch eine Zwischenwand zu teilen, um ohne Unterbrechung des Betriebes etwa erforderliche Reparaturen an den Rohreinlässen ausführen zu können. Zur leichteren Regulierung des Oberwasserstandes dient eine kleine Freischleuse.

Die Rohre haben einen Durchmesser von 1300 mm und sind rund 240 m lang. Die Wandstärke beträgt am Anfang 5 mm und



verstärkt sich auf 10 mm. Für die Ausgleichung der Ausdehnung dienen je zwei Muffen.

Etwa 50 m unterhalb der Stelle, an welcher die Staumauer erbaut worden ist, spaltete sich der Lauf und bildete zwei, durch eine hohe Felsrippe getrennte Schluchten. Bei Mittel und Niedrigwasser floß das gesamte Wasser in der linken Schlucht zu Tal, während der rechtsseitige Arm trocken blieb. Dieser Umstand ist

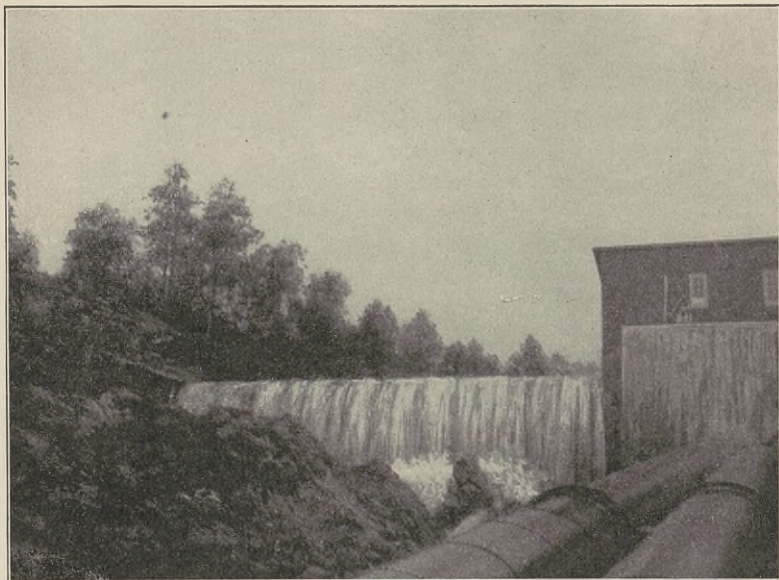


Abb. 91. Skjenaldfos. Wehr von unten.

in geschickter Weise ausgenutzt worden. An der Abzweigungsstelle wurde eine starke Schützmauer errichtet, der rechte Arm hierdurch gegen Hochwasser vollständig abgesperrt, und auf der Sohle der rechtsseitigen Schlucht bei ihrer Verringerung mit dem linksseitigen Lauf das Turbinenhaus erbaut.

Die Zuleitungsrohre, von denen eins im Jahre 1906 und das zweite im Jahre 1908 eingebaut worden ist, liegen zuerst auf dem linken Ufer, kreuzen den Flußlauf in einem stumpfen Winkel und werden sodann auf der mittleren Felsrippe zum Turbinenhaus hinabgeführt. Abb. 91 zeigt die Lage der beiden Rohre unterhalb der Staumauer, Abb. 92 das zuerst verlegte Rohr. Der Schub an der Knickstelle wird durch einen kräftigen, in Zement gemauerten Pfeiler aufgenommen.

Das Turbinenhaus hat eine Grundfläche von rund 20 zu 12 m. Im Jahre 1906 wurde nur eine Turbine von 400 PS<sub>e</sub> aufgestellt (Abb. 93). Nach Verlegung des zweiten Rohres erfolgte im Jahre 1908 der

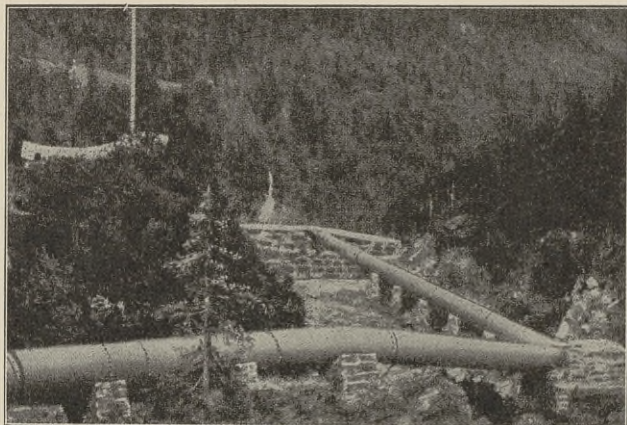


Abb. 92. Skjenaldfos. Rohrleitung.

Einbau von noch 4 Turbinen von je 670 PS<sub>e</sub>, so daß im ganzen 3080 PS<sub>e</sub> erzeugt werden können, was allerdings nur zu Zeiten reichlichen Wasserzuflusses durchführbar sein wird. Bei sämtlichen

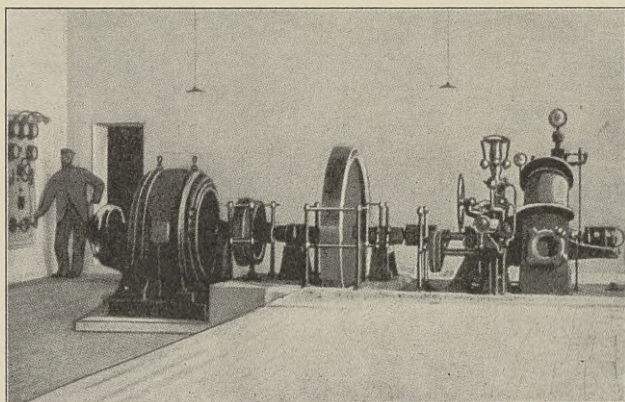


Abb. 93. Skjenaldfos. Turbine von 400 PS<sub>e</sub>.

Turbinen beträgt die Tourenzahl 750. Erbaut sind dieselben ebenso wie die Rohrleitungen von der Firma Kvaerner Brug in Kristiania. Die Generatoren sind von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft in Kristiania geliefert.

Die Stromleitung hat im ganzen eine Länge von rund 33 km. Von der gewonnenen Energie werden 0 bis 600 PS<sub>e</sub> für den Betrieb der elektrischen Bahn, etwa 160 PS<sub>e</sub> für die Holzbearbeitungsfabrik und für den Betrieb von Gruben zurzeit etwa 600 PS<sub>e</sub> verwendet. Der Rest wird voraussichtlich von Gruben, deren Ausbau demnächst beendet sein wird, übernommen werden. Immerhin ist demnach zurzeit ein nicht unbedeutender Überschuß an Kraft über den Bedarf hinaus vorhanden.

---

## Wasserkraftanlagen am oberen und unteren Lerfos bei Drontheim.

Bei der Stadt Drontheim mündet der Nidfluß mit einem Niederschlagsgebiet von 3200 qkm Größe in den Drontheimsfjord (vgl. Abb. 84). Über die mittlere Niederschlagshöhe des Gebietes, von welchem ein großer Teil in 400 bis 600 m Höhe und auch ein bedeutender Teil im Hochgebirge liegt, lassen sich genaue Zahlen nicht angeben, doch ist die Annahme von 1000 mm unter allen Umständen eine sehr niedrige. Nach Abzug einer Verdunstungs- und Versickerungshöhe von 250 mm würde sich der nutzbare Jahresniederschlag auf 2400 Mill. cbm oder 76 cbm/sek berechnen. In dem Niederschlagsgebiet sind zwar eine ganze Reihe kleinerer Seen vorhanden, doch kommt für den Ausbau als Speicherbecken in Hauptsache nur der 58,8 qkm große Selbu-See in Frage, dessen Wasserspiegel im Mittel auf +160,8 m liegt.

Für diesen See sind bereits Pläne mit einer Regulierungshöhe von 2,8 m aufgestellt und liegen dieselben der zuständigen Behörde zur Genehmigung vor. Der zu gewinnende Speicherraum hat einen Inhalt von 165 Mill. cbm und reicht somit für die Abgabe von 18 cbm/sek Zuschußwasser während der Dauer von etwa  $3\frac{1}{2}$  Monaten aus. Das bisherige Kleinstwasser geht zwar in besonders trockenen Jahren bis auf 7 cbm/sek oder 2,2 l/qkm/sek herunter, doch kann einer Berechnung des Bedarfes an Zuschußwasser mit genügender Sicherheit ein durchschnittlicher Abfluß von 12 cbm/sek während der Niedrigwasserzeit, die mit  $3\frac{1}{2}$  Monaten reichlich angenommen ist, zugrunde gelegt werden.

Unter dieser Voraussetzung genügt das Becken des Selbu-Sees zu einer derartigen Regulierung des Wasserabflusses, daß stets eine Mindestwassermenge von 30 cbm/sek vorhanden ist.

Das größte Hochwasser wird auf 650—700 cbm/sek gleich 200—220 l/qkm/sek geschätzt; gemessen sind im Frühjahr 1908

— 550 cbm/sek. Noch im Juli desselben Jahres wurde die sekundliche Abflußmenge auf etwa 180 cbm/sek geschätzt.

In dem Nidfluß, und zwar besonders im Unterlauf sind eine ganze Anzahl verschiedener natürlicher Staustufen vorhanden; die bedeutendsten derselben sind in nachstehender Tabelle angegeben, in der gleichzeitig in einer besonderen Spalte die Zahl der zu gewinnenden PS<sub>e</sub> unter der Annahme einer sekundlichen zur Verfügung stehenden Wassermenge von 30 cbm aufgeführt ist.

Name	Lage oberhalb der Mündung km	Fallhöhe m	Zahl der PS <sub>e</sub> bei 30 cbm Abfluß	Ausnutzung
Hyttefos . . .	26	52	15 600	Nur in unbedeutendem Umfange für kleinere Betriebe ausgenutzt.
Fjaeremsfos . .	18	19	5 700	Nicht ausgenutzt.
Nordsetfos . .	17	9	2 700	Unbedeutende Mühle.
Ovre Lerfos . .	8	32	9 600	Elektrizitätswerk.
Nedre Lerfos .	6	28	8 400	Wie vor im Bau.
	—	140	42 000	

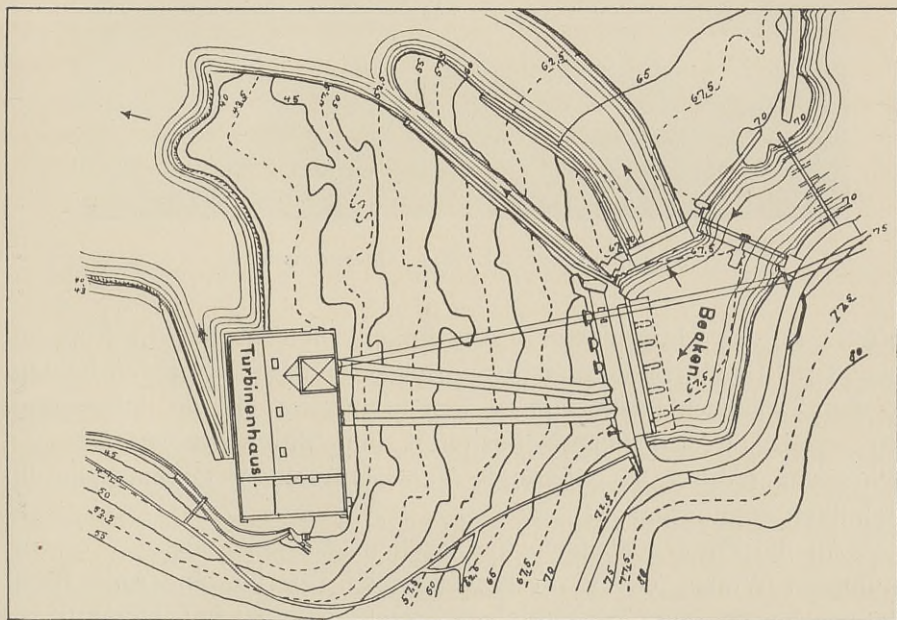


Abb. 94. Oberer Lerfos. Lageplan. Maßstab 1:1500.

Den Errungenschaften der Neuzeit entsprechend ausgebaut ist von diesen Wasserfällen nur der obere Lerfos; in Angriff genommen ist der Ausbau des unteren Lerfos. Beide Wasserfälle befinden sich im Besitz der Stadt Drontheim.

Die Lage der einzelnen am oberen Lerfos ausgeführten Bauten ist aus dem Lageplan Abb. 94 und der Gesamtansicht Abb. 95 ersichtlich. Der vorhandene breite, aus natürlichem Fels bestehende Absturz ist beibehalten. Rechtsseitig vermittelt eine allerdings mit viel zu steilem Gefälle angelegte Floßrinne den Transport des Floß-

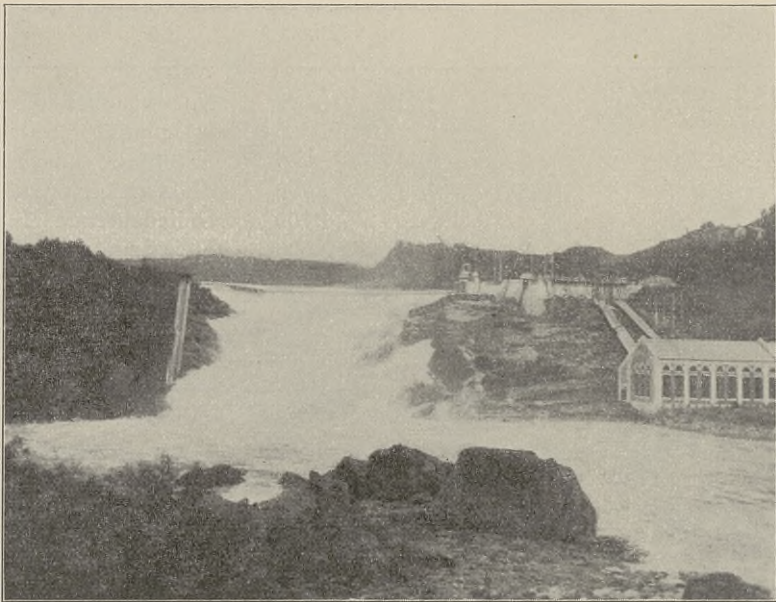


Abb. 95. Oberer Lerfos. Gesamtansicht.

holzes in das Unterwasser. Am linken Ufer ist das in Abb. 96 bis 98 im Grundriß dargestellte Vorbecken erbaut. Von den beiden großen Einlaßschleusen von je 7 m Lichtweite ist die linksseitige für spätere Erweiterungen bestimmt und durch Bohlen festverschlossen (Abb. 99), während die rechtsseitige Öffnung durch Schützen regulierbar ist.

An die Einlaßschleusen des Beckens schließt sich in einem stumpfen Winkel ein 12 m langer freier Überfall an (Abb. 100), dessen Krone ohne ersichtlichen Zweck etwa 30 cm höher liegt, als derjenige Oberwasserstand, der ständig gehalten werden soll.

Durch die an beiden Seiten des Überfalls angeordneten je 1,5 m breiten Spülschleusen, von denen die eine oberhalb der Einlaßschleuse liegt, ist stets eine kräftige Spülung zur Entfernung des durch die Strömung mitgerissenen Kieses möglich.

