

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung

**Band:** 77 (1959)

**Heft:** 12

**Artikel:** Wasserkraftanlagen im Northwest Power Pool, USA: Bericht von der Studienreise in den Staaten Oregon und Washington anlässlich des 6. Talsperrenkongresses

**Autor:** Gilg, Bernhard

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-84225>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 19.11.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Wasserkraftanlagen im Northwest Power Pool, USA

DK 621.29

Bericht von der Studienreise in den Staaten Oregon und Washington anlässlich des 6. Talsperrenkongresses

Von Ing. Dr. B. Gilg, Elektro-Watt, Zürich

### 1. Allgemeiner Ueberblick (Bild 1)

In Portland, der Hauptstadt des Staates Oregon, welche 150 km südöstlich der Mündung des Columbia River in den Pazifischen Ozean liegt, befindet sich der Hauptsitz der Bonneville Power Administration. Dieser Verwaltungszweig ist das Verbundzentrum von 17 bundeseigenen Kraftwerken, welche über die Staaten Oregon, Washington, Idaho und Montana verteilt sind und insgesamt eine installierte Leistung von ungefähr 6 Mio kW besitzen. Die grössten Wasserkraftanlagen des Nordwestens, welche zur Hauptsache am Columbia River liegen, sind hier vereinigt. Die Bonneville Power Administration ist mit zehn grossen und vielen kleinen, teils privaten, teils staatlichen Elektrizitätsgesellschaften zu einem Verbundnetz zusammengeschlossen, welches fast sämtliche Kraftwerke der nordwestlichen Staaten sowie von British Columbia (Kanada) umfasst. Es handelt sich dabei um etwa 300 Anlagen mit einer verfügbaren Normalleistung von rund 12 Mio kW<sup>1)</sup>, was ungefähr den dreifachen Betrag sämtlicher schweizerischen Wasserkraftwerke ausmacht! Dabei hat der heutige Ausbau des ungefähr 1 Mio km<sup>2</sup> umfassenden Gebietes aber die Grenzen der Möglichkeiten noch lange nicht erreicht.

Die den sogenannten Northwest Power Pool durchfließenden Wasserläufe gehören zum grössten Teil dem Stromgebiet des Columbia River an, welcher bei einer Länge von 2000 km ein Einzugsgebiet von nahezu 700 000 km<sup>2</sup> besitzt. Seine wichtigeren Nebenflüsse sind von oben nach unten der Pend Oreille River und der Spokane River, dann der sehr lange Snake River und — nahe der Mündung — der Willamette River und der Lewis River. An diesen Nebenflüssen befinden sich zahlreiche Kraftanlagen. Während der Columbia River aus dem Bergland von Brit. Columbia stammt und seinen gewundenen Lauf durch die Hochebene zwischen den Rocky Mountains und den Cascade Mountains nimmt, entspringt z. B. der Snake River den südlichen Rocky Mountains, stösst dann gegen

NW vor und vereinigt sich mit dem Columbia River vor dem Durchbruch durch die Cascade Mountains. Das Abflussregime dieser Flüsse ist deswegen ziemlich verschieden.

Die heute im Betrieb stehenden 108 Wasserkraftanlagen, welche auf dem Boden der Vereinigten Staaten im Einzugsgebiet des Columbia River liegen, besitzen eine installierte Normalleistung von 7 187 000 kW. Die durch weiteren Ausbau von bestehenden Anlagen sowie durch den Bau neuer Werke in näherer Zukunft zur Verfügung stehende Normalleistung soll über 30 000 000 kW betragen, also ungefähr den vierfachen Betrag der heutigen. Der enorme Leistungsanstieg beruht dabei nicht nur auf der Nutzbarmachung neuer Gefällsstufen, sondern ebenso sehr auch auf der Möglichkeit, bestehende Kraftwerke weiter auszubauen, sobald durch höher liegende Anlagen mit entsprechenden Speicherseen die Wasserführung der Flüsse günstig reguliert werden kann.

### 2. Die wichtigsten Wasserkraftanlagen des Nordwestens

Wir konzentrieren im folgenden unser Augenmerk auf einige der wichtigsten oder bautechnisch besonders interessanten Objekte, welche zum Teil bereits bestehen, zum Teil aber auch noch im Bauzustand sind.

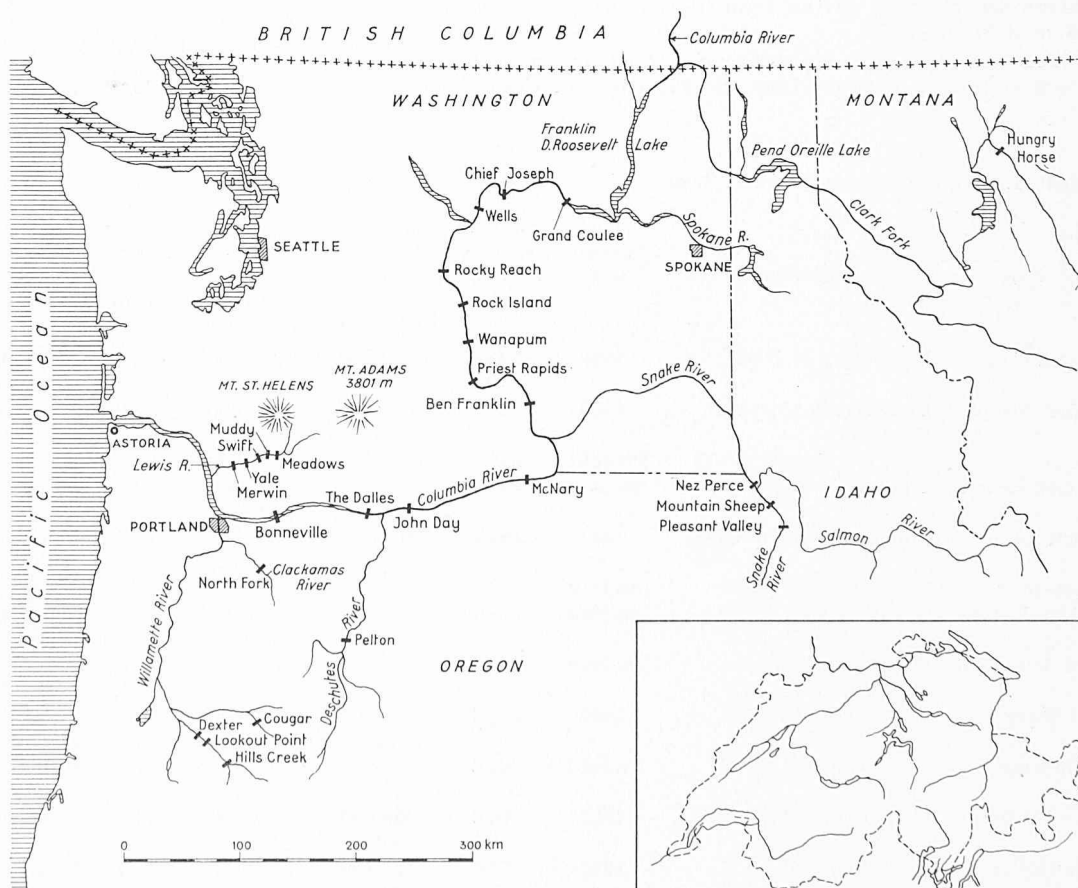


Bild 1. Uebersichtsplan der Wasserkraftanlagen im Northwest Power Pool, USA. Rechts die Schweiz im gleichen Masstab, 1:6 500 000 (Länge des Columbia River 2000 km, des Rheins 1300 km)

<sup>1)</sup> Einschliesslich 62 thermische Zentralen mit total 1 Mio kW.

