

# Amerikanischer Talsperrenbau : Eindrücke von einer Studienreise in den Vereinigten Staaten von Amerika

Autor(en): **Spaeni, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **45 (1953)**

Heft 2

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-921636>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

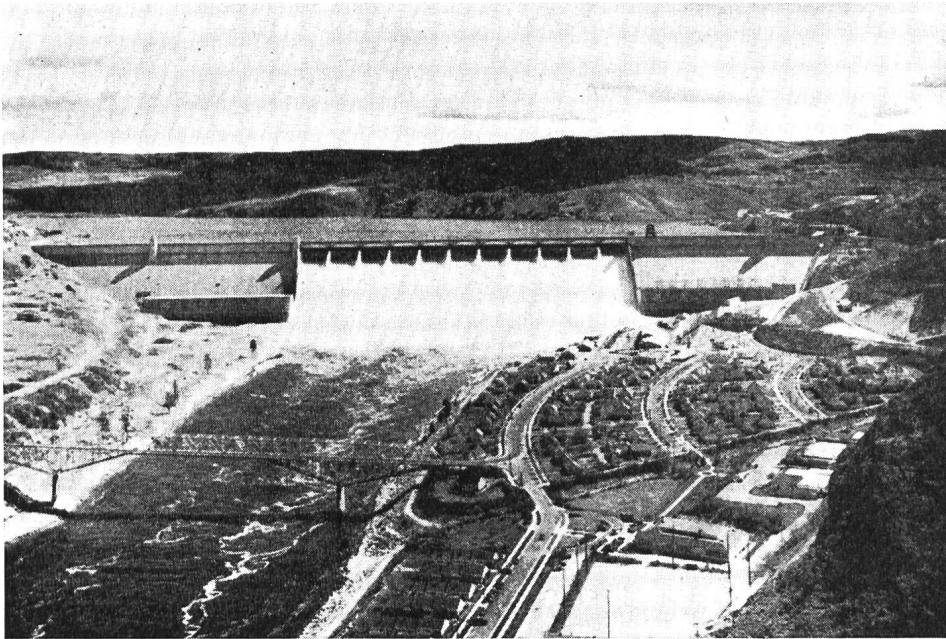


Abb. 12

Grand Coulee Dam, Ansicht der fertigen Staumauer und der beidseitigen Zentralen am Fuße der Mauer

## Amerikanischer Talsperrenbau

### Eindrücke von einer Studienreise in den Vereinigten Staaten von Amerika

Von A. Spaeni, Dipl. Ing., Elektro-Watt, Elektrische und Industrielle Unternehmungen AG, Zürich \*

DK 627.8 (73)

#### I. Einleitung

Im Verlaufe des letzten Sommers feierte die «American Society of Civil Engineers» in Chicago ihr hundertjähriges Bestehen. Das Sekretariat des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins benützte diese Gelegenheit, eine Studienreise nach den USA zu organisieren, um den Teilnehmern die Fühlungnahme mit amerikanischen Kollegen zu ermöglichen und gleichzeitig Einblick zu vermitteln in die Probleme, die sich den amerikanischen Ingenieuren und Architekten bei der Lösung ihrer großen und interessanten Aufgaben stellen. Eine persönliche Kontaktnahme mit leitenden amerikanischen Ingenieuren, die sich mit der Projektierung und Ausführung von großen Wasserkraftanlagen befassen, war für die Schweizer Ingenieure um so interessanter, als auch in der Schweiz Bauwerke von amerikanischen Ausmaßen in Ausführung begriffen sind wie z. B. der Marmorera-Damm, die Staumauern von Mauvoisin und Grande Dixence. Mit den nachfolgenden Ausführungen sollen einige Eindrücke von der dreieinhalbwöchigen Studienreise, die in der Zeit vom 20. August bis 14. September 1952 elf Bauingenieure in die Hauptgebiete des amerikanischen Kraftwerkbaues im mittleren Westen, im Süden und im äußersten Nordwesten der USA führte, vermittelt werden.