Am unteren Ende des Beckens (Abb. 101) liegen 6 Druckkammern mit je einem in die Abschlußmauer einbetonierten Rohrstützen. An den zweiten und dritten Stützen, von links nach rechts gezählt, schließen sich die vorläufig ausgebauten 2 Rohre von rund

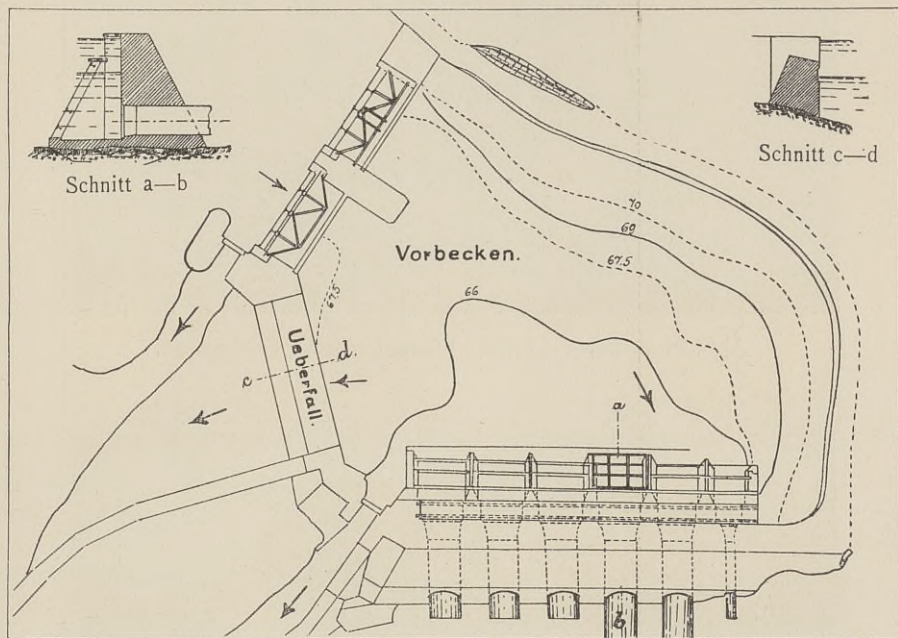


Abb. 96—98. Oberer Lerfos. Grundriß des Vorbeckens. Maßstab 1 : 600.

100 m Länge und 2,3 m Durchmesser an, die nachträglich zum besseren Schutz gegen die Witterungseinflüsse mit leichten hölzernen Überbauten versehen worden sind (Abb. 102). Diese Überbauten haben sich namentlich zur Verhütung der Eisbildung als notwendig erwiesen, da sich in einem Winter mit besonders starken Temperaturschwankungen im Rohrrinnern, wie bei einer Revision festgestellt wurde, ein richtiger Eisring von über 20 cm Stärke gebildet hatte. Wenig nachteilig zeigten sich im allgemeinen die großen, den Strom herabschwimmenden Eisschollen, da dieselben in Hauptsache von der Strömung dem Felsabsturz zugeführt wurden, oder,

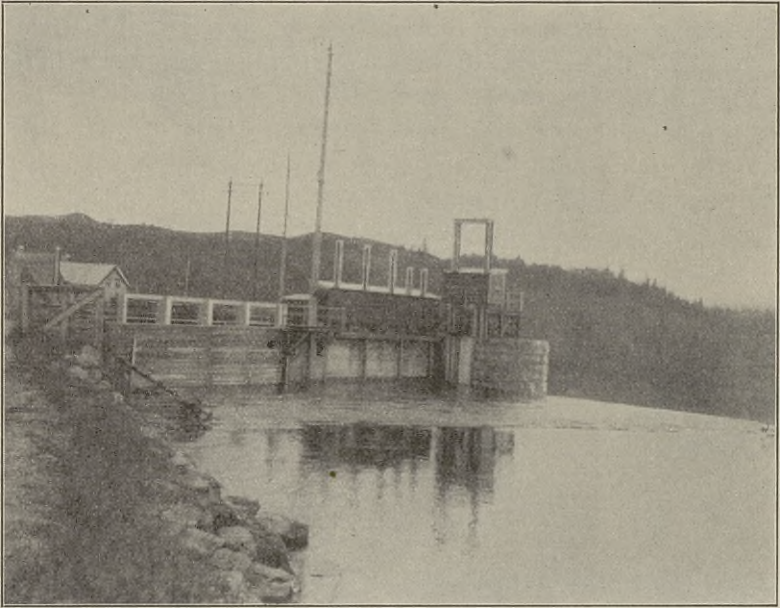


Abb. 99. Oberer Lerfos. Einlauf in das Vorbecken.

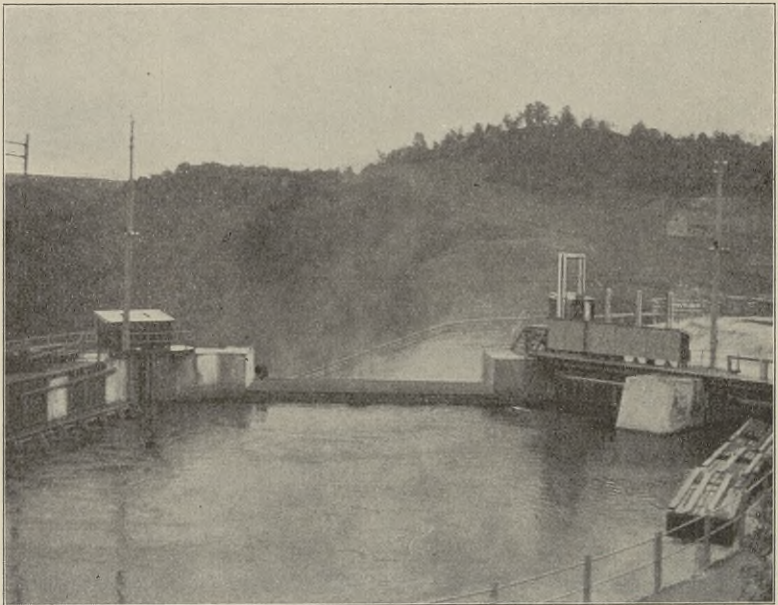


Abb. 100. Oberer Lerfos. Überfall im Vorbecken.



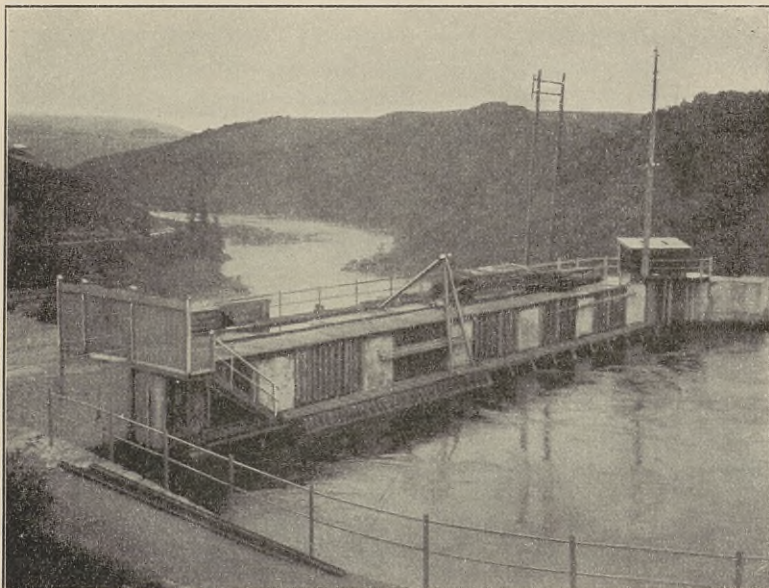


Abb. 101. Oberer Lerfos. Schützen der Druckkammern.

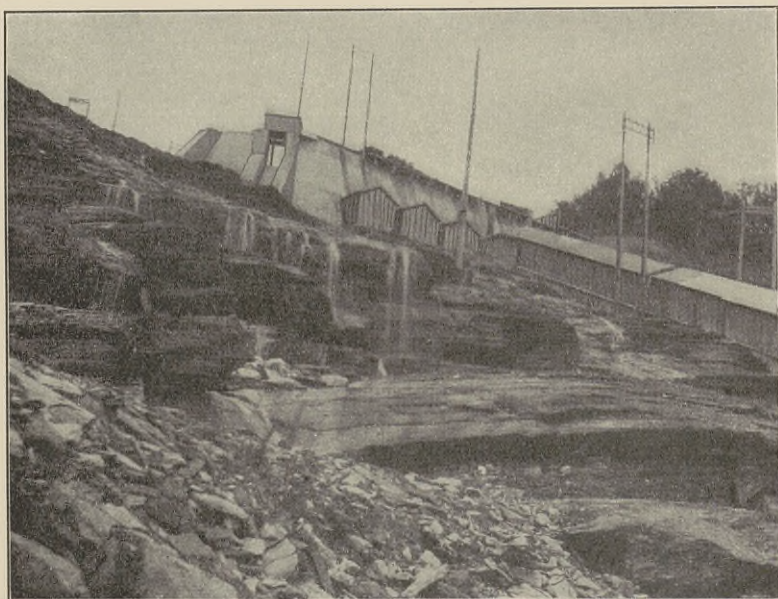


Abb. 102. Oberer Lerfos. Vorbecken und Rohrleitung von der Seite gesehen.

soweit sie überhaupt in das Ausgleichsbassin gelangten, über das Freiwehr abschwammen. Viel nachteiliger erwies sich das in dem Becken und im besonderen sich an dem Rechen bildende, sog. Nadeleis, durch welches die Rechen im Frühjahr 1908 so verstopft wurden, daß zur Aufrechterhaltung des Betriebes eine Herausnahme derselben notwendig war. In welcher Weise sich dieses Nadeleis in solcher Schnelligkeit und in solchem Umfange bildet, ist noch nicht völlig klargestellt. Genaue Beobachtungen haben aber ergeben, daß es sich nicht auf dem Grunde des Stromes bildet und in das Becken von der Strömung hineingetrieben wird, da es in diesem Falle kleine eingefrorene Kiesel mitführen würde. Bei der Wasserkraftanlage Hafslund am Glommen ist, wie bei der Beschreibung dieser Anlage des näheren erörtert, diese Nadeleisbildung in solchem

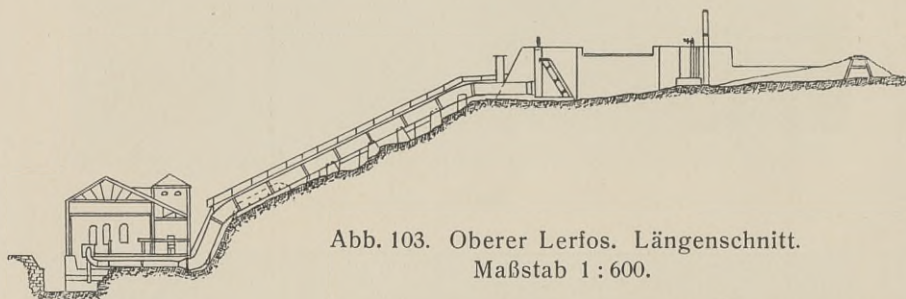


Abb. 103. Oberer Lerfos. Längenschnitt.  
Maßstab 1:600.

Umfang eingetreten, daß besondere große, eiserne, durch Winden getriebene Harken, deren Zähne zwischen den Stäben der Rechen auf und niederglitten, angebracht werden mußten.

Von großem Interesse ist ferner der Umstand, daß bei der Kraftanlage am Lerfos die Entfernung der Rechen keine nachteilige Einwirkung auf die Turbinen gehabt hat, daß das Nadeleis vielmehr glatt durch dieselben hindurchgegangen ist.

Über die Zuführung des Wassers zu den Turbinen gibt der Längenschnitt Abb. 103 Auskunft, und erübrigt sich eine weitere Beschreibung. Erwähnt sei noch, daß die auf den Rohren dicht unterhalb des Ausgleichbeckens angebrachten, senkrechten Stützen nur den Zweck haben, die Ausführung von Wassermengenmessungen zu ermöglichen.

Das Turbinenhaus hat eine Grundfläche von  $14 \cdot 34 = 476$  qm. Aufgestellt sind 3 Turbinen von 1250 PS<sub>e</sub> und im Jahre 1907 eine Turbine von 2700 PS<sub>e</sub>, sämtlich von der Firma Kvärner Brug in Kristiania geliefert (Abb. 104). Die Regulierung erfolgt automatisch

und hat sich gut bewährt. Die zwei ersten Generatoren sind von der Firma Schuckert geliefert; die beiden neuesten stammen aus der Fabrik von Brown Boveri & Co. und aus der Fabrik Oerlikon.

Bei vollem Betriebe stehen zurzeit im ganzen rund 6500 PS<sub>e</sub> zur Verfügung, doch ist dies nur in den Monaten reichlichen Wasserzuflusses der Fall, da bisher Seeregulierungen zur Hebung des Abflusses während der Niedrigwasserzeiten noch nicht aus-

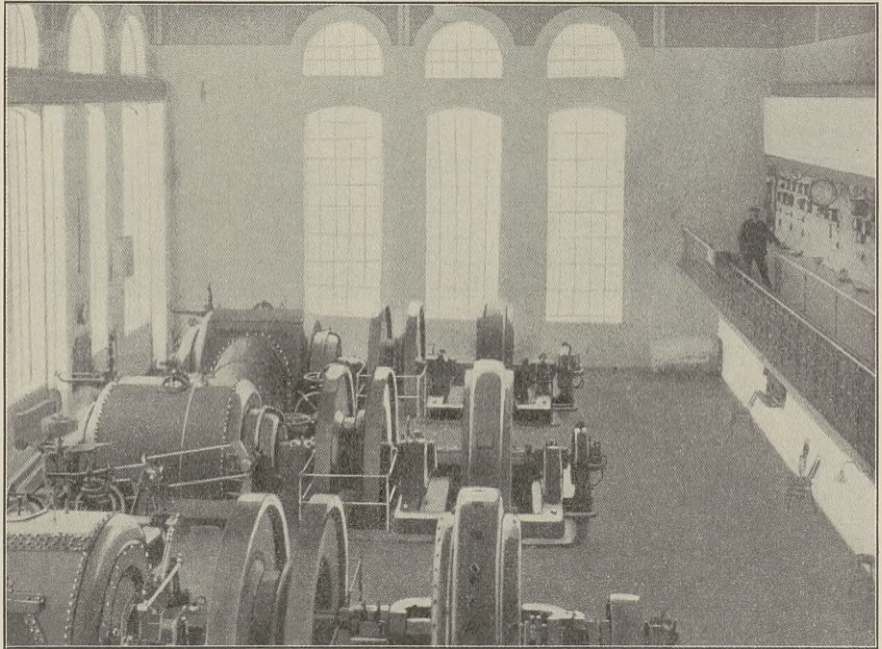


Abb. 104. Oberer Lerfos. Turbinensaal.

geführt worden sind, und daher eine Verringerung der Kraftmenge bis auf  $7 \cdot 32 \cdot 10 = 2340$  PS<sub>e</sub>, wenn auch für kurze Zeit, nicht ausgeschlossen ist.

Die Verwendung der gewonnenen Energie erfolgt in erster Linie für den Betrieb der elektrischen Straßenbahn in Drontheim, sowie für Beleuchtungszwecke und für den Antrieb kleiner Motoren. Alle über diesen Bedarf hinaus gewonnene Kraft ist an eine in Drontheim erbaute Karbidfabrik verpachtet, die auch den größten Teil der durch den bereits in Angriff genommenen Ausbau des Unteren Lerfos zu gewinnenden Energie übernehmen will.



Abb. 105. Unterer Lerfos. Ansicht des Falles und des Bauplatzes für das Turbinenhaus.

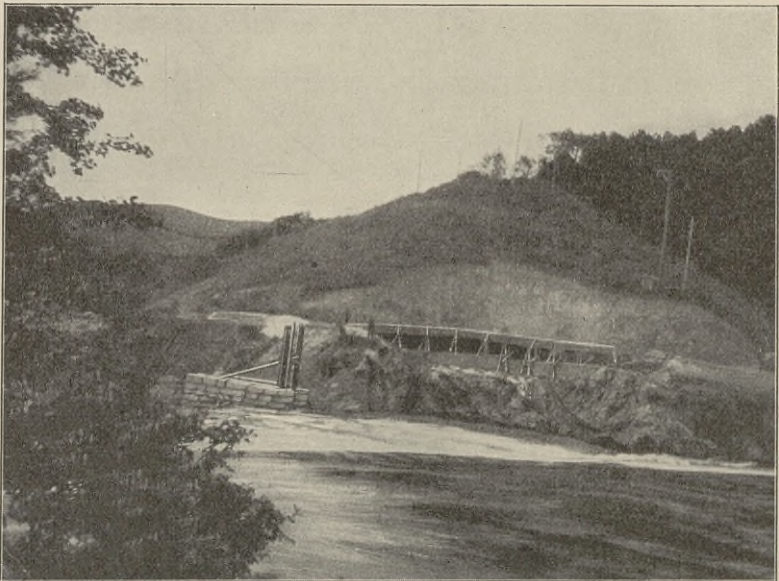


Abb. 106. Unterer Lerfos. Zukünftiger Tunneleinlauf.