## I. Die Anlagen am Columbia River

Auf kanadischem Boden ist der Columbia River noch kaum der Kraftnutzung unterworfen — bestehen doch nur wenige kleine Anlagen an einigen seiner Nebenflüsse. Diese Situation muss als besonders ungünstig bezeichnet werden, da sich die im Sommer infolge Schneeschmelze und Niederschlägen im Bergland von Britisch-Columbia bildenden Hochwasser nicht beruhigen und somit in den tiefer liegenden Kraftwerken nur schlecht genutzt werden können. Andererseits bleiben die Winterwassermengen nach wie vor gering. Die Lage könnte sich allerdings in nächster Zeit ändern, wenn das grösste der bestehenden Projekte, die Sperre von Mica Creek ungefähr 350 km nördlich der kanadischen Grenze, zur Ausführung käme. Ein Stausee von 15 000 Mio m<sup>3</sup> mit anschliessendem Gefälle von maximal 200 m würde eine Installation von 1,2 Mio kW erlauben und eine gewichtige Hochwasserregulierung darstellen. Die Verwirklichung dieser Anlage, welche bisher aus Gründen der Finanzierung auf politische Schwierigkeiten stiess, scheint jetzt in greifbare Nähe zu rücken.

Im Gebiet der Staaten Washington und Oregon ist das Ausbauprogramm des Columbia River vollständig. Zwölf Kraftwerke, deren Hauptdaten in Tabelle 1 zusammengestellt sind, liegen zwischen der kanadischen Grenze und der Mündung bei Astoria.

## II. Die Anlagen am Snake River

Obgleich sich der Snake River gut für die Kraftnutzung eignet, sind bisher hauptsächlich nur kleinere Werke an seinem Oberlauf und einigen Nebenflüssen erstellt worden. Der Verwirklichung einiger grosser, am Unterlauf projektiertes Anlagen steht vorläufig noch die wirtschaftlich und politisch ausgeschlachtete Frage des Fischfanges entgegen. Das mittlere Gefälle des stark gewundenen Wasserlaufes beträgt rund 1,5 ‰. Die oberste Sperre, der Palisades Dam, bewirkt mit einem Speichersee von 1500 Mio m<sup>3</sup> bereits eine vorteilhafte Hochwasserregulierung. Die Dammkrone liegt auf 1713 m ü. M. und eine Mauerfusszentrale verarbeitet das Gefälle von maximal 75 m. Die Anlagen folgen sich stufenweise bis zum Strike Dam, dessen Krone auf Kote 748 m ü. M. liegt.

Am Mittellauf befinden sich heute zwei Anlagen im Bau, jedoch verdienen in erster Linie die Projekte am Unterlauf

Erwähnung. Drei sich gegenseitig allerdings ausschliessende Entwürfe für ein Kraftwerk mit rund 1 Mio kW installierter Leistung werden diskutiert<sup>2)</sup>; doch ist das Problem des Fischtransportes hier nicht mit den normalerweise für geringe Stauhöhen konstruierten Fischtreppe zu lösen, da die vorgesehenen Mauern eine Höhe von rund 200 m besitzen sollen. Wie lange die Verwirklichung noch auf sich warten lässt, ist ungewiss, da die Fragen der Fischerei in den Vereinigten Staaten — wie übrigens auch in Kanada — noch mit weit grösserer Hartnäckigkeit diskutiert werden als etwa bei uns die Fragen des Naturschutzes.

## III. Die Anlagen im Einzugsgebiet des Willamette River

Der Willamette River sammelt die aus den südlichen Cascade Mountains gegen den Pacific abfliessenden Bergbäche und führt sie unmittelbar unterhalb Portland in den Columbia River. Die Grössenverhältnisse, sowohl in bezug auf die Wasserläufe als auch auf ihr Gefälle, gleichen hier mehr denjenigen in unseren Alpen, wobei aber — wenn irgendwie möglich — die Zentrale direkt an den Fuss einer Sperre gebaut wird und der Unterwasserkanal im Stau-becken der nächstunteren Stufe mündet. Die Druckstollen besitzen also minimale Längen.

Von den insgesamt 19 Anlagen sind elf bereits vollendet, drei noch im Bau und fünf erst im Projektstadium begriffen.

## IV. Der Ausbau des Lewis River (Bild 2)

Ein typisches Beispiel für den obenerwähnten «lückenlosen» Ausbau ist dieser relativ kurze, aus der Gegend des Mount Adams stammende Bergfluss, welcher ungefähr 40 km nördlich von Portland von rechts her den Columbia River erreicht. An dem rund 150 km langen Gewässer befinden sich die untersten zwei Anlagen, Merwin und Yale, bereits im Betrieb; die dritte Stufe, nämlich der Swift Dam mit zwei Zentralen, steht vor der Vollendung, während für die beiden obersten Stufen erst Projekte vorliegen. Der Gesamtausbau wird eine installierte Leistung von 781 000 kW erlauben, welche für Spitzenbetrieb auf über 900 000 kW ausgedehnt werden kann. Für eine intensive Kraftnutzung wirken sich die grossen Niederschlagsmengen (an gewissen Stellen über 3 m pro Jahr) sowie das relativ starke Gefälle von über 1000 m auf 80 km Länge besonders günstig aus.

<sup>2)</sup> Nez Perce, Mountain Sheep, Pleasant Valley.

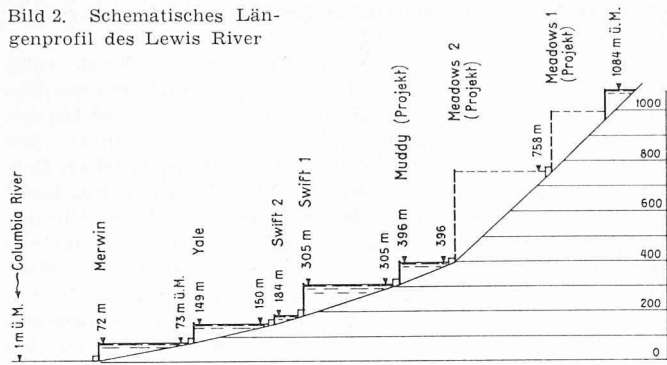
Tabelle 1. Die Anlagen am Columbia River