#### II. Reiseroute, erste Eindrücke (Abb. 1)

Nach einem ruhig verlaufenen Nachtflug über den Atlantik mit einer DC4 der Swissair erfolgte gegen Mittag des 21. August die Zwischenlandung in Gander und anschließend bei herrlichem Wetter längs der Atlantikküste den Weiterflug nach New York. Ein erster eintägiger Aufenthalt bot den Teilnehmern Gelegenheit, mit einer großen Zahl von amerikanischen Kollegen der «American Society of Civil Engineers» Kontakt zu nehmen. Die Reise führte weiter mit der Pennsylvania-Railway nach Washington, wo am Hauptsitz des «Bureau of Reclamation» (B. of R.) die erste Fühlungnahme mit dieser großen amerikanischen staatlichen Organisation stattfand. Mit dem Flugzeug ging es weiter quer über den amerikanischen Kontinent, zunächst bis nach Denver, Hauptstadt des Staates Colorado und Sitz des 7. Distrikts des B. of R. Anlässlich des eintägigen Aufenthaltes in dieser typischen, 400 000 Einwohner zählenden Stadt des mittleren Westens wurde Gelegenheit geboten, mit leitenden Ingenieuren zahlreiche technische Probleme zu besprechen und die ausgedehnten Laboratorien für Wasserbau und Materialprüfung zu besuchen. Hierauf folgte der Weiterflug über die Rocky-Mountains und Salt-Lake-City nach Spokane, einer Stadt von 120 000 Einwohnern im Staate Washington. Von hier aus wurden mit Bahn und Auto verschiedene Staumauern im Gebiete des Columbia-Rivers besucht:

\* Vortrag im Linth-Limmat-Verband am 27. Januar 1953.