Bei dem unteren Lerfos (Abb. 105) ist das vorhandene Gefälle von 28 m wie bei dem oberen auf einer sehr kurzen Strecke vereint, und ist der Ausbau in ähnlicher Weise, jedoch der Örtlichkeit entsprechend auf dem rechten Ufer geplant. Der vorhandene feste Felsriegel wird durch Quadermauerwerk ausgeglichen und zu einem festen Wehr ausgebaut, dessen Krone, um bei Hochwasserzeiten genügend Raum für den Wasserabfluß zu schaffen, ein Schützenwehr erhält.

Von der Verwendung des in Norwegen sonst vielfach gebräuchlichen Nadelwehres mit festen eisernen Böcken soll mit Rücksicht auf die bei Eisbildung schwierige Handhabung Abstand genommen werden. Die für die Einlaßschleuse, für die als Verschuß ein Drehschütz mit senkrechter Achse in Aussicht genommen ist, erforderlichen Aussprengungen sind in Hauptsache fertiggestellt (Abb. 106). Ob die Zuleitung zu dem projektierten Vorbecken durch einen Tunnel oder einen offenen Kanal erfolgt, ist von der Beschaffenheit des Felsens abhängig und zurzeit noch unbestimmt. Die Erdarbeiten für das Vorbecken sowie für die Kraftstation und die Rohrleitungen sind zum großen Teil bereits ausgeführt (Abb. 105). Die Fertigstellung der ganzen Anlage mit einer Gesamtleistung von 8400 PS<sub>e</sub> ist im Jahre 1909 zu erwarten.

Die Bauausführung erfolgt unter der Oberleitung des Direktors des Drontheimer Elektrizitätswerkes, Ingenieurs Garstad, in dessen Händen auch die Aufstellung der Projekte lag.

Bemerkt sei noch, daß auch der Hyttefos zur Hälfte der Stadt Drontheim gehört und voraussichtlich auch demnächst ausgebaut werden wird.

---

## Wasserkraftanlage am Turifos bei Meraker.

Etwa 27 km östlich von der Stadt Drontheim mündet der Stjoerdalsfluß mit einem Niederschlagsgebiet von 2114 qkm in den Drontheimsfjord (Abb. 107).

Die Hauptquellflüsse sind der in Schweden entspringende Tevlafluß mit einem Gebiet von 150 qkm und der von Norden kommende Kobberfluß (Kupferfluß), der den Hal-See und den See „Fjergen“ durchströmt und ein Einzugsgebiet von 195 qkm hat.

Unterhalb der Vereinigung des Tevla- und des Kobberflusses führt der Wasserlauf den Namen Stoerdalsfluß. Durch von Süden her kommende Zuflüsse vergrößert sich sein Einzugsgebiet bedeutend und erreicht etwa 58 km oberhalb seiner Mündung bei zwei in der Nähe der Station Meraker der Eisenbahn Drontheim-Stockholm liegenden Wasserfällen, dem Turifos und dem Nustadfos, eine Größe von 650 qkm. Sämtliche Nebenflüsse sind zum größten Teil, der Hauptfluß in seiner ganzen Länge bis zum Drontheimsfjord flößbar. Der Talgrund in dem Haupttal liegt 70—100 m, in den Seitentälern 130—140 m über dem Meer. Sodann folgen „Fjeld“ (Fels)-Flächen in einer Höhenlage von 400—600 m, an die sich bedeutende Hochgebirgsflächen anschließen. Die Waldgrenze liegt 400—500 m über dem Meeresspiegel.

Die durchschnittliche jährliche Niederschlagshöhe beträgt nach den bei der Station Meraker (+ 218) ausgeführten Messungen 918 mm. Mit Rücksicht auf die Hochgebirgsflächen und die im allgemeinen höhere Lage des Gebietes ist es jedoch zulässig, der Berechnung des Gesamtniederschlages eine höhere Zahl zugrunde zu legen. Nimmt man zur Sicherheit nur eine Höhe von 1000 mm an und bringt für Verdunstung und Versickerung 200 mm in Abzug, so ergibt sich für das 650 qkm große Gebiet bei dem Turifos und dem Nustadfos ein Jahresabfluß von 520 Mill. cbm oder von 16,5 cbm/sek.

Der Abfluß bei Niedrigwasser ohne Berücksichtigung etwaiger Seeregulierungen kann auf 4 l/sek/qkm oder für den Tevflaß auf 0,5 cbm/sek, den Kobberfluß auf 0,8 cbm/sek und den Stjoerdalsfluß am Nustadfos auf 2,6 cbm/sek geschätzt werden.

Reguliert sind, abgesehen von einigen kleineren Seen:

	Fläche qkm	Regu- lierungs- höhe m	Inhalt des Speicher- beckens Mill. cbm
Im Gebiet des Tevflusses: der Skurdals-See . . . . .	2,60	4,00	10,4
Im Gebiet des Kobberflusses: der Hal-See . . . . .	3,25	3,75	12,2
der Fjergen . . . . .	10,75	4,00	43,0
Im ganzen:			65,6

Die Dauer der Niedrigwasserzeit beträgt höchstens 4 Monate. Der beschaffte Speicherraum reicht somit aus, um den ständigen

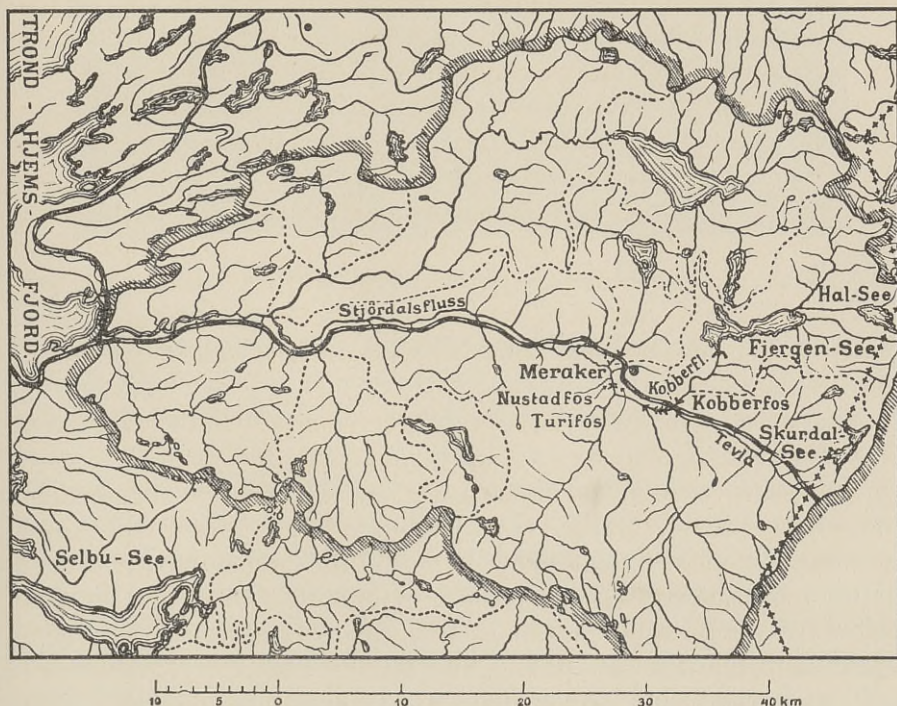


Abb. 107. Gebiet des Stjoerdalsflusses. Maßstab 1 : 625000.

Abfluß im Kobberfluß auf 6 cbm/sek und im Stjoerdalsfluß beim Nustadfos auf 9 cbm/sek zu erhöhen.

Die hauptsächlichsten Wasserfälle sind der obere und der untere Kobberfos, sowie der Turifos und der Nustadfos. Die Fallhöhe des oberen Kobberfos konnte nicht ermittelt werden. Die drei anderen Wasserfälle haben Höhen von 81 m, 61 m und 19,5 m. Die bei denselben gewinnbare Energiemenge berechnet sich dem-

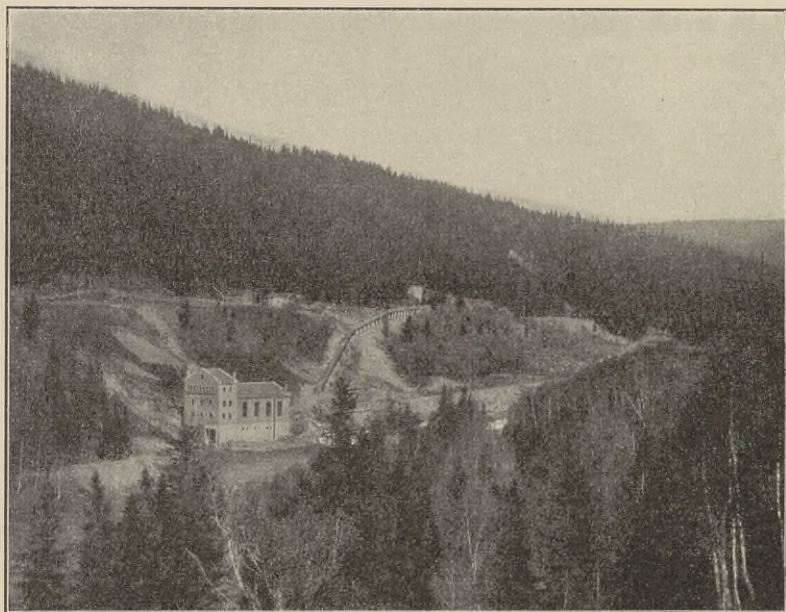


Abb. 108. Turifos. Gesamtansicht.

entsprechend auf 4860, 5490 und 1755 PS<sub>e</sub>, im ganzen also auf rund 12 100 PS<sub>e</sub>.

Ausgenutzt wurden bisher der niedere Kobberfos und der Nustadfos.

Bei dem niederen Kobberfos, dessen Fall sich auf eine Strecke von 500 m verteilt, erfolgt die Zuleitung des Betriebswassers von dem am oberen Ende des Falles in den Fluß eingebauten Staudamm zu dem Krafthaus durch eine 460 m lange Rohrleitung. In dem letzteren sind 2 Turbinen von je 1500 PS<sub>e</sub> aufgestellt, die mit den Dynamos direkt gekuppelt und von der Firma Escher Wyß & Co. geliefert worden sind. Ausgeführt wurde die Anlage im Jahre 1901. Die gewonnene Kraft dient zum Betrieb einer Karbidfabrik.



Der Ausbau des Nustadfalles erfolgte schon in den Jahren 1886 bis 1889 für den Betrieb einer Holzschleiferei, die in erweitertem Umfange auch heute noch besteht. Das Stauwehr ist als einfaches massives Überfallwehr ausgebildet. Das Betriebswasser fließt durch einen 55 m langen, in festem Fels ausgesprengten Tunnel einem Wasserschloß zu, von dem aus eine 50 m lange Rohrleitung von 3 m Durchmesser zu dem Kraflhaus führt. In letzterem sind 7 Turbinen mit einer Gesamtleistung von 1400 PS<sub>e</sub> aufgestellt.

In neuester Zeit, und zwar in den Jahren 1907/08 ist sodann der Turifos mit 61 m Fallhöhe für den Betrieb der in der Nähe

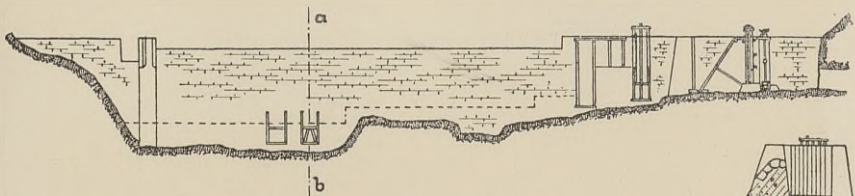


Abb. 110. Ansicht der Staumauer.

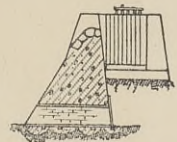


Abb. 111. Schnitt a-b

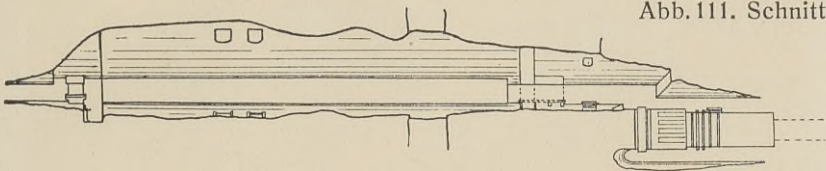


Abb. 109. Grundriß der Staumauer. Maßstab 1:500.

der Station Meraker liegenden bedeutenden Kupfer- und Schwefelkiesgruben ausgebaut worden.

Abb. 108 gibt einen Überblick über die Gesamtanlage. Am oberen Ende des Falles wird das Wasser des Stjoerdalsflusses durch eine massive Sperrmauer 10 m hoch bis auf + 190 m aufgestaut, durch einen 500 m langen Tunnel bis zu einem Vorbecken und von diesem aus durch ein 260 m langes Druckrohr dem Turbinenhaus zugeleitet.

Die Staumauer ist als Überfallwehr ausgebildet und besteht in ihrem Hauptkörper aus Beton, dessen Vorderfläche mit Goudron abgedichtet ist. Die Gesamtlänge beträgt 85 m, die größte Höhe 11 m, die Stärke in Höhe der aus Felsen bestehenden Fundamentsohle 9 m. Wie aus den Abb. 109 u. 110 ersichtlich, ist in die Mauer am linken Ufer eine durch ein Schütz verschließbare Öffnung

für die Floßrinne angebracht. Letztere hat zuerst einen rechtwinkligen und sodann einen trapezförmigen Querschnitt. Abb. 112 gibt einen guten Überblick über Gesamtanlage der Rinne.

Als Leitwerk für die Zuführung der einzelnen Holzstämme zu dem Schütz dienen hölzerne, an Dalben befestigte Schwimmkörper, die gleichzeitig eine Laufbrücke tragen.

An die Öffnung für die Floßrinne schließt sich das 43 m lange Überfallwehr an (Abb. 113), dessen Krone 1,5 m unter der

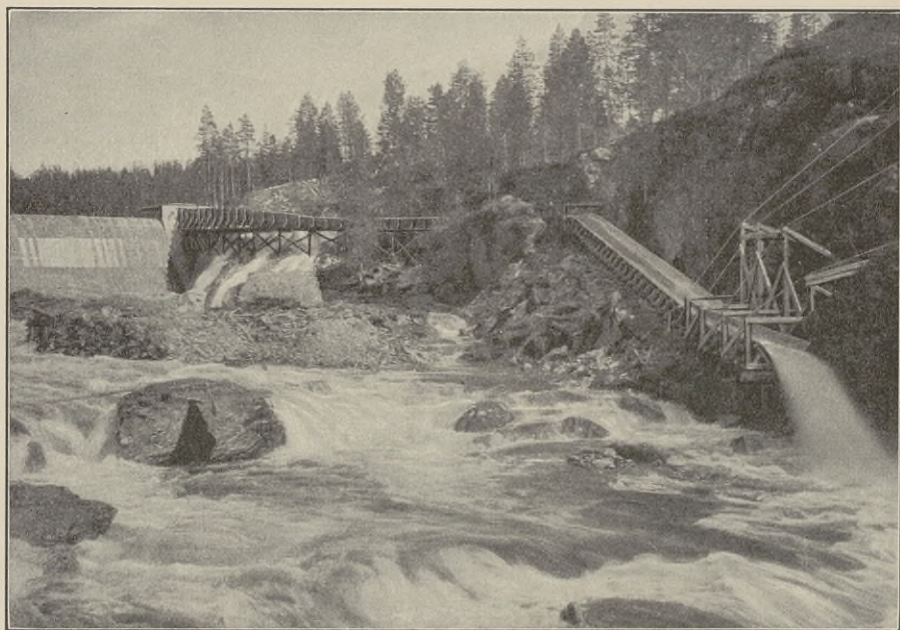


Abb. 112. Turifos. Floßrinne.