Name	Eigentümer	Im Betrieb seit	Normalstau in m ü. M.	Installierte Leistung 1958 in kW (Anzahl Einheiten)	Voraussichtl. Ausbau in kW (Anzahl Einheiten)	Normalgefälle in m	Bemerkungen
Grand Coulee	U. S. Bur. of Recl.	1942	393,2	1 944 000 (18)	1 944 000 (18)	103,9	Mittl. Abflussmenge 2 950 m <sup>3</sup> /s Hochwasser 1948 18 000 m <sup>3</sup> /s
Chief Joseph	U. S. Army Corps of Engineers	1956	288,3	1 024 000 (16)	1 728 000 (27)	51,0	Siehe Detailbeschreibung
Wells	Douglas County PUD	Projekt	236,2	—	402 000	20,0	
Rocky Reach	Chelan County PUD	im Bau	215,5	—	711 550 (7)	29,0	mögl. Vollausbau 1 200 000 kW
Rock Island	Chelan County PUD	1932	184,4	206 400 (10)	206 400 (10)	11,5	H. W.-Entlastung mit 36 Hub-schützen
Wanapum	Grant County PUD	im Bau	172,2	—	600 000	23,5	
Priest Rapids	Grant County PUD	im Bau	148,1	—	788 500 (10)	24,4	Späterer Ausbau auf 16 Einheiten *)
Ben Franklin	Wash Publ. Power Supply Syst.	im Bau	120,4	—	480 000	16,0	
Mc Nary	U. S. Army C. of E.	1956	103,6	980 000 (14)	980 000 (14)	22,0	enthält Schiffsschleuse und Fischtreppe
John Day	U. S. Army C. of E.	im Bau	80,8	—	1 304 400 (12)	31,7	enthält Schiffsschleuse und zwei Fischtreppe
The Dalles	U. S. Army C. of E.	1957	48,8	339 000 (6)	1 743 000 (24)	26,2	Siehe Detailbeschreibung
Bonneville	U. S. Army C. of E.	1938	22,0	518 400 (10)	518 400 (10)	18,0	Mittl. Abflussmenge 5600 m <sup>3</sup> /s **)

\*) Kosten für heutigen Ausbau 166 Mio \$.

\*\*) Mittl. jährl. Hochwasser 16 400 m<sup>3</sup>/s. Max. Hochwasser (1894) 35 000 m<sup>3</sup>/s.

Bild 2. Schematisches Längsprofil des Lewis River



### V. Weitere Flussgebiete

Wichtige Kraftwerke im Columbiabecken befinden sich noch am Pend Oreille River und seinen Nebenflüssen, welche den Rocky Mountains entspringen. Die grösste vollendete Anlage ist hier der bekannte Hungry Horse Dam, zurzeit die höchste Bogenmauer der Vereinigten Staaten (172 m).

Weitere Kraftwerke liegen am Spokane River, am Deschutes River und an den zahlreichen von den Cascade Mountains direkt zum Pacific abfliessenden Gebirgsbächen.

### 3. Die wichtigsten Kraftwerke am Columbia River

Grand Coulee, Chief Joseph, The Dalles

#### I. Grand Coulee (Bild 3)

Bis zur Inbetriebnahme des Kuibischef-Werkes an der untern Wolga<sup>3)</sup> war die Anlage von Grand Coulee das grösste Kraftwerk der Welt. Sie dient nicht nur der Energieproduktion, sondern vor allem auch der Bewässerung eines südlich von Ephrata (Washington) liegenden, 4000 km<sup>2</sup> grossen Landwirtschaftsgebietes sowie der Hochwasserregulie-

<sup>3)</sup> Installierte Leistung 2 300 000 kW bei 20 000 m<sup>3</sup>/s Abfluss und 13 m Gefälle; vgl. SBZ 1958, S. 51 und 771.

rung; denn der 12 000 Mio m<sup>3</sup> Wasser fassende Franklin-D.-Roosevelt-Speichersee mit einem Nutzinhalt von 50 % ist das oberste Becken, in dem sich die Hochwasser des Columbia River beruhigen können. Da über den Grand Coulee Dam schon eine umfangreiche Literatur besteht, beschränken wir uns auf einige Besonderheiten.

Im Jahre 1957 wurden in den beiden Zentralen insgesamt 13,7 Milliarden kWh produziert, d. h. also rund 87 % der in der ganzen Schweiz produzierten hydroelektrischen Energie. Ein sehr kleiner Anteil dieser Energie wurde benötigt, um eine Bewässerungsmenge von 1500 Mio m<sup>3</sup> Wasser ins Ausgleichsbecken zu pumpen, von wo das Wasser durch den Feederkanal nach Süden abfliesst. Der Hauptkanal besitzt ein Schluckvermögen von 450 m<sup>3</sup>/s<sup>4)</sup>, das ganze Kanalsystem umfasst ein Netz von Wasserläufen mit einer Gesamtlänge von 3000 km. Das bewässerte Gebiet bedeckt heute 1500 km<sup>2</sup>; ist einmal das ganze Kanalsystem vollendet, so werden für die Bewässerung jährlich nahezu 5 Milliarden m<sup>3</sup> Wasser benötigt, d. h. rund 5 % der mittleren Durchflussmenge des Columbia River in Grand Coulee.

#### II. Chief Joseph (Bild 4)

Eine interessante und aufschlussreiche Beschreibung dieser Anlage findet sich in «Wasser- und Energiewirtschaft» 1953<sup>5)</sup>. Während die Damm- und Wehrbauten nunmehr vollendet sind, ist die Zentrale erst zum Teil ausgebaut. Bis heute wurden von den vorgesehenen 27 Einheiten zu je 67 368 kVA erst 16 Aggregate, bestehend aus je einer Francis-turbine von 100 000 PS und einem Dreiphasengenerator mit einer Nennspannung von 13 800 V ( $\cos \varphi = 0,95$ ) eingebaut. Der endgültige Ausbau wird erst interessant, wenn die kanadischen Speicheranlagen in Betrieb kommen und gleichmässiger Abflussverhältnisse schaffen. Die Francis-turbinen besitzen die relativ grosse Schluckwassermenge von 176 m<sup>3</sup>/s bei 50 m Nettogefälle, der optimale Wirkungsgrad wird bei rund 80 % Ausnützung mit 143 m<sup>3</sup>/s und 100 U/min erreicht.

<sup>4)</sup> Entspricht ungefähr dem Rhein bei Eglisau.

<sup>5)</sup> A. Spaeni, Amerikanischer Talsperrenbau, S. 17—26, 39—47.

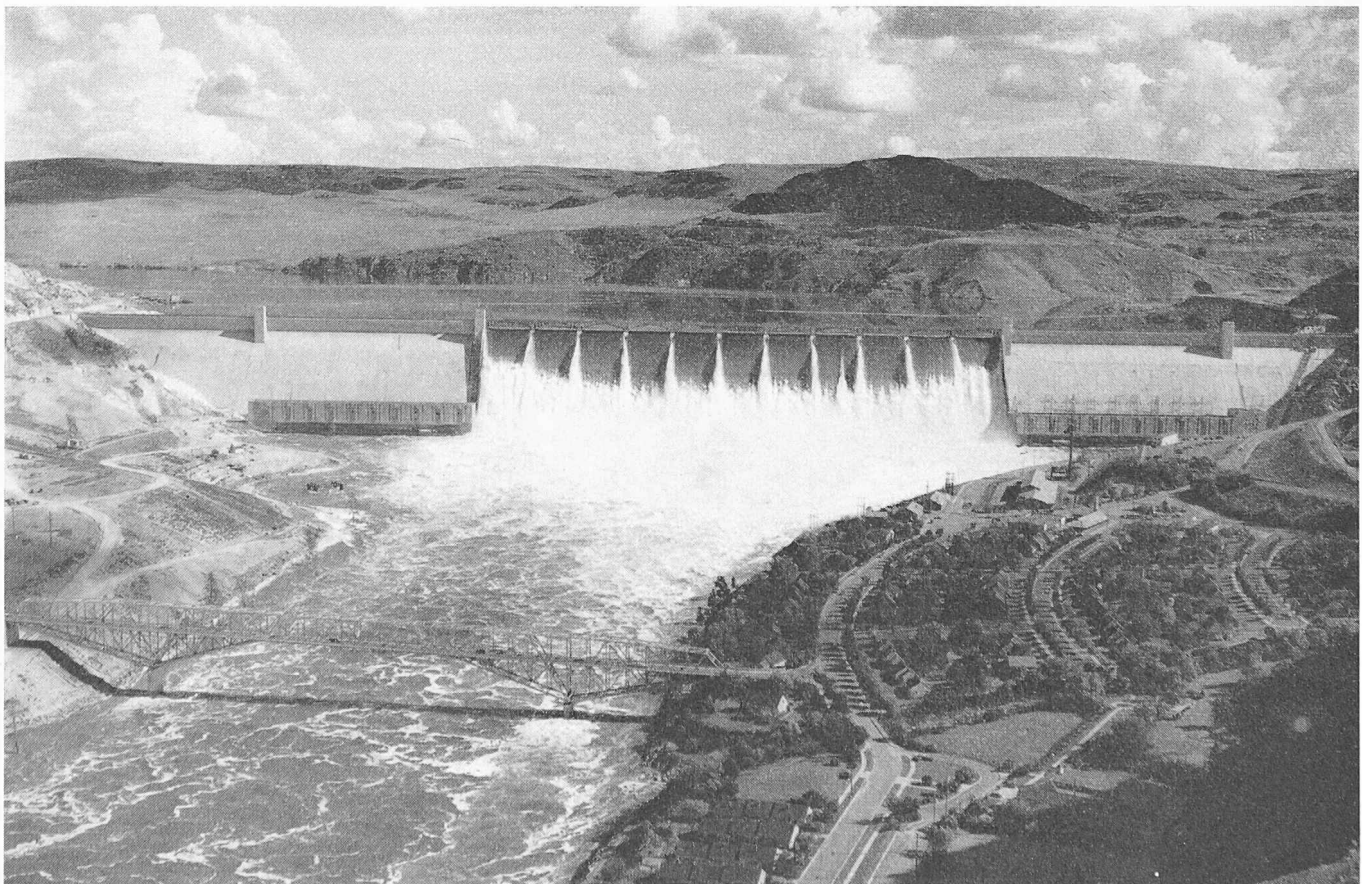


Bild 3. Anlage von Grand Coulee, Aufnahme vom 14. Juni 1958 bei einer Wassermenge von 16 700 m<sup>3</sup>/s

Photo Bur. of Recl.

Für je vier Einheiten sind drei Einphasentransformatoren installiert; die Netzspannung beträgt 230 kV. Die Kosten der wichtigsten mechanischen Teile sind die folgenden:

Objekt	Lieferfirma	Preis
10 Turbinen	Newport News	7,1 Mio \$
6 Turbinen	S. M. Smith	4,0 Mio \$
16 Generatoren	Westinghouse	19,3 Mio \$
13 Transformatoren	Engl. Electr. Co. und Penn. Transformer Co.	2,4 Mio \$
13 200/230 000		

### III. The Dalles (Bilder 5 und 6)

Diese erst kürzlich in Betrieb genommene Anlage, deren Vollausbau ebenfalls noch in der Zukunft liegt, ist die zweitletzte Stufe am Columbia River und befindet sich rund 140 km östlich von Portland. Sie dient vorwiegend der Elektrizitätserzeugung und der Schifffahrt. Die Flussregulierung spielt nurmehr eine untergeordnete Rolle, da das Nutzvolumen des 40 km langen Sees nur 65 Mio m<sup>3</sup> beträgt. Der Speicherraum reicht also bei einem Hochwasser von 20 000 m<sup>3</sup>/s nur für knapp eine Stunde.

Die ganze 2650 m lange Anlage setzt sich vom linken zum rechten Ufer folgendermassen zusammen: Abschlussdamm, Fischtreppe und -schleuse, Zentrale, Staumauer parallel zur Flussrichtung, Wehr mit Anschlussmauern quer zur Flussrichtung, Schiffsschleuse.

Die Anordnung der verschiedenen Teile war einerseits topographisch bedingt und erlaubte andererseits während der Bauzeit den ungehinderten Schifffahrtsverkehr durch den bereits bestehenden linksufrigen Kanal. Auch den Forderungen der Fischerei konnte so am besten Rechnung getragen werden. Die Dalles-Stauanlage dient im übrigen insofern der Verbesserung der Schifffahrt, als die oberhalb des Wehres liegenden Celilofälle eingestaut werden und deshalb der aus dem Jahre 1915 stammende wenig leistungsfähige Kanal ausser Betrieb gesetzt werden kann. Natürlich bedeutet das Verschwinden der Stromschnellen eine Beeinträchtigung der dort von den Indianern des Yakima-Reservates intensiv betriebenen Fischerei, welche mit einer nicht

geringen Entschädigungssumme an die staatlich protegierten Stämme wettzumachen war.

Die Organisation des Baues lässt sich kurz wie folgt zusammenfassen: Während der Jahre 1953 und 1954 wurden die Schleuse, die Wehrbauten, die nicht überströmten Mauer- teile, sowie die Fundation der Zentrale ausgeführt. Der Columbia River floss dabei in seinem ursprünglichen Bett längs dem heutigen linksseitigen Ufer. Mit Aushubmaterial wurde in den wasserarmen Zeiten bereits die Basis für den Abschlussdamm unter Wasser geschüttet. Dadurch erhöhte sich der Wasserspiegel oberwasserseitig und der Fluss konnte allmählich durch den oberen Drittel des Zentralen- gebäudes (Turbinenfundamente 15 bis 22) geleitet werden. Im Herbst 1956 wurde der Damm geschlossen und nur ein schmaler Durchgang für den bestehenden Schifffahrtskanal blieb offen. Das gesamte Wasser floss durch den erst später zum Ausbau gelangenden Zentralenteil. Bis im Frühjahr 1957 war die Dammschüttung so hoch, dass die Hochwasser bereits über das Wehr geleitet werden konnten.

Das Wehr besitzt 23 Oeffnungen, deren jede mit einer 80 t schweren Sektorschütze von 15 m Spannweite abgeschlossen wird; die Schützenhöhe beträgt 13 m und reicht somit von der Sohle auf Kote 35,8 m ü. M. bis zur Normal- stauhöhe auf Kote 48,8 m ü. M. Die Kapazität des gesamten Wehres beträgt 64 000 m<sup>3</sup>/s bei einem Einzugsgebiet der Anlage von rd. 600 000 km<sup>2</sup>. Dabei würde der Stau auf 56,0 m ü. M., das heisst bis zur Kronenkote sowohl der Mauer als auch des Dammes, steigen. Die Wahrscheinlichkeit für ein solches Hochwasser ist äusserst gering, beträgt doch das mittlere Frühjahrshochwasser der letzten zwanzig Jahre rd. 15 000 m<sup>3</sup>/s.