Oberkante der Staumauer liegt und mit großen Granitquadern abgedeckt ist. Etwa in der Mitte des Wehres sind an der tiefsten Stelle der aus Fels bestehenden Flußsohle 2 Grundablässe von je 2 m Breite und 2 m Höhe eingebaut. Dieselben dienen zur Abführung des Wassers während der Bauzeit und sind jetzt durch starke hölzerne Schütztafeln verschlossen. Eine Ausmauerung der Grundablässe ist, wie auch bei der Staumauer für den Skjenaldfos bei Thamshavn, nicht erfolgt, so daß späterhin durch Entfernung der Schütztafeln jederzeit eine Entleerung des ganzen Staubeckens erfolgen kann. Von Interesse dürfte der Umstand sein, daß die

Sohle der Grundablässe zur Verhütung des Abschleifens des Betons eine starke Holzdielung erhalten hat.

In dem sich an das Wehr rechtsseitig anschließenden Teil der Mauer befinden sich zwei Freischleusen von 1,5 m und 3,0 m Breite. Der Fachbaum der ersteren liegt 5,8 m unter der Wehrkrone, um den Einlauf in den Tunnel vollständig trockenlegen zu können, ohne die Schützen der Grundablässe, bei denen Windevorrichtungen nicht angebracht sind, öffnen zu müssen. Die Sohle der zweiten Öffnung liegt 1,5 m unter Wehrkrone. Neben diesen Freischleusen

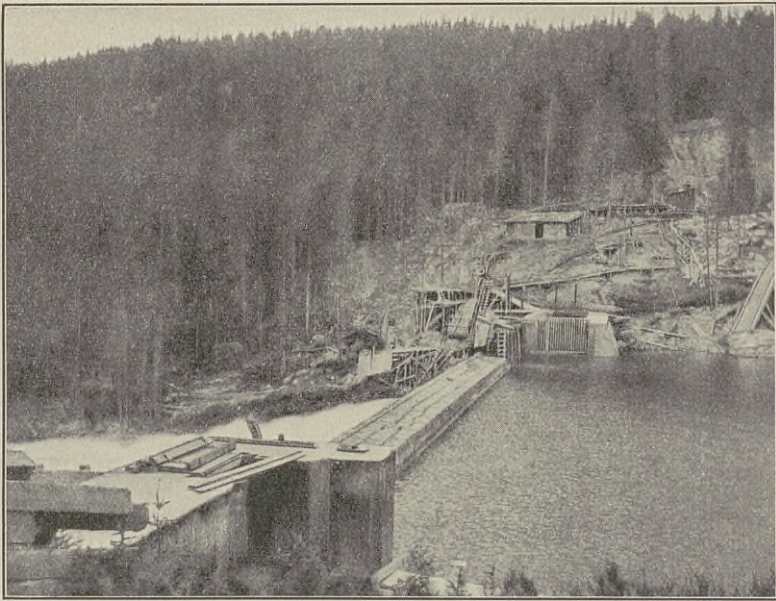


Abb. 113. Turifos. Ansicht der Staumauer von der Seite.

ist noch ein kleiner Grundablaß mit einem Querschnitt von 1 qm vorgesehen, dessen besonderer Zweck nicht ersichtlich ist.

Der Einlauf in den Tunnel liegt senkrecht zur Flußrichtung und kann durch zwei je 1,5 m breite Schützen abgeschlossen werden. Zur Abhaltung größerer Gegenstände dient ein oberhalb der Schützen angebrachter Grobrechen aus 8 cm starken Bohlen und 10 cm breiten Zwischenräumen. Zwischen den Schützen und dem Tunneleinlauf liegt ein Teil der Sohle tiefer, und kann durch eine Leerlauf- bzw. Kiesschleuse stets eine kräftige Spülung erzeugt werden.

Der 500 m lange Tunnel hat einen Querschnitt von rund 5 qm, so daß die bei der normalen Wasserführung von 5 cbm/sek sich bildende Geschwindigkeit 1 m nicht übersteigt. Bohrmaschinen sind nicht zur Verwendung gelangt. Die Ausführung erfolgte von 7 Angriffspunkten aus und wurde in 9 Monaten vollendet. Unter der Annahme von 25 Arbeitstagen im Monat berechnet sich somit der durchschnittliche tägliche Arbeitsfortschritt an jeder Angriffsstelle auf nur 0,32 m. Die Kosten haben alles in allem etwa 90 M. für 1 m Tunnel betragen. Das Gestein ist im übrigen nicht

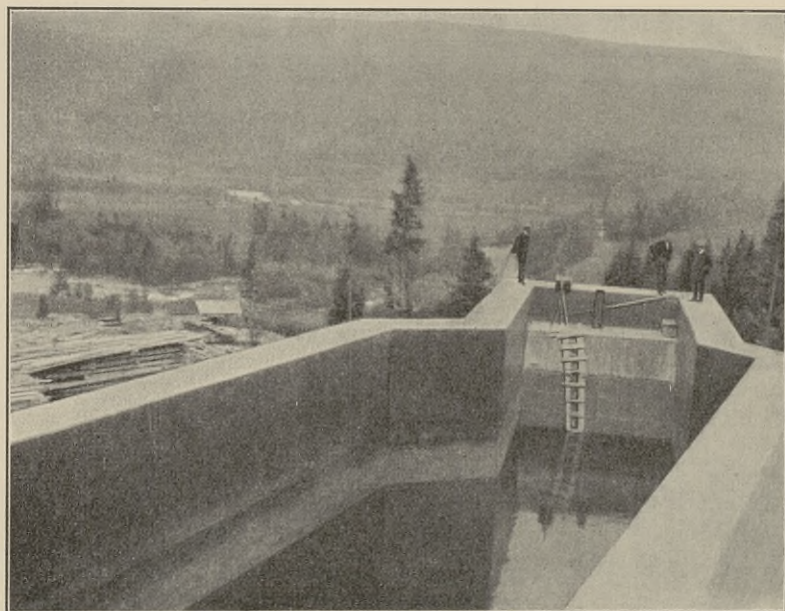


Abb. 114. Turifos. Vorbecken.

besonders gut und war teilweise stark wasserführend. Es ist deshalb zweifelhaft, ob nicht späterhin eine Ausmauerung notwendig sein wird.

An den Tunnel schließt sich ein verhältnismäßig großes Vorbecken an (Abb. 114), das aber wohl nur infolge der durch das schlechte Gestein notwendigen umfangreichen Aussprengungen solche Abmessungen erhalten hat. An seinem unteren Ende verengt sich das Vorbecken zur Druckkammer, vor der der Feinrechen liegt. Dicht unterhalb des Feinrechens ist in die Druckkammer ein Schütz eingebaut, um den Zufluß zu dem 260 m langen Druckrohr von 2,2 m Durchmesser nach Belieben regeln zu können.

In dem Kraffhaus liegt das Druckrohr unter dem Fußboden, und zweigen sich die Stützen für die Zuleitungen zu den Turbinen nach oben hin ab. Aufgestellt sind 3 Turbinen mit einer Höchstleistung von je 850 PS<sub>e</sub> und einer Tourenzahl von 500 (Abb. 115). Die Regulierung erfolgt automatisch, und kann jede Turbine durch eine Drosselklappe abgesperrt werden. Die Dynamos sind auf derselben Welle mit den Turbinen gekuppelt.

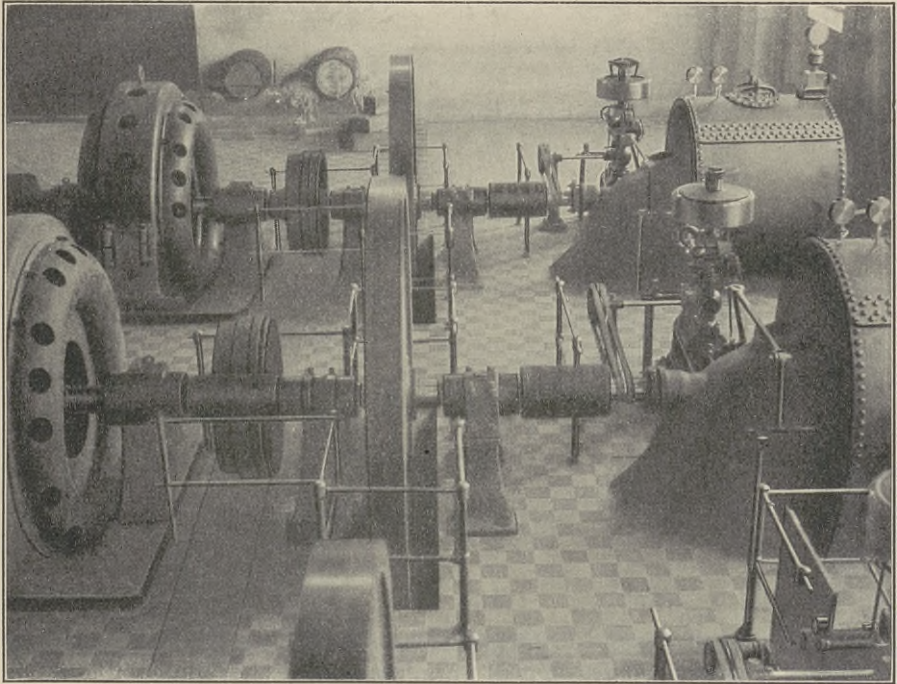


Abb. 115. Turifos. Turbinensaal.

Geliefert wurden die Turbinen und das Rohr von der Firma Kvaerner Brug in Kristiania, in deren Händen auch die ganze Oberleitung lag. Die Generatoren stammen aus der Fabrik Brown, Boveri & Co.

## Stand der Wasserkraftnutzung am Glommen.

Der Glommen ist mit einem Gebiet von 41723 qkm bei weitem der bedeutendste Fluß Norwegens. Der größte Nebenfluß ist der Vormen, dessen Gebiet 17030 qkm umfaßt, und der den größten See Norwegens, den Mjösen mit 362 qkm Fläche, durchströmt.

Unterhalb seiner Vereinigung mit dem Vormen durchfließt der Glommen den 87,4 qkm großen See Oejeren und mündet nach einem 520 km langen Laufe bei Frederikstad, 80 km südlich von Kristiania, in das Meer. (Abb. 116.)

Die Niederschlagsmengen sind im Gebiet des Glommen sehr verschieden. In den südlichen Teilen kann man im Durchschnitt eine Höhe von 700 mm annehmen; nach Norden zu nimmt die Regenhöhe ab und sinkt im Dovregebirge bis auf 360 mm. Die größten Niederschläge fallen stets im Juli, die geringsten im Februar und März.

Die mit Wald bedeckte Fläche hat eine Größe von 15000 qkm gleich 36 % des Niederschlagsgebietes.

Das Gesamtgefälle des Glommens beträgt bei einer Lauflänge von 520 km 692 m oder 1,33 m/km. In dem oberen Teil seines Laufes bis zur Vereinigung mit dem Vormen ist das durchschnittliche Gefälle von 1,45 m/km bei einer Flußlänge von 397 km nur wenig stärker. Unterhalb des 87,4 qkm großen Sees Oejeren ist das Gefälle dagegen bedeutender: Bis zum Vammafos 76 m auf 20 km oder 3,8 m/km und vom Vammafos bis zum Meer 23 m auf 47 km, von welcher Fallhöhe beim Sarpsfos 21 m vereinigt sind.

Größere natürliche Gefällsstufen sind in dem Oberlauf des Glommens und in den Gebieten seiner Nebenflüsse nur in beschränktem Maße vorhanden. Im Mittel- und namentlich im Unterlauf abwärts des Sees Oejeren finden sich dagegen eine ganze Reihe von Wasserfällen mit anschließenden Stromschnellen, so daß für

die Gewinnung von Kraft vornehmlich dieser Teil des Flusses in Frage kommt.



Abb. 116. Gebiet des unteren Glommen und des Tistedalsflusses.

Der erste bedeutendere Fall ist der Fundenfoss mit 11 m Höhe, 4 km oberhalb des Zusammenflusses des Glommen mit dem Vormen.

Bis zum See Oejeren folgen sodann der Raanafos mit 12 m und der Ringsfos mit 7 m Fallhöhe.

Über die unterhalb des Oejeren vorhandenen Fälle gibt die nachstehende, den Angaben des Kanaldirektors Saetren-Kristiania entnommene Zusammenstellung Auskunft. Zu berücksichtigen ist, daß die angegebenen Fallhöhen auch das Gefälle der sich an die Felsstufen anschließenden Stromschnellen umfassen.

Mörkfos . . . . .	10,5 m
Halfredfos . . . . .	9,5 „
Fossumfos . . . . .	7,3 „
Kykkelsrudfos . . . . .	19,0 „
Vrangfos . . . . .	22,0 „
Vammafos . . . . .	11,2 „
Sarpsfos . . . . .	21,0 „
	<hr/>
	94,8 = rd. 95 m.

Die Niedrigwassermenge kann unterhalb des Oejeren zu 120 cbm-  
sek = 2,9 l/sek-qkm angenommen werden. In wasserarmen Jahren  
sinkt die Wassermenge kurze Zeit bis unter 100 cbm/sek, und muß  
man während etwa 50 bis 60 Tagen auf eine Wasserführung unter  
120 cbm/sek rechnen, während die Zahl der Tage unter 150 cbm/sek  
= 3,6 l/sek-qkm 110 bis 120 beträgt.

Bei größerem Hochwasser fließen 3200 bis 3500 cbm/sek =  
rund 80 l/sek-qkm ab, doch sollen beim Sarpsfos in der Nähe der  
Mündung im Jahre 1860 bis 4000 cbm/sek = 96 l/sek-qkm gemessen  
worden sein.

Einen bedeutenden Einfluß auf die Abflußverhältnisse üben die  
vielen im Niederschlagsgebiet vorhandenen Seen aus. Nicht weniger  
als 91 von diesen Seen mit einer Gesamtfläche von 1202 qkm = 3,3 %  
des ganzen Gebietes sind über 1 qkm groß. Unter denselben be-  
findet sich der Gjuvsee in einer Höhenlage von 1915 m, der höchst-  
gelegenste See Europas.

Am wichtigsten ist der schon erwähnte Mjösen mit 362 qkm  
Fläche.

In dem 17070 qkm großen Gebiet des den Mjösen durchfließen-  
den Vormen liegen ausgedehnte Hochgebirge; das Gebiet des  
Glommens, das oberhalb der Vereinigung mit dem Vormen 19880 qkm  
umfaßt, hat dagegen einen mehr flachen Charakter. Die Schnee-  
schmelze tritt daher im Gebiet des Vormen an sich später ein als



im oberen Gebiet des Glommen. Dieser für die Regulierung der Abflußverhältnisse günstige Umstand wird erhöht durch die im Mjösen eintretende Aufspeicherung. So betrug im Jahre 1860 der Höhenunterschied zwischen dem gewöhnlichen Wasserstand und dem Hochwasserspiegel 8,7 m. Bei einer Größe des Sees von 362 qkm entspricht dies einer Aufspeicherung von mehr als 3150 Mill. cbm. Zur Hebung des Niedrigwasserstandes im Mjösen ist in den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts bei dem Sundfos, etwa 10 km unterhalb des Ausflusses des Vormens aus dem See, ein Staudamm in Steinkistenbau mit beweglichen Aufsätzen und einer Schiffsschleuse erbaut worden, durch den das Wasser um 2,3 m bis auf +121 m angespannt werden kann. Der wesentlichste Zweck dieser Anlage war die Herstellung einer genügenden Fahrtiefe in dem Vormen von Eidsvold, dem damaligen Endpunkt der Eisenbahn, aufwärts bis zum See. Durch den inzwischen erfolgten weiteren Ausbau des Eisenbahnnetzes ist jedoch das Interesse an der Aufrechterhaltung der Schifffahrt während der Wintermonate erheblich geringer geworden. Mit Rücksicht hierauf wurde schon seit einer Reihe von Jahren der Gedanke verfolgt, den Wasserstand im See im Winter wieder bis zu der früheren Höhe abzusenken und den durch das Stauwerk beim Sundfos geschaffenen Speicher-raum von rund 830 Mill. cbm Inhalt zur Erhöhung der Niedrigwassermengen auszunutzen. Genaue, auf Grund der bereits viele Jahre hindurch ausgeführten Beobachtungen der Wasserstände und Messungen der Wassermengen angestellte Berechnungen hatten ergeben, daß sich die Niedrigwassermenge von 120 cbm/sek auf 220 cbm/sek würde erhöhen lassen, falls noch ein weiterer Aufstau von 70 cm für zulässig erachtet werden sollte.