Im September 1957 wurde die erste Turbine in der 650 m langen Zentrale (Bilder 7 bis 9) in Betrieb genommen; da- nach folgt rund alle drei Monate ein weiteres Aggregat von 78 000 kW installierter Leistung, so dass bis 1960 eine Total- leistung von 1 119 000 kW aus 14 Haupt- und zwei Neben- einheiten zur Verfügung stehen wird. Für die restlichen acht Turbinen sind die Fundationen bereits vollendet; der Voll- ausbau wird interessant, wenn die niedrigen Winterwasser-

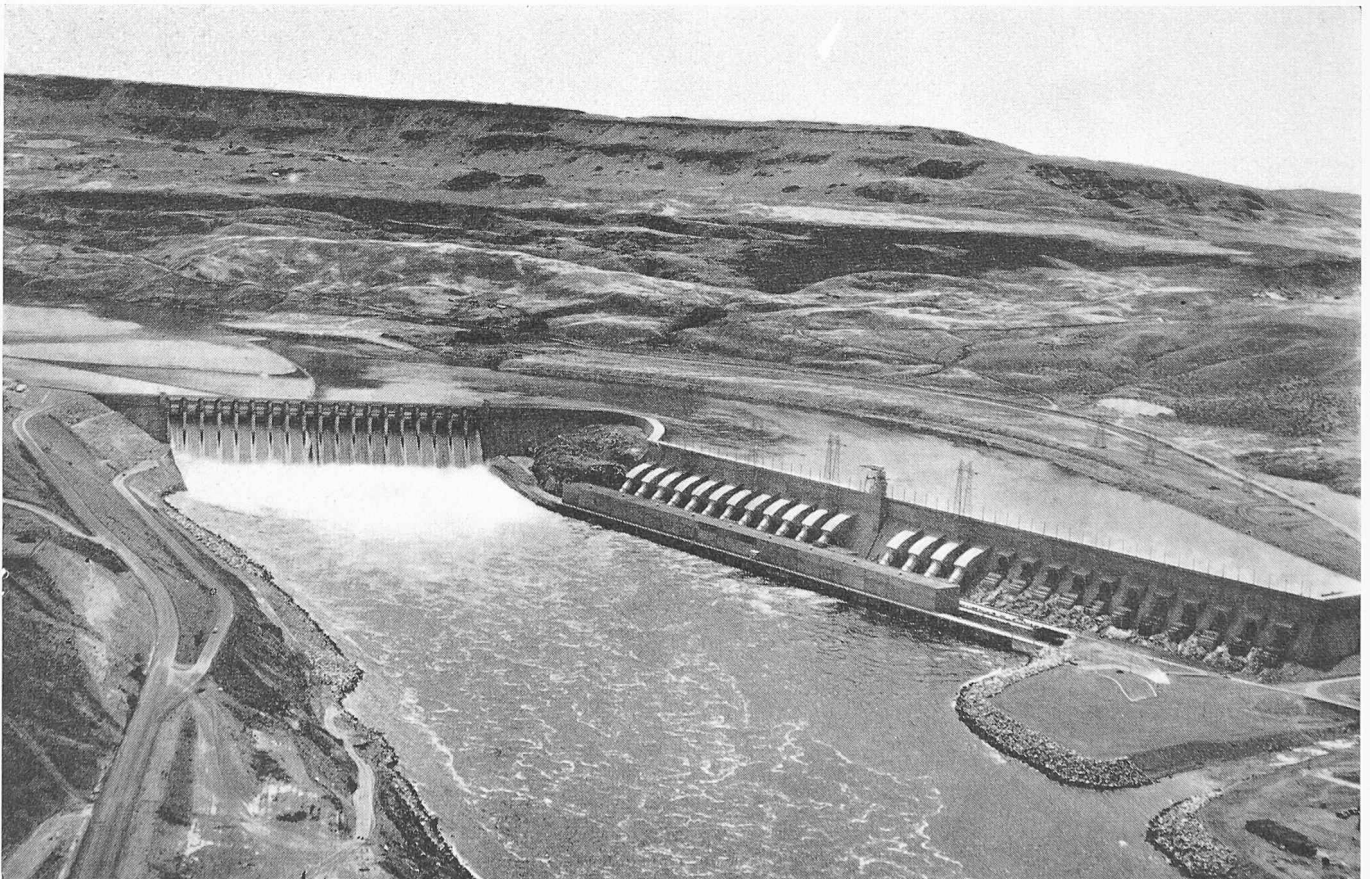


Bild 4. Anlage Chief Joseph

US Army Photograph

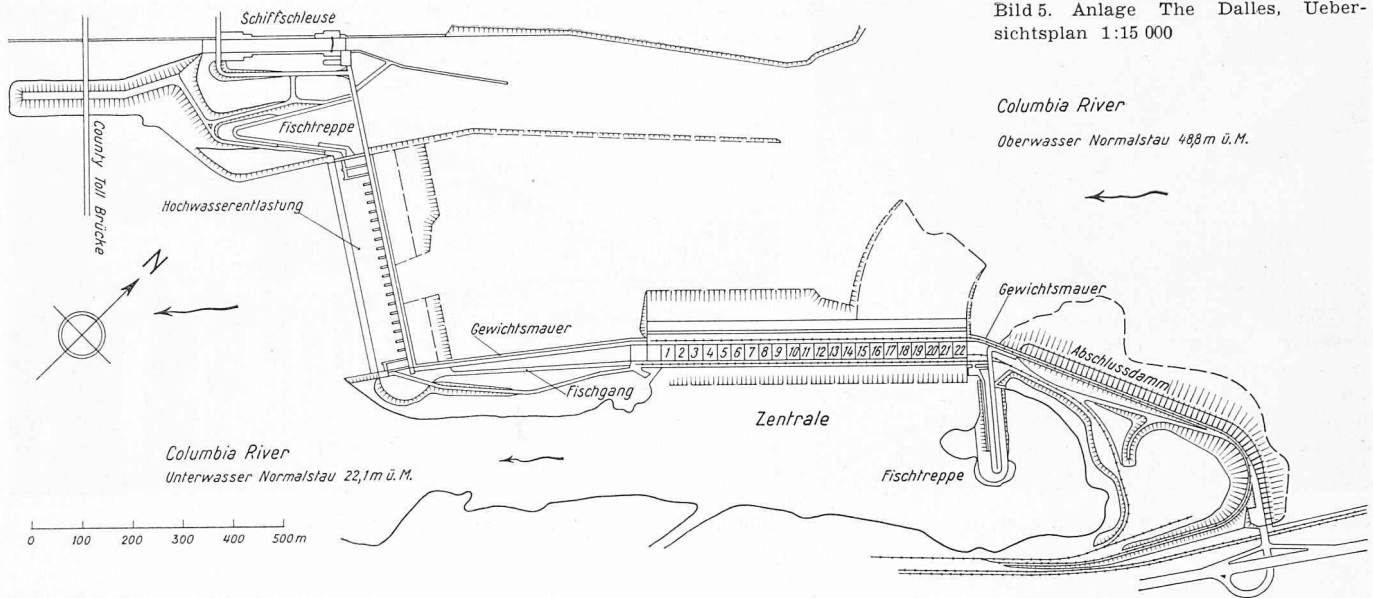


Bild 5. Anlage The Dalles, Uebersichtsplan 1:15 000

mengen durch die kanadischen Speicheranlagen eine Erhöhung erfahren. Die mit Propellerturbinen ausgerüsteten Aggregate verarbeiten unter einem Normalgefälle von 26,6 m mit 85,7 U/min eine Schluckwassermenge von 364 m<sup>3</sup>/s. Zwei Zentralenkrane von 370 t Tragkraft dienen dem Ein- und Ausbau, wobei der gesamte rotierende Teil eines einzigen Aggregates rd. 1000 t wiegt. Im Vollbetrieb müssen jedes Jahr fünf Einheiten überholt werden, was einen Betriebsausfall von zwei Wochen pro Einheit bedingt.