Zur Durchführung des Unternehmens bildete sich im Jahre 1903 eine Vereinigung der Wasserkraftbesitzer am Glommen unterhalb der Einmündung des Vormen. Dieser Vereinigung ist es gelungen, die erforderliche Konzession im Frühjahr 1908 zu erhalten, und sind die erforderlichen Arbeiten bereits in Angriff genommen.

Legt man einer überschläglichen Berechnung der auf der genannten Flußstrecke gewinnbaren Wasserkräfte eine Wassermenge von 220 cbm/sek zugrunde, so ergibt sich eine Energiemenge von  $220 (12 + 7 + 95) \cdot 10 =$  rund 250000 PS<sub>e</sub>. Ohne Berücksichtigung der vielen, aber kleinen Kraftquellen im oberen Gebiet des Glommens und seiner Nebenflüsse entfallen somit auf 1 qkm des ganzen Gebietes 0,006 PS<sub>e</sub>.

Hervorgehoben sei jedoch, daß die der obigen Berechnung zugrunde gelegte Abflußmenge von 220 cbm/sek, abgesehen von besonders wasserarmen Jahren, als Kleinstwassermenge angesehen werden muß, und es demnach wirtschaftlich gerechtfertigt sein wird, die Kraftanlagen für die Ausnutzung von 300 cbm/sek einzurichten.

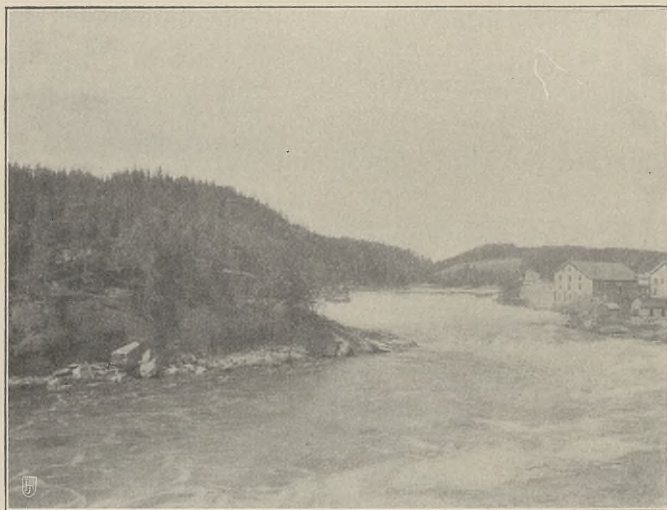


Abb. 117. Kykkelsrudfos. Ansicht des Falles.

Im einzelnen sei betreffs der erwähnten Wasserfälle noch folgendes bemerkt:

a) Fundenfos. Der im ganzen 10,7 m hohe Fall hat eine Länge von über 800 m. Linksseitig wird ein Teil der Wasserkraft für den Betrieb einer Holzschleiferei ausgenutzt.

b) Raanafos. Die Gesamtlänge des bisher noch nicht ausgebauten Falles beträgt über 4 km, doch ist der größte Teil der Fallhöhe von 12,0 m auf einer Strecke von etwa 1,5 km vereinigt.

c) Bingsfos. Die Fallhöhe von 7 m ist auf einer kurzen Strecke vereinigt. Bei höheren Wasserständen verringert sich diese Fallhöhe durch den Rückstau des Sees Oejeren. Ein Ausbau ist noch nicht erfolgt.

d) Mörkfos. Der Mörkfos liegt unmittelbar unterhalb des Ausflusses des Glommens aus den Oejeren. Auf der Felsstufe des Falles ist unter gleichzeitiger Erweiterung des Flußbettes in den Jahren 1857 bis 1869 ein Regulierungs-Stauwerk erbaut worden, um

bei Niedrigwasserzeiten den Wasserspiegel in Oejeren im Schifffahrts- und Flößereiinteresse anspannen zu können; die Erweiterung bezweckte eine Absenkung des Hochwasserstandes, die auch in einem gewissen Grade erreicht worden ist.

Die Fallhöhe beträgt einschließlich des Aufstaus im Oejeren 10,5 m. Der Fall gehört dem Staat und ist ein Ausbau zur Ge-

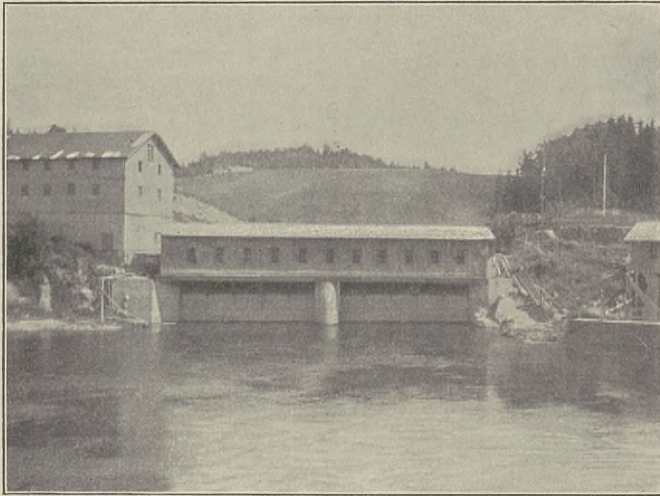


Abb. 118. Kykkelsrudfos. Einlaßschleuse.

winnung von Kraft zur Einrichtung des elektrischen Betriebes eines Teils der Eisenbahnen in Aussicht genommen.

e) Halfredfos. Ein Ausbau des im ganzen 9,5 m hohen, verhältnismäßig schmalen Falles ist noch nicht erfolgt.

f) Fossumfos. Der 7,3 m hohe Fall besteht aus mehreren Stromschnellen mit besonderen Namen und wird nicht ausgenutzt.

g) Kykkelsrudfos. Die gesamte Fallhöhe von 19 m des aus mehreren Stufen bestehenden Wasserfalles ist durch einen in den Jahren 1900 bis 1903 erfolgten Ausbau ausgenutzt worden. Eine genaue Beschreibung der nach vielen Richtungen hin interessanten Kraftanlage findet sich in der neuesten, 1907 erschienenen Ausgabe des Handbuches der Ingenieurwissenschaften und wird auf diese Veröffentlichung verwiesen.

Abb. 117 gibt eine Ansicht des Hauptfalles; ein Teil des Wassers wird einer linksseitig dicht am Fall liegenden alten Holzschleiferei zugeleitet, während der Hauptteil durch einen mit großen Schützen

(Abb. 118) abschließbaren, etwa 1000 m langen, 8 m breiten, offenen Kanal einen dicht am Fluß unterhalb der letzten Stromschnelle erbauten Krafthaus zugeleitet wird. Die normale Wassertiefe im

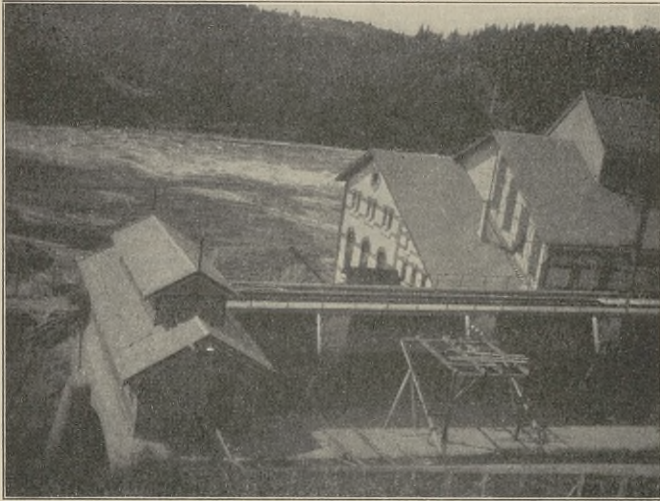


Abb. 119. Kykkelsrudfos. Verlängerung des Vorbeckens.

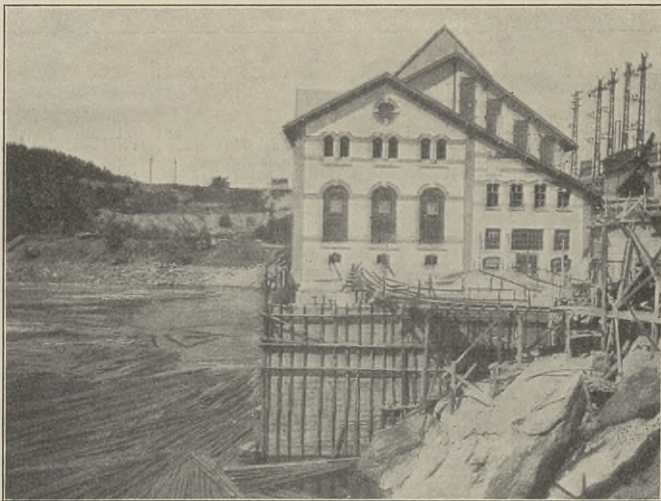


Abb. 120. Kykkelsrudfos. Krafthaus im Umbau 1908.

Kanal beträgt 9 m, so daß sich ein Wasserquerschnitt von 80 qm ergibt, der bei Hochwasser bis auf 135 qm ansteigt. Die Abmessungen des Zuleiters genügen daher auch für die durch die Regu-

lierung des Mjösen erhöhte Niedrigwassermenge. Erwähnt sei, daß nach dem Reisebericht von Holz-Aachen vom Jahre 1901 die Anlage mehrerer Tunnels an Stelle des offenen Zuleiters geplant war.

Das ursprünglich nur für zwei Erregerturbinen von je 280 PS<sub>e</sub> und für vier große Turbinen von je 3000 PS<sub>e</sub> eingerichtete Krafthaus wird zurzeit bedeutend erweitert. Die erforderliche Verlängerung des Verteilungsbeckens (Abb. 119) sowie die Fundamentarbeiten für die Vergrößerung des Turbinenhauses sind bereits fertig. (Abb. 120). Vorläufig sind drei Turbinen von je 8000 PS<sub>e</sub> bestellt,



Abb. 121. Kykkelsrudfos. Turbinensaal.

die dieselbe Konstruktion mit stehender Welle, wie die im Betriebe befindlichen Turbinen erhalten. (Abb. 121.)

h) Vrangfos und Vammafos. Die Gesamthöhe beider Wasserfälle, die aus einer Reihe von Abstürzen bestehen, beträgt  $19 + 11,2 = 30,2$  m. Zur Ausnutzung der Wasserkraft hat sich eine Gesellschaft, die Vammafosselskab, gebildet, der bereits die erforderliche Konzession erteilt worden ist. Geplant wird, auf dem Felsrücken des eigentlichen, nur 5,7 m hohen Vammafos eine hohe Staumauer zu erbauen und hierdurch im Winter eine Fallhöhe von 26,25 m, im Sommer von 23,3 m nutzbar zu machen. Die Bauausführung hat bereits begonnen. Abb. 122 bis 124 geben eine Übersicht über den Bauzustand in den Monaten Februar, April und Juni 1908.

Die Staumauer erhält eine untere Breite von 25 m und eine durchschnittliche Höhe von 30 m. Die Höhe vom Unterkante-Fundament bis zu der 3 m breiten Krone wird 35 m betragen. Das Krafthaus ist linksseitig dicht unterhalb der Sperrmauer projektiert; die Zuleitung des Wassers soll durch zehn in die Mauer eingebaute, je 4,2 m weite eiserne Rohre erfolgen. Für die Abführung des Wassers während der Bauzeit dienen sieben in die rechtsseitige Hälfte der



Abb. 122. Vammafos. Bauzustand im Februar 1908.

Mauer eingebaute, je 3,5 m weite eiserne Rohre; ob diese Rohre, die sich bisher gut bewährt haben, späterhin vollständig abgeschlossen oder für die Hochwasserabführung nutzbar gemacht werden sollen, ist noch unentschieden. Noch nicht endgültig projektiert sind auch die übrigen Vorrichtungen zur Ableitung des Hochwassers, die in Hauptsache aus mit Nadelverschlüssen versehenen Überfällen bestehen sollen.

Einem Krafthause eine Wassermenge in Höhe von 200 bis 300 cbm zuzuleiten und gleichzeitig für die unschädliche Abführung

einer Hochwassermenge von 3000 bis 3500 cbm/sek zu sorgen, dürfte mit zu den schwierigsten Aufgaben der Wasserbautechnik gehören; zum Vergleich sei angeführt, daß bei der größten ähnlichen Anlage in Deutschland, der Talsperre bei Mauer in Schlesien, die größte Hochwassermenge nur rund 1600 cbm/sek beträgt.

Erhofft wird die Erzeugung von rund  $25 \cdot 220 \cdot 10 = 55000 \text{ PS}_e$ , die für die Gewinnung von Luftstickstoff Verwendung finden sollen.



Abb. 123. Vammafos. Bauzustand im April 1908.

i) Sarpsfos. Abb. 125 gibt ein Bild des 60 bis 70 m langen, 21 m hohen Sarpsfos von einer unterhalb des Falles über den Strom führenden Hängebrücke aus.

Eine Ausnutzung dieses nur 12 km von dem Meere entfernten Wasserfalles ist in beschränktem Umfange für den Betrieb von Mahlmühlen und Schneidemühlen schon seit vielen Jahrzehnten auf beiden Ufern erfolgt.

Auf dem linken Ufer ist dann Ende der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts auf dem Gelände des früheren Rittergutes

Hafslund von der Aktiengesellschaft Hafslund ein Elektrizitätswerk errichtet worden, bei dessen Anlage bereits auf eine Ausnutzung einer Wassermenge bis zu 300 cbm/sek Vorsorge getroffen wurde.

Über diese Anlage finden sich genauere Angaben in ähnlicher Art, wie für Kykkelsrud, in der Ausgabe des Ingenieur-Handbuches vom Jahre 1907. Mit Rücksicht hierauf sei nur angeführt, daß nach dem zweiten Ausbau im Jahre 1902 ein Druckrohr von

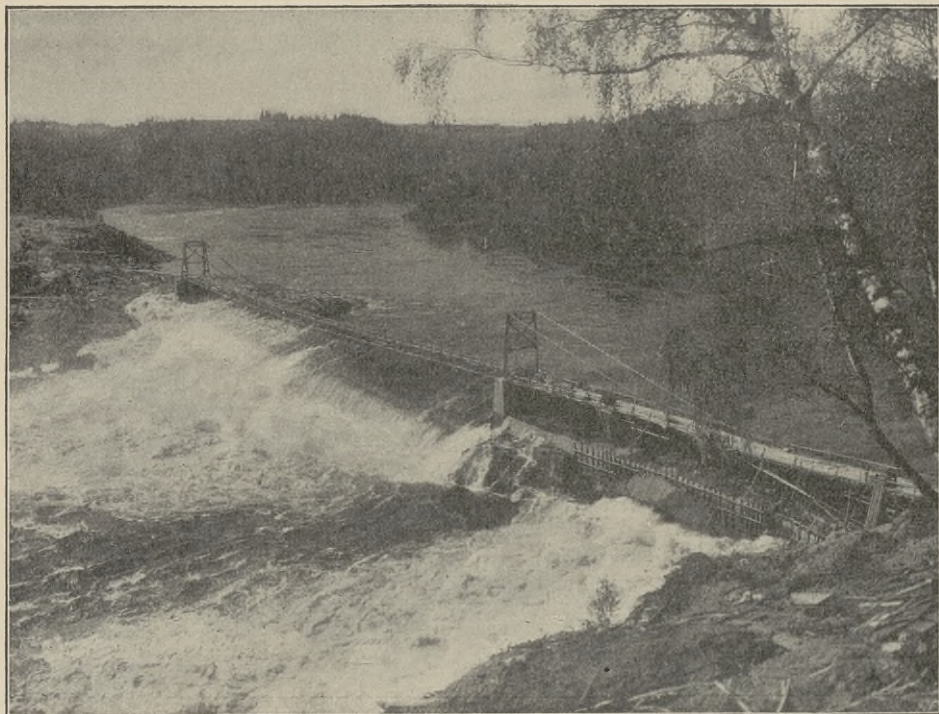


Abb. 124. Vammafos. Bauzustand im Juni 1908.