Für den Durchgangsverkehr von Menschen und Waren, aber auch von Fischen, wurden mehrere Anlagen erstellt. So besitzt die rechtsufrig angeordnete *Schiffsschleuse* eine Länge von 205 m und eine Breite von 26 m; die Schiffe werden im Verlauf von zwanzig Minuten 27 m gehoben oder

gesenkt. Das Füllen bzw. Leeren des Schleusenraumes wird nur durch die Schwerkraft bewerkstelligt. Im Mittel passieren täglich zwanzig Fahrzeuge die Dalles-Sperre. Zwei je 550 m lange *Fischtreppen* erlauben das Steigen der Salme und anderer Fischarten. Wenn man bedenkt, dass z. B. am 8. Sept. 1942 über 50 000 Fische den Bonneville-Damm flussaufwärts durchstiegen haben, so wundert man sich nicht über die kostspieligen Anlagen für die Fischerei, stellt diese am Columbia River doch eine jährliche Einnahme von 50 Mio \$ dar. Die steigenden Fische, welche bei Längen von 1 m bis zu 25 kg wiegen, überwinden spielend Fischtreppen bis zu 30 m Höhe; die flussabwärtstreibenden Jungfische dagegen schwimmen ungehindert durchs Wehr und selbst durch die Turbinen.