1,6 m Durchmesser und vier von 3,0 m Durchmesser an fünf der vorhandenen sieben Rohrstützen angeschlossen waren. Mit Druckwasser versorgt wurden zwei Erregerturbinen von je 280 PS<sub>e</sub>, sechs Jonvalturbinen von je 1200 PS<sub>e</sub> und vier Francisturbinen von je 2500 PS<sub>e</sub>. Inzwischen ist noch ein weiterer Ausbau erfolgt und zwar unter Abstandnahme der Benutzung der noch vorhandenen zwei Rohrstützen durch Erbauung eines zweiten Verteilungsbeckens *b* vor der als Überfall ausgebildeten wasserseitigen Abschlußmauer des



bestehenden Beckens *a*. Der bisherige Grundablaß neben den Regulierungsschützen des Beckens *a* ist jetzt Regulierungsschütz des



Abb. 125. Sarpsfos. Ansicht des Falles.

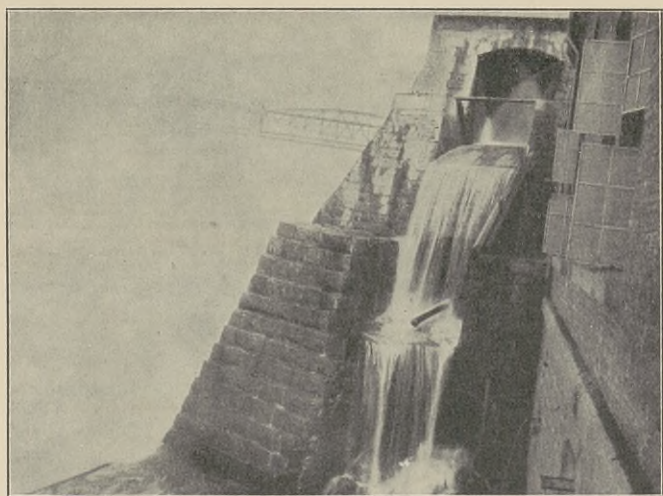


Abb. 126. Sarpsfos. Leerlaufkanäle der Vorbecken der linksseitigen Kraftanlage.

Beckens *b*. Die Spülschleuse für das Becken *a* ist unter dem Becken *b* hindurchgeführt. Abb. 126 gibt die übereinander liegen-

den Ausmündungen der Spülschleusen der beiden Becken *a* und *b* und eines Schützes zur Regulierung des Wasserstandes in letzterem.

Das neue Becken *b* geht an seinem Ende in 2 Druckkammern über, aus denen das Wasser in je ein Rohr eintritt. Jedes dieser Rohre speist eine Turbine von 4500 PS<sub>e</sub>, das eine außerdem noch eine Turbine von 600 PS<sub>e</sub>. Im ganzen können somit  $2 \cdot 280 + 6 \cdot 1200 + 4 \cdot 2500 + 2 \cdot 4500 + 1 \cdot 600 = 27360$  PS<sub>e</sub> erzeugt werden.

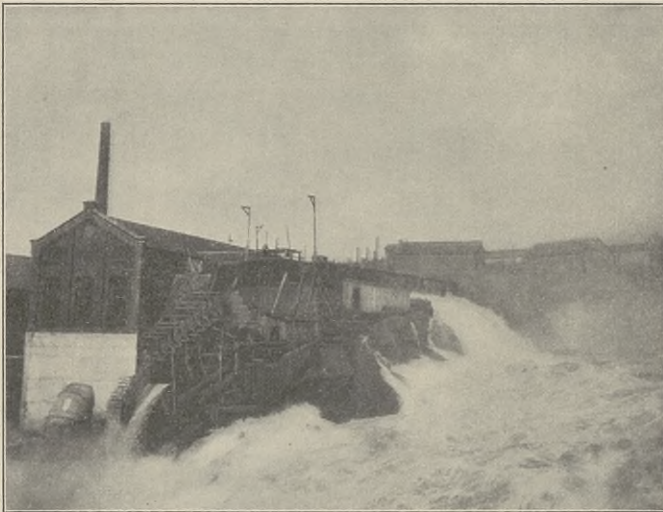


Abb. 127. Sarpsfos. Rechtsseitige Kraftanlage.

Da durchschnittlich ein Gefälle von 17 m vorhanden ist, so entspricht obige Kraftmenge einer Wassermenge von rund 160 cbm/sek.

Bei Niedrigwasser werden jedoch nur  $\frac{220}{2} = 110$  cbm/sek und, da das Nutzgefälle dann bis 19 m ansteigt, rund 21000 PS<sub>e</sub> vorhanden sein. Die bei reichlichem Wasserzufluß und daher nur zeitweise verfügbare größere Energiemenge sowie der Hauptteil der erzeugten Kraft findet in einer bei Gründung der Anlage errichteten Karbidfabrik Verwertung. Nach Frederikstad werden für die Erzeugung von Licht und für den Betrieb kleiner Motoren 2200 PS<sub>e</sub> abgegeben und etwa dieselbe Menge für ein Zinkwerk. 200 PS<sub>e</sub> dienen für den Betrieb der elektrischen Bahn nach Frederikstad, 400 PS<sub>e</sub> für den Betrieb einer Sulfit-Cellulosefabrik.

Das rechte Ufer des Sarpsfos gehörte zu dem früheren Gut Borregaard, und ist die Wasserkraft im Besitz einer englischen Gesellschaft. Hier hat sich nach und nach im Anschluß an eine schon seit Jahrzehnten bestehende Säge- und Mahlmühle eine die verschiedenartigsten Betriebe umfassende Anlage entwickelt. (Abb. 127.) Zurzeit werden rund 15600 PS<sub>e</sub> gewonnen und zwar rund 3500 PS<sub>e</sub> durch alte, schon über 15 Jahre im Betrieb befindliche Turbinen, und rund 12100 PS<sub>e</sub> in einer 1898 erbauten Zentrale.

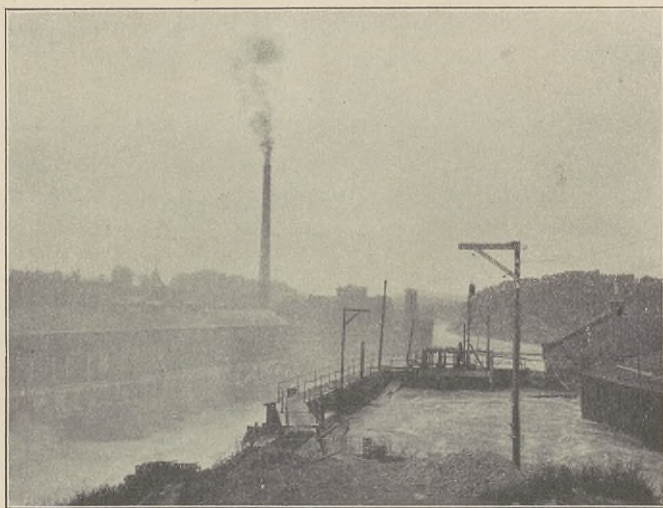


Abb. 128. Sarpsfos. Verteilungsbecken der rechtsseitigen Kraftanlage.

Der Zufluß des Wassers zu dem Verteilungsbecken (Abb. 128) aus dem sich einzelne Zuleitungsrohre abzweigen, erfolgt durch drei Tunnel; der Einlauf des ältesten Tunnels liegt oberhalb, die Einläufe der beiden anderen Tunnel unterhalb der den Sarpsfos überspannenden Eisenbahnbrücke. Geplant ist eine bedeutende Vergrößerung der Zentrale, welche später unter Beseitigung der alten Turbineneinrichtungen alle Betriebe mit elektrischer Energie versorgen soll. Von Interesse ist die Ausführung eines neuen 100 qm im Querschnitt großen Tunnels, der für die Turbinen als Untergraben dienen und direkt in das Unterwasser einmünden soll.

Erwähnt sei noch, daß zur Verhütung der Nadeleisbildung, die sich in dem letzten Winter als sehr betriebsstörend erwiesen hat, versucht worden ist, die Rechenstäbe mit ellipsenförmigem, hohlen Querschnitt auszubilden und durch die Stäbe Dampf durchzudrücken. Die Konstruktion soll sich bewährt haben, doch werden die Gesamtkosten und der Betrieb einer solchen Einrichtung ziemlich hoch sein.

---

## Wasserkraftanlagen am Tistedalsfos bei Frederikshald.

In der südöstlichen Ecke Norwegens, dicht an der schwedischen Grenze, mündet bei der Stadt Frederikshald der Tistedalsfluß in den Idefjord (Abb. 116).

Das Gebiet des Tistedalsflusses hat bei einem Flächeninhalt von 1573 qkm eine durchschnittliche Breite von nur 15 km, dehnt sich jedoch in der Richtung von Norden nach Süden über 110 km aus.

Der Hauptlauf durchfließt eine ganze Reihe kleinerer und größerer Seen bis zu 19 qkm Größe. Das Gefälle ist bis zu dem untersten See, dem Fem-See, schwach. Auch tritt eine stufenartige Ausbildung des Tales nicht besonders hervor. Erwähnenswert sind in dem oberen Flußgebiet die folgenden Wasserfälle:

Braekkefos . . . . .	13,6 m
Krapetofos . . . . .	11,8 „
Oerjefos . . . . .	10,3 „
Stromfos . . . . .	2,5 „

Unterhalb des Fem-Sees weist der Wasserlauf auf der bis zum Meere nur rund 5 km langen Strecke ein Gesamtgefälle von 78,27 m oder 15,65 m/km auf, das in Hauptsache in dem dicht unterhalb des Fem-Sees liegenden, stromschnellenähnlichen, 67 m hohen Tistedalsfos vereinigt ist. Weiter abwärts folgen dann der Skonningsfos mit 7 m und der Porsnaesfos mit 4,4 m Fallhöhe.

Die jährliche Niederschlagshöhe beträgt im Gebiet des Tistedalsflusses im Durchschnitt von 10 Jahren 680 mm, entsprechend einer Wassermenge von 1080 Mill. cbm, und der Gesamtabfluß nach neuerdings ausgeführten Wassermengenmessungen rund 724 Mill. cbm = rund 23 cbm/sek, entsprechend einer Niederschlagshöhe von 460 m. Die Verlusthöhe ergibt sich daher zu 220 mm.

Die Wasserführung im Tistedalsfluß war bis Mitte der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts trotz der vielen kleinen Seen eine

sehr unregelmäßige. Die Niedrigwassermenge sank bis auf 2 cbm/sek oder 1,3 l/sek/qkm, während bei dem bekannten höchsten Hochwasser rund 125 cbm/sek oder 80 l/sek/qkm zum Abflusse gelangten.

Während in früheren Zeiten Seeregulierungen für Flößereizwecke sowie für den Betrieb kleiner Mühlen, wenn auch stets in geringem Umfange, so doch an vielen Stellen zur Durchführung gelangt waren, erfolgten die ersten Regulierungen zur Hebung der Niedrigwassermenge und zur Ausgleichung des Abflusses im

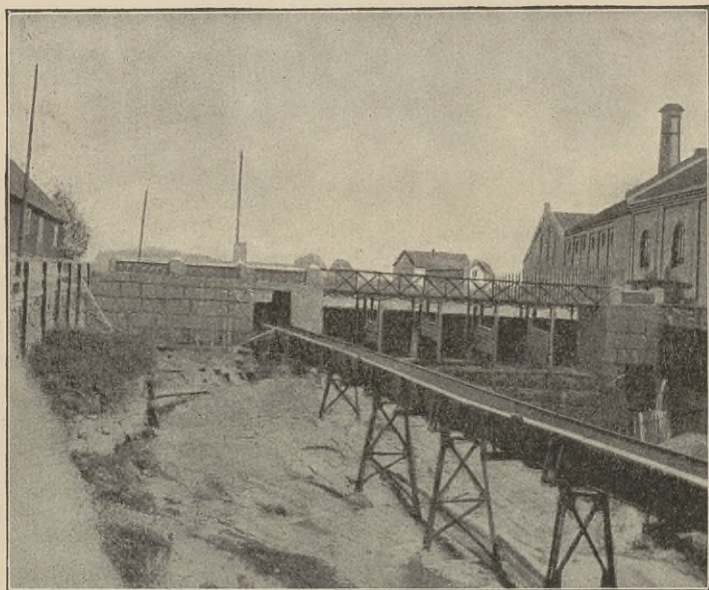


Abb. 129. Tistedalsfos. Oberes Wehr mit eiserner Floßrinne.

Jahre 1894. Das in Frage kommende Projekt war schon 1891 aufgestellt worden und umfaßte den Ausbau von 5 Seen mit im ganzen 68 qkm Fläche zu Speicherbecken. Die Regulierungshöhe betrug in einem Falle 2 m und schwankte bei den andern Seen zwischen 0,3 und 0,9 m, so daß sich ein Speicherraum von rund 65,6 Mill. cbm entsprechend einer Abflußhöhe von 43 mm ergab. Da ein freihändiger Ankauf des erforderlichen Geländes auf Schwierigkeiten stieß, beantragten die Triebwerksbesitzer die Verleihung des Enteignungsrechtes und erhielten die erforderliche königliche Genehmigung im Jahre 1893. Träger des Unternehmens wurde die im Jahre 1894 gebildete „Tistas Brugseierforening“.

Das gesteckte Ziel, eine Erhöhung der Niedrigwassermenge auf mindestens 10 cbm/sek und des Mittelwassers auf 15 cbm/sek wurde jedoch nur unvollkommen erreicht. Im Jahre 1901/02 sank die Wasserführung in der Zeit von Mitte Juli bis Mitte Januar bis auf 2,6 cbm/sek, während das Mittel in dieser Zeit 7,5 cbm/sek betrug. Ähnliche Verhältnisse traten im Jahre 1904 in der Zeit von Anfang Juli bis Anfang Dezember mit einer Mindestwassermenge von 4,4 cbm/sek und einem durchschnittlichen Abfluß von

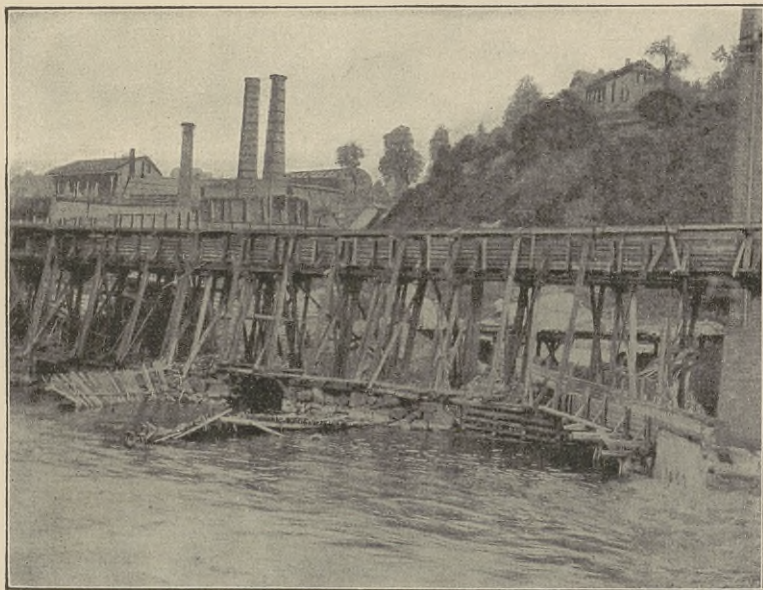


Abb. 130. Tistedalsfos. Alte hölzerne Floßrinne.

8,7 cbm/sek ein. Ohne die Regulierungen des Jahres 1894 hätte wahrscheinlich bei allen Fabriken der Betrieb zeitweise völlig eingestellt werden müssen. Aber auch so erwies sich das Sinken der Wasserführung bis auf 2,5 cbm/sek um so mehr als äußerst störend und nachteilig, als den bestehenden Rechten entsprechend für den Hauptteil des Tistedalsfos das Wasser in dem Verhältnis von etwa 1 : 2 auf dem rechten und linken Ufer gesondert ausgenutzt wurde.

Zur Beseitigung derartiger Mißstände, deren Wiederkehr in trockenen Jahren mit Recht gefürchtet wurde, ist im Jahre 1906 von dem Techniker der Brugseierforening, dem Oberingenieur Bödtker, auf Grund der inzwischen vervollständigten Aufnahmen

und Wassermengenmessungen ein neues Projekt aufgestellt worden, das eine Vergrößerung des Speicherraumes in den drei der hauptsächlichsten Seen um 35,5 Mill. cbm sowohl durch weitere Erhöhung des Stauspiegels, als auch durch Absenkung des Niedrigwassers bezweckte.

Diese Wassermenge würde ausgereicht haben, um in dem trockenen Jahre 1901/02 die während 157 Tagen, wie schon angegeben, im Mittel 7,5 cbm/sek starke Wasserführung auf mindestens

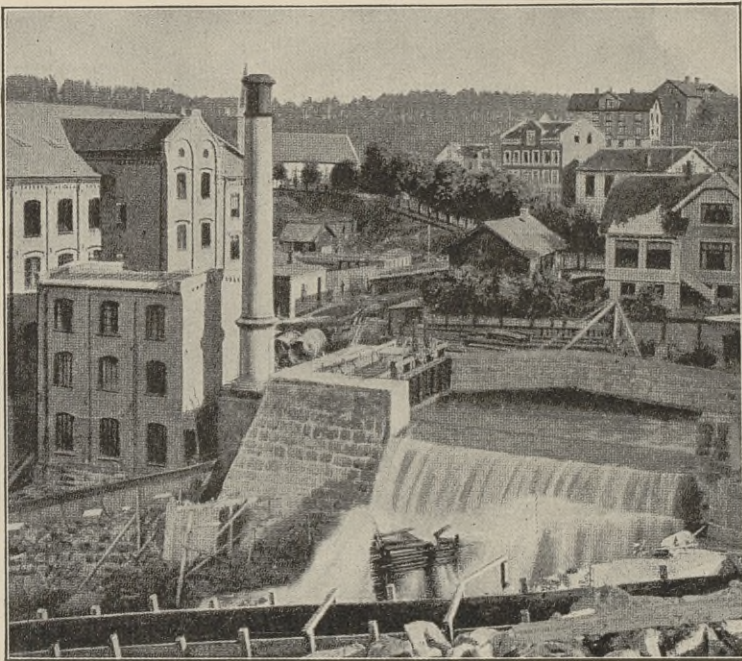


Abb. 131. Tistedalsfos. Vorbecken der obersten rechtsseitigen Kraftanlage.

10 cbm zu erhöhen. Für das Jahr 1903/04 ergibt eine entsprechende Berechnung eine Mindestabflußmenge während der Niedrigwasserzeit von 11,9, in dem Jahre 1896/97 von 12,9 und in dem Jahre 1899/00 von 13,4 cbm/sek, während in allen übrigen Jahren der Periode 1894 bis 1904 stets eine Wassermenge von 15 bis 21 cbm/sek zur Verfügung gestanden hätte.

Die Gesamtkosten der vorgeschlagenen Maßnahmen sind auf 250 000 bis 320 000 M. veranschlagt und entfällt somit auf 1 cbm zu schaffenden Speicherraumes 0,76 bis 1 Pfennig.



Die entsprechenden Pläne haben bereits den zuständigen Behörden vorgelegen; eine Inangriffnahme der Arbeiten hat bisher noch nicht erfolgen können, da der erforderliche Grunderwerb noch nicht geregelt ist.

Für die Kraftgewinnung kommt hauptsächlich der Tistedalsfos mit seiner großen, allerdings auf mehrere 100 m verteilten Fallhöhe von 67 in Frage.

Bis Ende des vorigen Jahrhunderts erfolgte die Ausnutzung des Wasserfalles in einer großen Zahl verschiedener Betriebe,

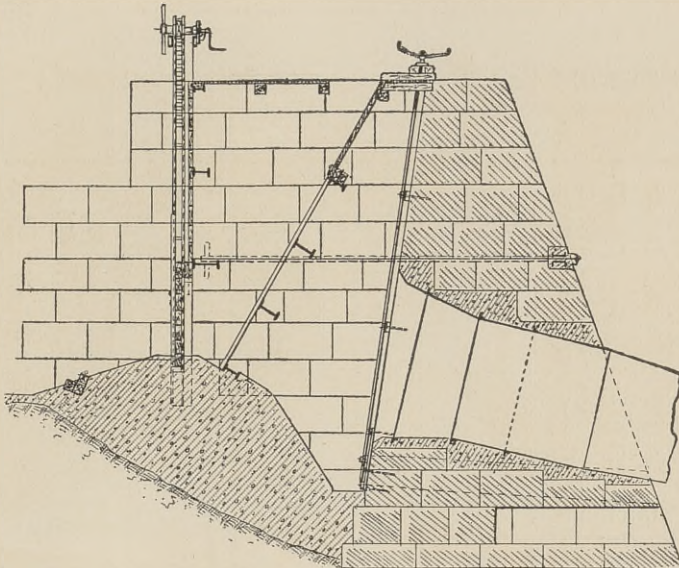


Abb. 132. Tistedalsfos. Schnitt durch den Rohreinlauf für die oberste rechtsseitige Kraftanlage.

namentlich in vielen Sägemühlen, von denen eine jede ihre eigene hölzerne Zuleitungsrinne hatte. Diese Zersplitterung war begründet in den verwickelten Eigentumsverhältnissen und den mit denselben verbundenen Nutzungsrechten am Wasser. Je größer jedoch mit der Zeit infolge der Ausdehnung der Industrie der Wert der Kraft-einheit wurde, um so mehr brach sich der Gedanke Bahn, die Gewinnung der Kraft möglichst einheitlich zu gestalten und als elektrische Energie den verschiedenen Betrieben zuzuführen. Dieser Gedanke wurde wenigstens teilweise durch eine Vereinigung der bestehenden Sägewerke und Holzstofffabriken zu der „Saugbrugs-verening“ verwirklicht, in deren Besitz sich das ganze linksseitige

sowie das oberste Stück des rechten Ufers des Tistedalsfos befand. Auf den übrigen rechtsseitig angrenzenden Grundstücken sind teilweise Fabriken errichtet worden, teilweise harrt die vorhandene Naturkraft noch auf Ausnutzung. Nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht über die einzelnen Betriebe, die denselben zustehenden Fallhöhen und die Zahl der zur Verfügung stehenden PS<sub>e</sub>; der Berechnung der letzteren ist eine Wassermenge von 15 cbm/sek zugrunde gelegt. Unter Nr. 11 u. 12 sind die beiden zwischen dem Tistedalsfos und dem Meere liegenden Wasserfälle aufgeführt.

Nummer	Name oder Art des Betriebes	Nordseite		Südseite		Zahl der PS <sub>e</sub>	% der gesamten Kraft
		Fallhöhe m	Wassermenge cbm	Fallhöhe m	Wassermenge cbm		
1	Saugbrugsforening Holzschleiferei	11,80	7,5	11,80	7,50	1 770	15,5
2	Verteilungsdamm	1,07	5,4	1,07	9,60	—	—
3	Spinnerei . . .	13,96	5,4	—	—	754	6,6
4	Färberei . . . .	10,65	5,4	—	—	575	5,1
5	Weberei . . . .	5,25	5,4	—	—	285	2,5
6	Eisenwerk . . .	22,38	5,4	—	—	1 209	10,6
7	Desgl. unterhalb	0,85	5,4	—	—	—	—
8	Privatbesitz . .	0,89	7,5	—	—	—	—
9	Saugbrugsforening Elektr. Anlage	—	—	53,11	9,60	5 099	44,7
10	Desgl. unterhalb	—	—	0,89	7,50	—	—
11	Skonningsfos Holzschleiferei	7,00	7,5	7,00	7,50	1 050	9,2
12	Porsnaesfos Elek- trizitätswerk .	4,40	7,5	4,40	7,50	660	5,8
		78,27	—	78,27	—	11 402	100,0

Die zu 1 erwähnte Holzschleiferei liegt linksseitig am Ausfluß des Tistedalsflusses aus dem Fem-See, der durch ein einfaches Schützenwehr aufgestaut wird (Abb. 129). Bemerkenswert ist die auf dem Bilde zur Darstellung gebrachte eiserne Floßrinne; weiter abwärts besteht noch die alte Holzkonstruktion (Abb. 130), die jedoch bis nach Frederikshald hin demnächst in Eisen ausgebaut werden soll.

Für den Betrieb der Holzschleiferei wird das gesamte Wasser mit einer Fallhöhe von 11,8 m ausgenutzt. Dicht unterhalb des

Einlaufes des Untergrabens befindet sich ein massives, einfaches Wehr, durch welches bei niedrigen und mittleren Wasserständen rund  $\frac{1}{3}$  der Wassermenge dem rechten und rund  $\frac{2}{3}$  dem linken Ufer zugewiesen wird.

Rechtsseitig liegt eine neu erbaute Baumwollspinnerei. Abb. 131 zeigt das mit einem Überlauf versehene Vorbecken und das aus demselben abzweigende eiserne Rohr, Abb. 132 einen Schnitt durch den Rohreinlauf, Abb. 133 eine der von der Firma Kraerner Brug in Kristiania gelieferten Turbinen von 400 PS<sub>e</sub>.

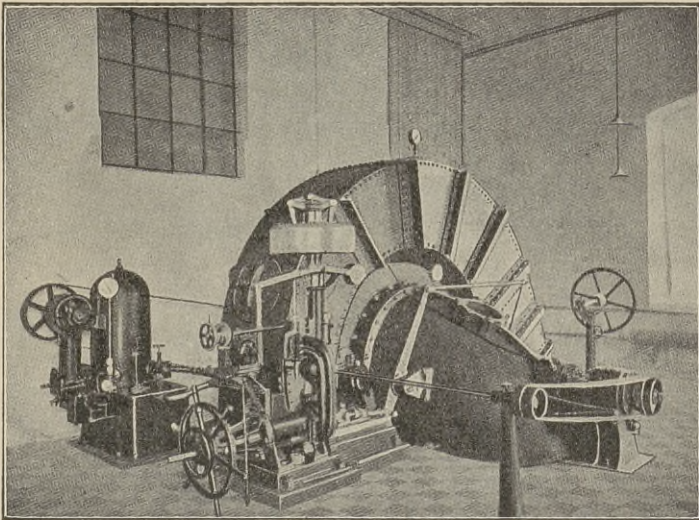


Abb. 133. Tistedalsfos. Turbine von 400 PS<sub>e</sub> der obersten rechtsseitigen Kraftanlage.

Weiter abwärts steht rechtsseitig eine ebenso große Wassermenge zur Verfügung, wie eine solche der Baumwollspinnerei zufließt. Bemerkenswert sind die in Abb. 134 zur Darstellung gebrachten hölzernen Längsbauten mit dreieckigem Querschnitt, durch die das Wasser gezwungen wird, am rechten Ufer entlang zu fließen. Die Kraftgewinnungsanlagen sind einfacher Natur.

Linksseitig des massiven Wehres wird die dorthin abfließende,  $\frac{2}{3}$  des Gesamtabflusses betragende Wassermenge in einem Vorbecken zusammengefaßt und einem am Fuß des Wasserfalles errichteten Elektrizitätswerk zugeleitet. Der flußabwärts liegende Teil des Beckens ist zu zwei Druckkammern ausgebaut. In jeder Druckkammer, die durch drei Schützen verschlossen werden kann,

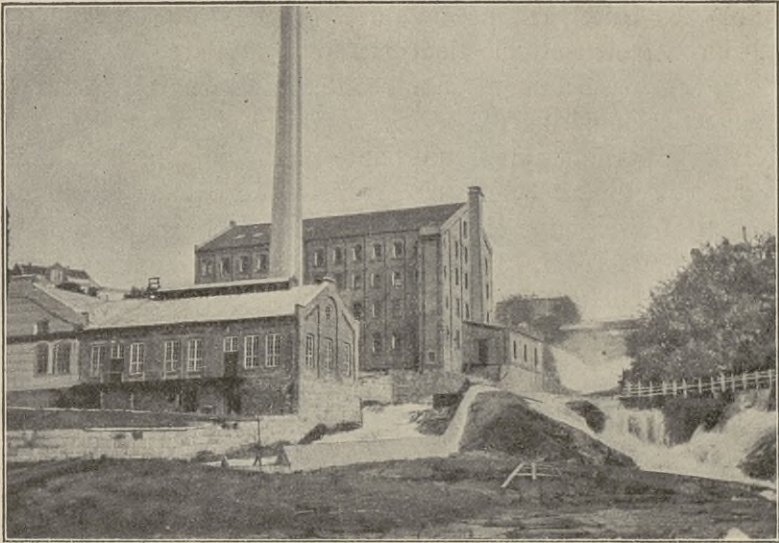


Abb. 134. Tistedalsfos. Wehrbauten für die unteren rechtsseitigen Kraftanlagen.

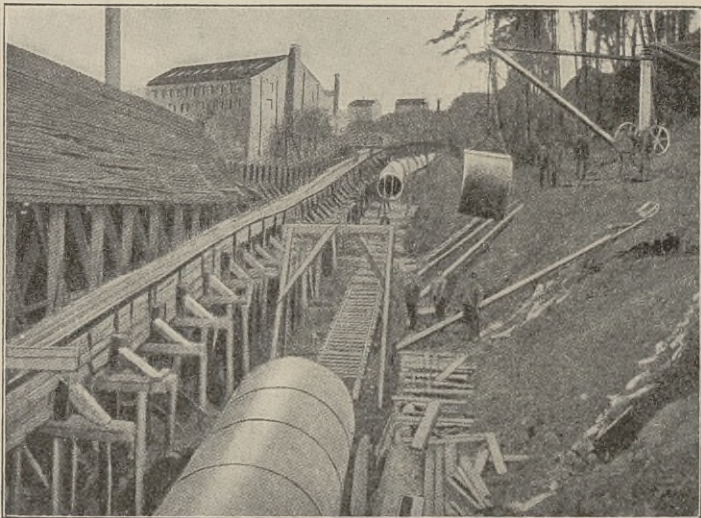


Abb. 135. Tistedalsfos. Zuleitungsrohr des Elektrizitätswerkes im Bau.

befindet sich ein Feinrechen; von der Einrichtung von Grobrechen ist Abstand genommen, da durch das Hauptwehr für die unschädliche Abführung größerer Holzstämme oder sonstiger bei Hochwasser herabschwimmender Gegenstände genügend gesorgt ist.