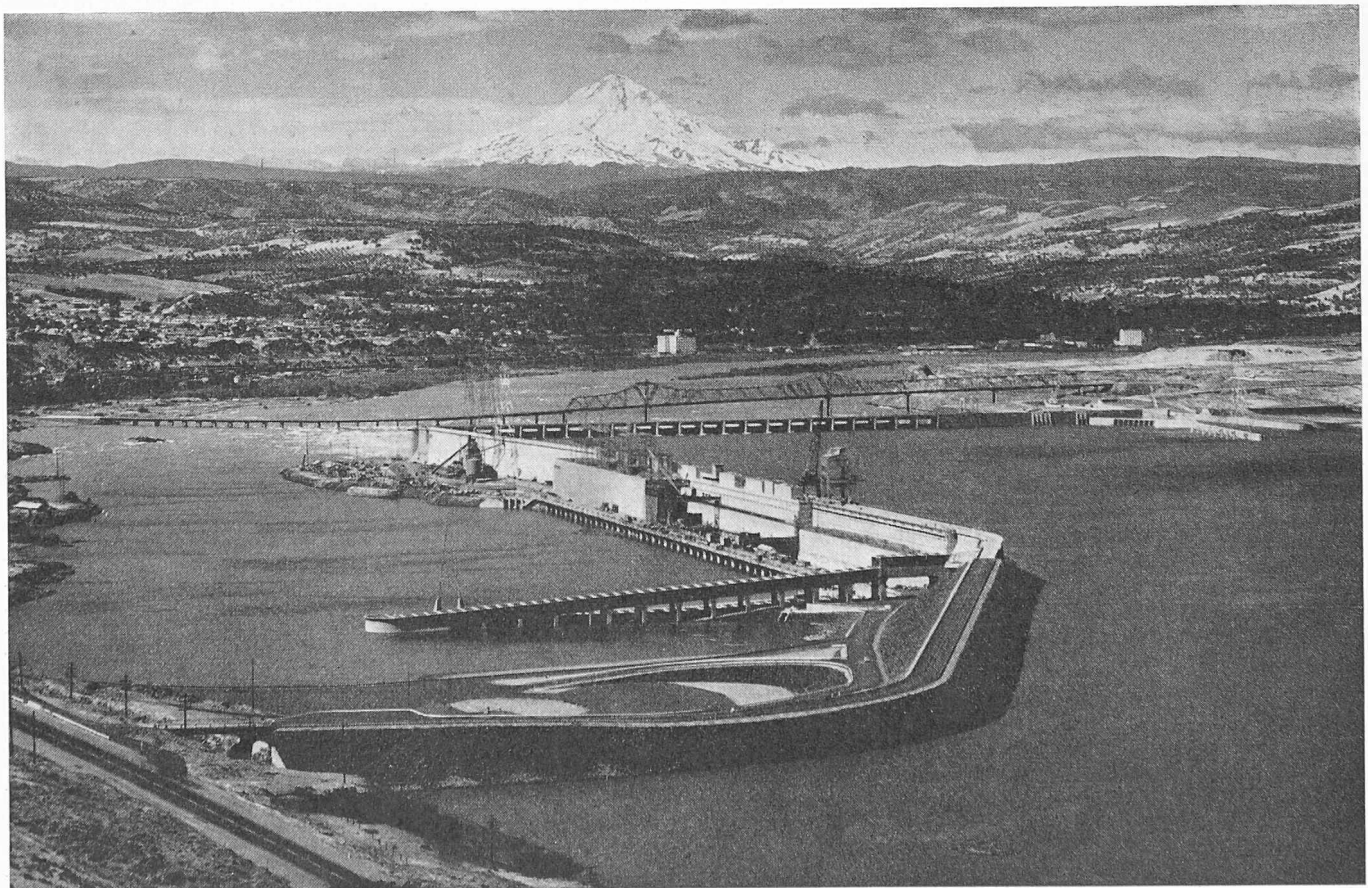


Bild 6. Anlage The Dalles aus Osten

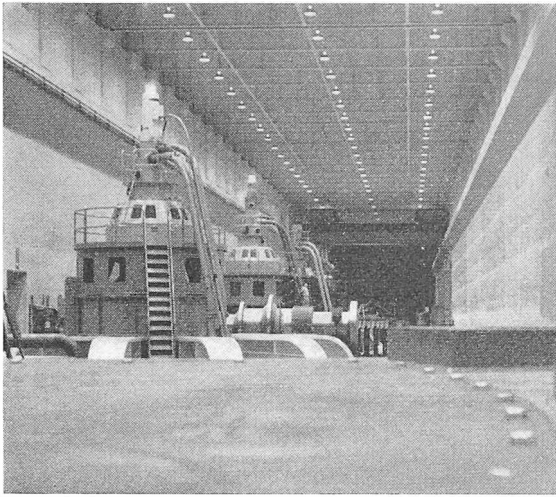


Bild 8. The Dalles, Innenansicht Zentrale

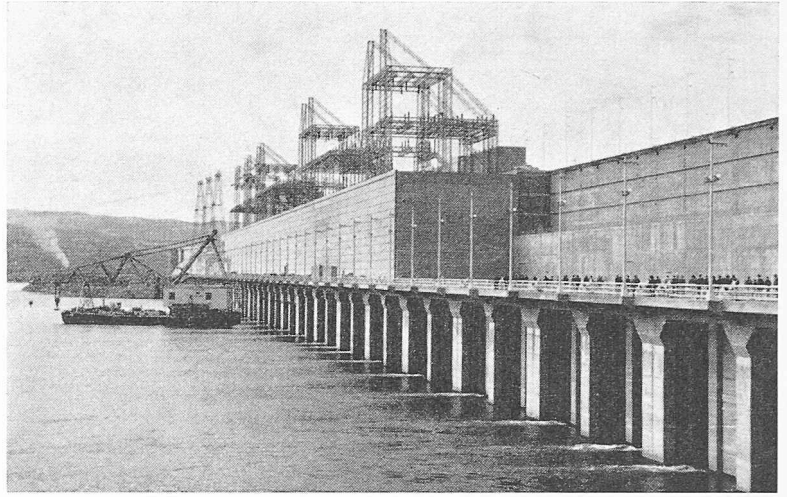


Bild 9. The Dalles, Zentrale von der Unterwasserseite

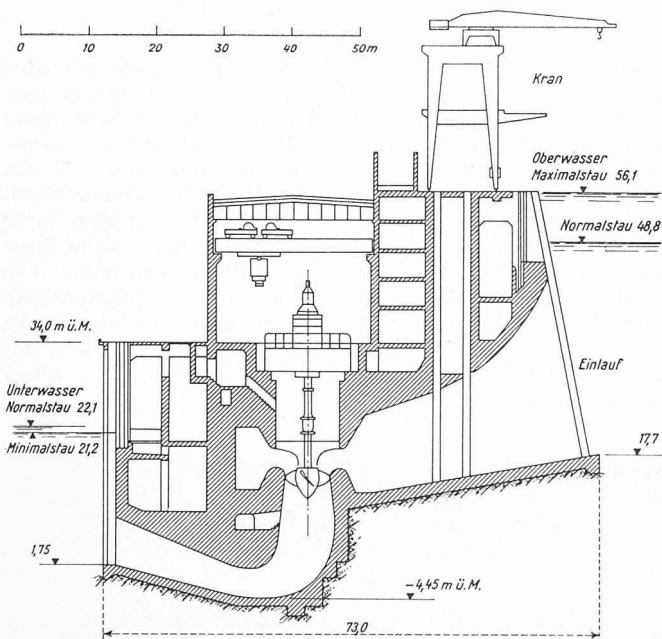


Bild 7. The Dalles, Querschnitt 1:1100 durch Zentrale

Bautechnisch interessant war die Erstellung des linksufrigen *Abschlussdammes* (Bild 10). Die bereits erwähnte Unterwasserschüttung von blockigem Aushubmaterial wurde jeweils eingestellt, sobald die Durchflussmenge 5500 m<sup>3</sup>/s überschritt. In Anbetracht der starken Sommerhochwasser (bis 23 000 m<sup>3</sup>/s) bestand die Gefahr, dass die Schüttung von einem Winter bis zum nächsten ihre Form verändere. Die ständige Unterwassertelevationskontrolle zeigte aber nur unbedeutende Verschiebungen. Auf das Aushubmaterial der

Zentralenfundation wurde Steinbruchmaterial bis zur endgültigen Kronenhöhe eingebracht, womit der (luftseitige) Stützkörper seinen Abschluss fand. Seine totale Kubatur beträgt 2,3 Mio m<sup>3</sup>; davon waren 800 000 m<sup>3</sup> unter Wasser geschüttet worden.

Nach Schliessung des alten Flusslaufes begann man mit der wasserseitigen Abdichtung des Dammes. Sie beruht auf dem Prinzip der Selbstdichtung, d. h. vom absolut durchlässigen Stützkörper werden die Zonen zunehmend dichter bis zur wasserseitigen Böschung. Auf feines Steinbruchmaterial folgt die Kiessandzone und darauf die als Oberflächendichtung wirkende Zone aus feinem Schwemmmaterial. Während die in Schichten von 1,5 m eingebrachte Blockschüttung sowie das «feinere» Steinbruchmaterial (Schichten bis 90 cm) nur durch das Befahren mit den Transport- und Verteilfahrzeugen verdichtet wurde, kam beim Einbringen der Kiessandzone und der dichtenden Oberflächenzone die Pneuwalze zur Anwendung, soweit diese Zonen nicht unter Wasser geschüttet werden mussten. Die Stärke der Schichten betrug 45 cm. Die Stabilität ist durch verhältnismässig schwache Böschungsneigungen auf der Wasserseite gesichert, die Durchlässigkeit ist wahrscheinlich relativ hoch, was aber auf die Wirtschaftlichkeit des Kraftwerkes keinen Einfluss hat. Der rd. 65 m hohe Dammbesitz ein Totalvolumen von rund 3,2 Mio m<sup>3</sup> bei einer Länge von ungefähr 700 m.

Die in Dalles erzeugte Energie besitzt dank verhältnismässig kurzer Uebertragung von der Anlage bis zu den Hauptverbrauchszentren einen besonders hohen Wert. Die Totalkosten bis und mit der Installation des 14. Aggregates werden auf 250 Mio \$ geschätzt.

#### 4. Der Ausbau des Lewis River

Merwin, Yale, Swift, Muddy, Meadows (Bild 2)

##### 1. Allgemeiner Ueberblick

Das gegen 3000 km<sup>2</sup> grosse Einzugsgebiet zieht sich von Portland über die stark bewaldeten Abhänge der Cascade Mountains hinauf bis zu den schneebedeckten Höhen des Mount St. Helens und Mount Adams (3800 m ü. M.). Die vorwiegend im Winter eintretenden starken Regenfälle machen den Lewis River für die Kraftnutzung besonders interessant. Der Ausbau erfolgte im Laufe der letzten dreissig Jahre stufenweise von unten nach oben.