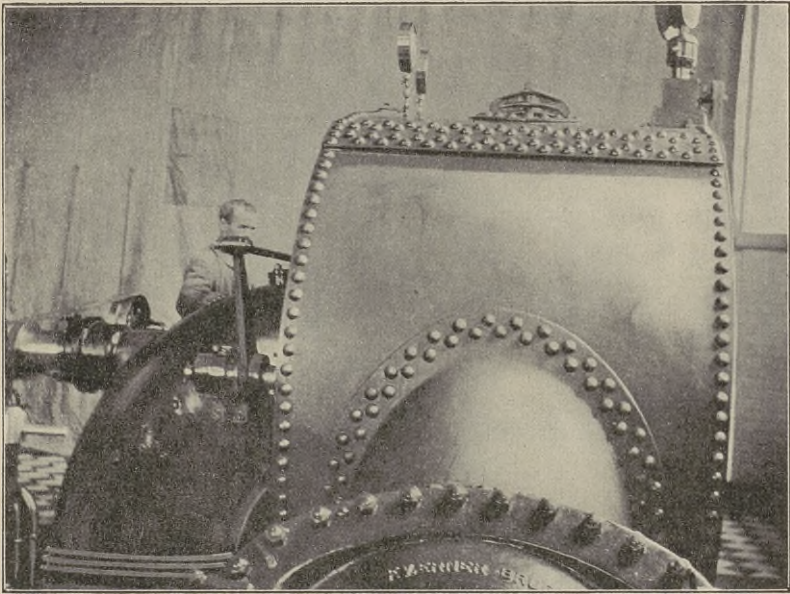


Abb. 136. Tistedalsfos. Turbine von 1500 PS<sub>e</sub> des Elektrizitätswerkes.

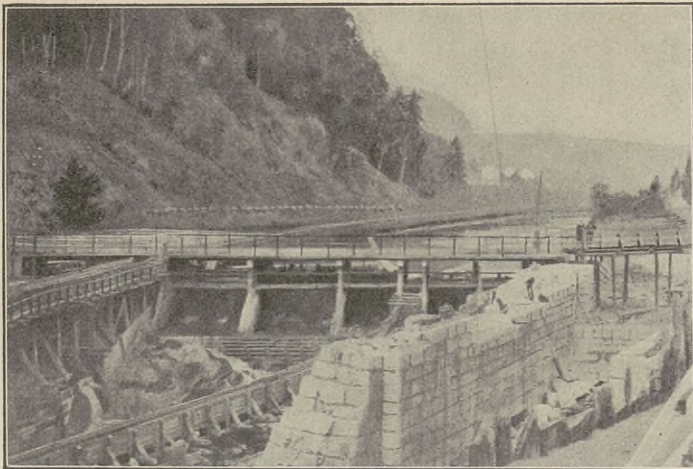


Abb. 137. Skonningsfos. Umbau der Wehranlage 1908.

Die Zuleitung des Wassers zum Kraifhaus erfolgt zurzeit durch ein Rohr von 2,2 m Durchmesser und 416 m Länge (Abb. 135). Ein zweites Rohr von denselben Abmessungen soll demnächst eingebaut werden.

In dem bequem eingerichteten Krafthaus sind zwei Turbinen von je 1500 PS<sub>e</sub> mit einer Tourenzahl von 375 sowie eine Turbine von 500 PS<sub>e</sub> aufgestellt. Abb. 136 zeigt eine der beiden großen Turbinen.

Bereits in Auftrag gegeben ist die Lieferung von zwei weiteren Turbinen von je 2000 PS<sub>e</sub>, so daß nach deren Inbetriebsetzung im ganzen 7500 PS<sub>e</sub> erzeugt werden können.

Nach der Ausführung der projektierten weiteren Ausbildung der vorhandenen Seen zu Speicherbecken werden, wie zu 9 in der Tabelle angegeben, einer durchschnittlichen Wassermenge von 15 cbm/sek entsprechend, rund 5100 PS<sub>e</sub> zur Verfügung stehen. Eine der neuen Turbinen wird daher nur zeitweise in Betrieb gesetzt werden können und in Hauptsache als Reserve dienen.

In den Rohren wird sich eine Geschwindigkeit von 1,25 bis 1,75 m ausbilden.

Verwertet wird die gewonnene Energie für den Betrieb einer neuerbauten Zellulosefabrik und einer großen Sägemühle in Frederikshald; zur Verstärkung der städtischen Kraftanlage am Porsnaesfos werden etwa 250 bis 500 PS<sub>e</sub> zur Erzeugung von Licht abgegeben. Der Rest dient als Reserve.

Geliefert sind sowohl das Zuleitungsrohr wie auch sämtliche Turbinen von der Firma Kvaerner Brug in Kristiania.

Erweitert und der Neuzeit entsprechend umgebaut wird zurzeit auch die Wasserkraftanlage am Skonningsfos (Abb. 137), die eine große Holzschleiferei mit Kraft versorgt.

---

## **Wasserkraftanlage oberhalb des Maridals-Sees am Akersfluß bei Kristiania.**

Innerhalb der Stadt Kristiania mündet der Akersfluß in den Kristianiafjord. Das Gebiet des Akersflusses hat eine Größe von 222 qkm und erstreckt sich mit einer durchschnittlichen Breite von 7 km in einer Länge von 35 km von Norden nach Süden (Abb. 138). Die mittlere Niederschlagshöhe beträgt 976 mm. Eine große Zahl wenn auch nur kleinerer Seen hat von Natur aus auf einen Ausgleich der Abflußmengen hingewirkt. Dieser günstige Einfluß ist durch den Ausbau von etwa 10 der bedeutendsten Seen zu Speicherbecken mit im ganzen 85 Mill. cbm Stauraum derart vergrößert worden, so daß größere Hochwasser überhaupt nicht mehr eintreten. Die Fabriken am Akersfluß sind auf eine Wasserführung von  $5 \text{ cbm/sek} = 22,5 \text{ l/sek/qkm}$  eingerichtet. In wasserarmen Jahren sinkt jedoch die sekundlich zur Verfügung stehende Wassermenge trotz der vorhandenen Speicherbecken bis auf etwa  $3,5 \text{ cbm/sek}$ . Um diesen Übelstand zu beseitigen und auch in solchen Jahren stets über  $5 \text{ cbm/sek}$  verfügen zu können, liegt zurzeit ein Regulierungsplan vor, nach welchem der Speicherraum um 51 Mill. cbm, also auf 136 Mill. cbm vergrößert werden soll.

Neben weiterem Ausbau der vorhandenen Seen ist für diesen Zweck in Aussicht genommen, den Abfluß einiger kleinerer, zurzeit anderen Flußgebieten angehörender Seen durch Tunnels den Quellbächen des Akersflusses zuzuleiten, das Niederschlagsgebiet desselben also zu vergrößern.

Das gesamte ausnutzbare Gefälle im Akersfluß beträgt 140 m, und würden sich bei einer Abflußmenge von  $5 \text{ cbm/sek}$  7000 PS<sub>e</sub> gewinnen lassen.

In dem Unterlauf, woselbst einige natürliche Felsstufen einen Ausbau erleichterten, sind mit Rücksicht auf den durch die Nähe der Stadt Kristiania bedingten hohen Wert jeder einzelnen Jahres

PS schon vor einer Reihe von Jahrzehnten Wasserkraftanlagen entstanden. Die gewonnene Energie diente an Ort und Stelle für den Betrieb von Fabriken. Erwähnt sei die innerhalb der Stadt Kristiania liegende Segeltuchfabrik.

Abb. 139 gibt ein Bild des Wehres, das typisch für viele ähnliche Anlagen in Norwegen ist. Auf einem fast senkrechten Felsenabsturz ist eine Schützenkonstruktion aufgebaut, durch die das Wasser etwa 1 m hoch aufgestaut wird. Die Ausnutzung der Wasserkraft erfolgt schon seit vielen Jahrzehnten, doch ist erst im Jahre 1904 ein neues Turbinenhaus erbaut worden, in dem 2 Turbinen von 560 und 120 PS<sub>e</sub> Aufstellung fanden.

Abb. 140 zeigt die größere der Turbinen, die beide von der Firma Kvaerner Brug in Kristiania geliefert worden sind.

Die bedeutendste Anlage ist ein in den letzten Jahren von der Verwaltung der Stadt Kristiania erbautes Elektrizitätswerk, das die für den Betrieb der Straßenbahn sowie zur Erzeugung von Licht und zur Abgabe von Kraft an kleinere Motoren erforderliche Energie liefert.

Etwa 12 km oberhalb der Mündung des Akerflusses liegt der Maridals-See, aus dem die Stadt Kristiania ihr Trinkwasser entnimmt.

In diesen See münden die beiden

Hauptquellflüsse des Gebietes; der eine führt den Namen des Hauptflusses; der andere heißt Skarsfluß. Das neue erbaute Elektrizitätswerk liegt dicht oberhalb der Mündung des zuerst genannten Wasserlaufes. Die Entnahme des Wassers erfolgt 2 km weiter oberhalb am Ausfluß des Akersflusses aus dem kleinen Skjaer-See, dessen Wasser durch ein einfaches Schützenwehr von 4 Öffnungen bis zu einer bestimmten Höhe aufgestaut werden kann. Oberhalb des Wehres liegt linksseitig ein überdecktes, kleines Vorbecken mit davor liegendem Feinrechen. Von der Anlage eines Grobrechens und einer Kiesschleuse ist als nicht er-

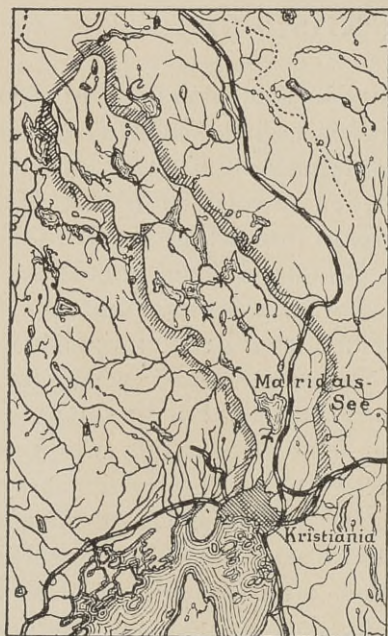


Abb. 138. Gebiet des Akersflusses.  
Maßstab 1:625 000.



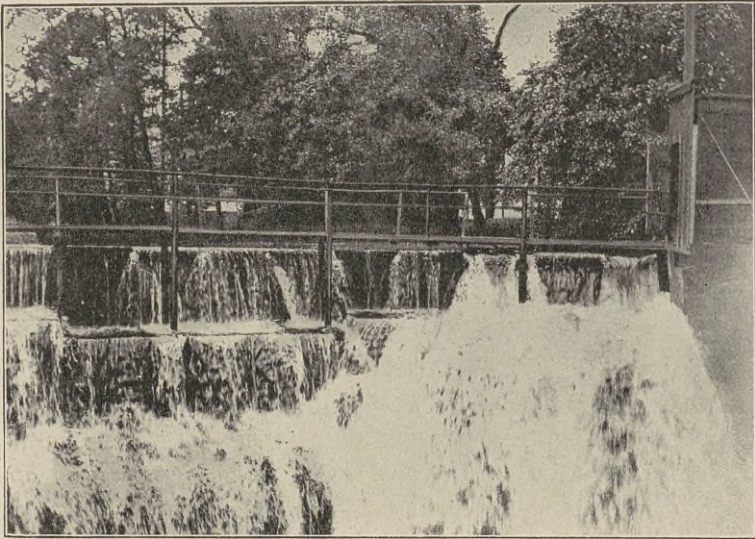


Abb. 139. Wehr im Akersfluß in Kristiania.

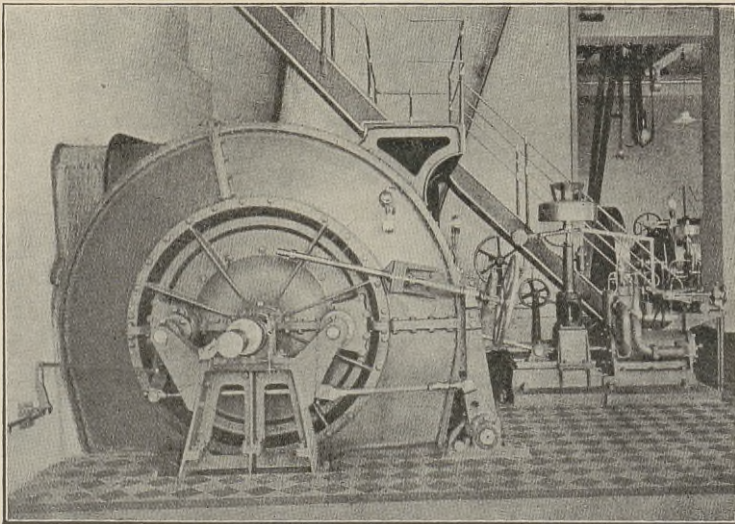


Abb. 140. Segeltuchfabrik in Kristiania. Turbine von 560 PSe.

forderlich Abstand genommen worden. Aus dem Vorbecken tritt das Wasser in zwei durch Schützen abschließbare Druckkammern und wird in 2 über 2 km langen, eisernen Rohrleitungen von 1,4 m Durchmesser zum Krafthaus geleitet. Der Betrieb der Schützen vor den Druckkammern erfolgt zurzeit mit Hand, soll aber wegen

der weiten Entfernung des Einlaufes von dem Krafthaus elektrisch eingerichtet werden. Die Rohre sind auf der ganzen Strecke mit Erde überdeckt. Sechs Muffen ermöglichen bei plötzlichen, starken Temperaturschwankungen eine Längenausdehnung. Jedes der beiden Rohre steht in dem Krafthaus durch 6 mit Schiebeverschluf versene Stutzen mit 6 von der Firma Jensen & Dahl in Kristiania gelieferten Turbinen in Verbindung. Hierdurch ist bei etwa erforderlicher Absperrung eines Rohres eine beliebige Benutzung der Turbinen möglich.

An ihren Endpunkten vereinigen sich die beiden Druckrohre, und ist in das Endstück ein durch Gewichte auf einen bestimmten Druck reguliertes Sicherheitsventil eingeschaltet, das infolge des ungleichmäßigen Kraftbedarfes für den Betrieb der Straßenbahn oft in Tätigkeit tritt und sich bewährt hat.

Die Turbinen haben horizontale Achsen und sind mit den Dynamos auf derselben Welle elastisch gekuppelt. Lieferanten der Dynamos sind die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft und die Firma Jensen & Dahl, beide in Kristiania.

Das Gefälle beträgt 113 m. Die zur Verfügung stehende Wassermenge ist leider ungleichmäßig. Neun Monate hindurch kann auf  $120 \text{ cbf} = 3,7 \text{ cbm/sek}$  gerechnet werden; im Frühjahr und im Herbst sinkt der Zufluß jedoch während je 6 Wochen auf etwa  $80 \text{ cbf} = 2,5 \text{ cbm/sek}$ . Die gewinnbare Energiemenge schwankt somit zwischen  $1200 \text{ PS}_e$  und  $2800 \text{ PS}_e$ .

Der Grund dieser sich im Betriebe sehr unangenehm bemerkbar machenden Schwankungen liegt darin, daß die Seen, aus denen sowohl der Oberlauf des Akersflusses als auch der des Skarsilusses gespeist wird, durch Kanäle miteinander in Verbindung stehen. Infolge dieses Umstandes ist es möglich, einen Teil des aufgespeicherten Wassers unter Umgehung des Elektrizitätswerkes durch den Skarsfluß direkt dem Maridals-See zuzuleiten, ein Fall, der für Flößereizwecke des öfteren eintritt. Zudem hat auch die Verwaltung des Elektrizitätswerkes keinerlei Einfluß auf den Betrieb der Stauseen; letzterer liegt vielmehr ganz in der Hand des schon vor Anlage des neuen Werkes bestehenden Vereins der Triebwerksbesitzer, zu deren Mitgliedern die Stadtverwaltung von Kristiania nicht gehört, und auf den ein Zwang zur Aufnahme bei der schwierigen rechtlichen Sachlage bisher nicht hat ausgeübt werden können.









Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294566