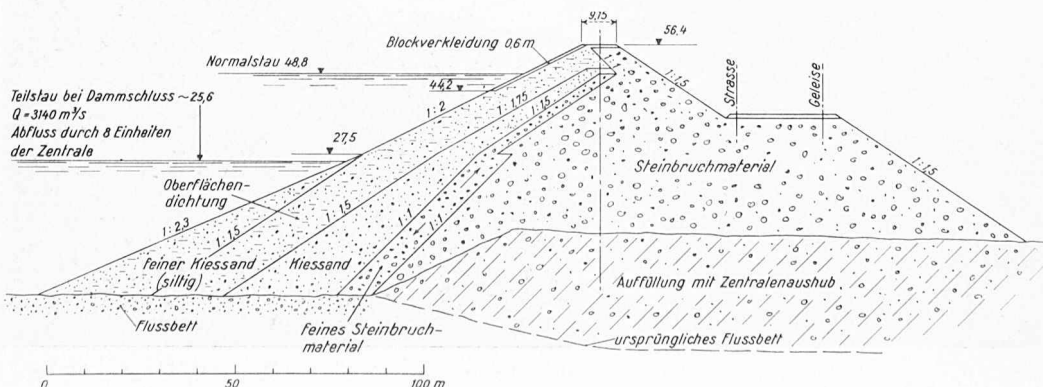


Bild 10. The Dalles, Abschlussdamm-Querschnitt 1:2000

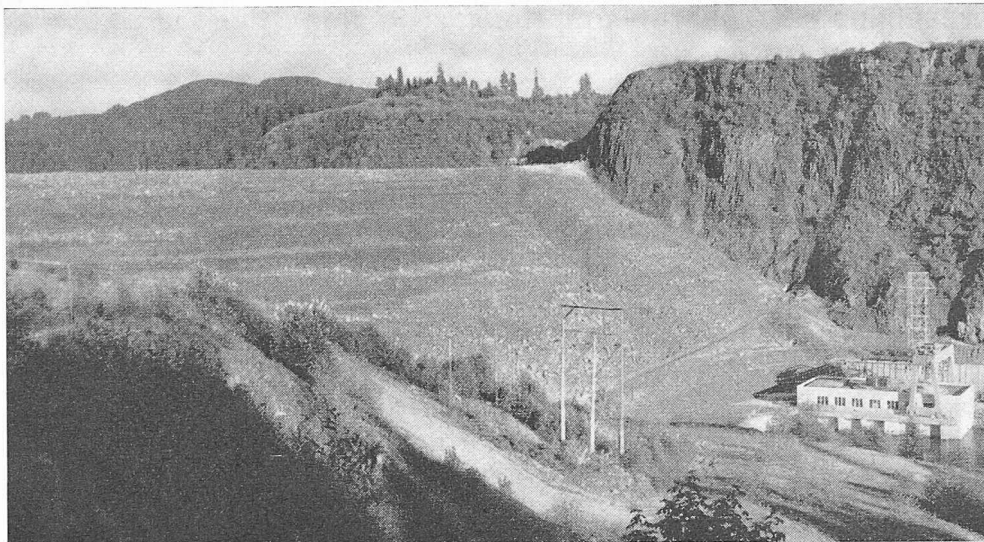


Bild 13. Yale-Damm: luftseitiger Stützkörper mit Zentrale (Spitzenleistung 133 000 kW)

## II. Die Merwin-Sperre

Diese 1931 vollendete Bogengewichtsmauer (Bilder 11 und 12, Eigentümer: Pac. Power & Light) besitzt folgende Hauptabmessungen:

Kronenlänge (ohne Wehr) . . . . .	222 m
Maximalhöhe über Fels . . . . .	95 m
Kronenradius . . . . .	118 m
Kronenbreite . . . . .	5,9 m
Oeffnungswinkel . . . . .	108 °
Radius an der Mauerbasis . . . . .	61 m
Basisdicke . . . . .	28,3 m

Das totale Betonvolumen für die eigentliche Bogenmauer sowie für die rechtsufrig anschliessende Hochwasserentlastung, welche für einen Abfluss von 3360 m<sup>3</sup>/s bemessen ist, beträgt 230 000 m<sup>3</sup>. Der 19 km lange Stausee besitzt ein Nutzvolumen von 270 Mio m<sup>3</sup>; sein maximaler Betriebsspiegel liegt auf Kote 72 m ü. M. Die Wasserfassung befindet sich in der Mauermittle, von wo vier Druckleitungen zur Zentrale führen; diese liegt unmittelbar am Mauerfuss auf einem die Felsschlucht überspannenden Betongewölbe. Im Jahre 1931 wurde die erste der vier Einheiten von 45 000 kW installierter Leistung in Betrieb genommen. Zwei weitere Einheiten, alle durch Francisturbinen angetrieben, folgten mit dem Ausbau der oberen Stufen Yale und Swift; für eine vierte Einheit ist ebenfalls Platz vorhanden. Mit der heute installierten Normalleistung von 135 000 kW soll eine Jahresproduktion von 540 Mio kWh möglich sein.

## III. Der Yale-Damm

Der Ausbau dieser nächsthöheren Stufe (gleicher Eigentümer wie Merwin-Sperre) wurde 1948 in Angriff genommen. Als Sperre dient hier ein Erddamm (Bild 13) von 450 m Kronenlänge und 98 m Höhe mit einem Volumen von 3,2 Mio m<sup>3</sup>. Der dadurch geschaffene Stauraum beträgt 500 Mio m<sup>3</sup>. Der Damm selbst liegt vollständig auf dem Felsuntergrund und zeigt im Profil einen wasserseitigen Stützkörper aus unsortiertem Schüttmaterial, welcher im Bereich der Seespiegelschwankungen durch eine Steinpackung

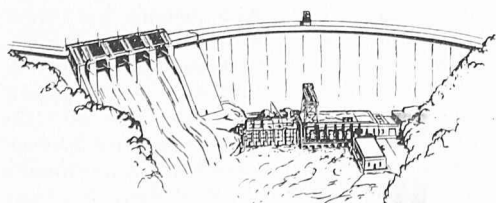


Bild 11 (links). Merwin-Bogenmauer von der Luftseite

Bild 12 (rechts). Mauerfusszentrale der Merwin-Sperre mit 300-t-Kran

Bilder 8, 9, 12, 13  
Photos des Verfassers

abgedeckt ist; darunter liegt eine Sandfilterzone, welche den schwach geneigten Kern beim Absenken des Sees vor Ausschwemmungen schützt. Das Kernmaterial besitzt nur geringe Kohäsion. An die dichte Kernzone schliesst gegen die Luftseite wiederum eine Sandfilterzone an, darauf folgt eine breite Drainagezone aus Kiessand von spezieller Granulometrie und Durchlässigkeit. Der luftseitige Stützkörper besteht im Innern aus sandigem Kies, gegen die Böschungen hin aus einem Gemisch von Grobkies und Steinbruchmaterial. Die vom Kern gegen die Luftseite stufenweise zunehmende Durchlässigkeit verhindert Ausschwemmungen infolge Durchströmung. Die rechtsufrig liegende Hochwasserentlastung entleert durch fünf Sektorschützen 4900 m<sup>3</sup>/s, d. h. rund 50 Prozent mehr als die entsprechenden Organe der Merwin-Sperre, obschon das Einzugsgebiet in «Yale» natürlich kleiner ist als in «Merwin». Diese Vorsichtmassnahme entspringt der Ueberlegung, dass bei einem ausserordentlichen Hochwasser eine Betonmauer ohne gefährliche Schädigung auch einmal überflutet werden kann, dass aber die gelegentliche Ueberflutung eines Dammes unter allen Umständen eine Katastrophe bedeutet, weil die dadurch entstehenden Breschen eine beginnende Entleerung des Stausees und eventuell eine fortschreitende Zerstörung des Dammes zur Folge haben.

Die am linksufrigen Dammfuss liegende Zentrale verarbeitet das bis zu einem maximalen Betriebsspiegel auf Kote 149 m ü. M. gespeicherte Wasser mittels zwei Einheiten von je 54 000 kW. Das maximale Gefälle beträgt 76 m zwischen Stauspiegel und Wasserrückgabe in den Merwin-See. Zwei weitere Turbinen sind für den zukünftigen Vollausbau vorgesehen. Die heutige mittlere Jahresproduktion beträgt 550 Mio kWh.

Schluss folgt