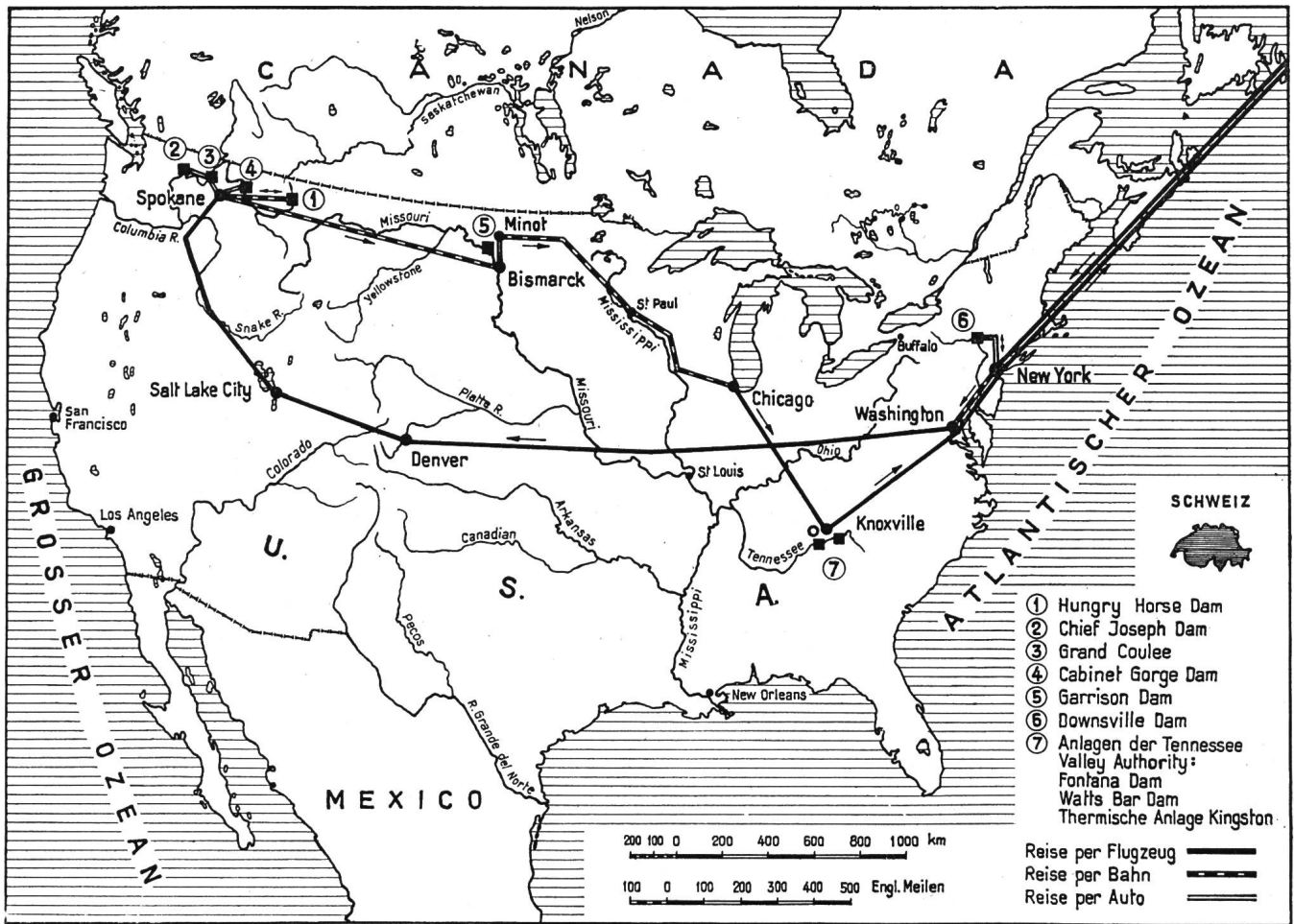


Abb. 1 Übersichtsplan der Vereinigten Staaten von Nordamerika mit der eingezeichneten Reiseroute

Hungry Horse Dam, Cabinet Gorge Dam, Chief Joseph Dam und Grand Coulee Dam. Nach diesen, von prächtigem Wetter begünstigten Exkursionen, die bis in die nächste Nähe der kanadischen Grenze führten, reiste die Ingenieurgruppe mit der Northern-Pacific Railway quer durch die Rocky-Mountains und die riesigen Steppengebiete nach Bismarck, der Hauptstadt von Nord-Dakota, die nach dreißigstündiger Bahnfahrt erreicht wurde. Anschließend wurde der am Missouri gelegene Garrison-Dam besichtigt; von Minot aus führte hierauf die Great Northern Railway die Reisetilnehmer über Minneapolis nach einer mehrstündigen prächtigen Fahrt entlang dem Mississippi nach Chicago. Leider erlaubte das gedrängte Reiseprogramm nur einen anderthalbtägigen Aufenthalt, der aber doch ausreichte, um die wichtigsten Sehenswürdigkeiten der Stadt zu besichtigen. Anschließend folgte ein Flug in Richtung Süden, nach Knoxville, dem Hauptsitz der «Tennessee Valley Authority», von wo aus der Fontana Dam im Staate Nord-Carolina, der Watts-Bar Dam sowie die thermische Anlage von Kingston besucht wurden. Nach einem Aufenthalt von drei Tagen in dieser prächtigen, aber heißen Gegend — das Tennessee-Tal liegt in der gleichen geographischen Breite wie Nordafrika — folgte der Rückflug über Washington, Phila-

delphia nach New York. Eine letzte technische Exkursion führte an den Downsville Dam, der von der Wasserversorgung der Stadt New York erstellt wird.

Vor der kurzen technischen Beschreibung der besichtigten Anlagen mögen noch einige Eindrücke mehr allgemeiner Art folgen.

Da ist vor allem auf die Offenheit und Zuvorkommenheit der Amerikaner hinzuweisen, mit der sie den Schweizer Ingenieuren über alle gewünschten technischen und wirtschaftlichen Fragen Auskunft erteilten; diese Bereitwilligkeit, gemachte Erfahrungen weiterzugeben, war bei sämtlichen staatlichen und privaten Institutionen zu finden. In diesem Zusammenhang ist auch die Gastfreundschaft der Amerika-Schweizer zu erwähnen, die den Reisetilnehmern mit Rat und Tat beistanden und viel zu dem guten Gelingen der Studienreise beigetragen haben.

Die Reise quer durch die Vereinigten Staaten, die über Tausende von Kilometern per Flugzeug, mit der Bahn und Auto in den Norden, Nordwesten und Süden des Kontinentes führte, vermittelte einen nachhaltigen Eindruck von der Verschiedenartigkeit des Landschaftscharakters. Besonders eindrücklich war die Feststellung, daß große Gebiete des Westens und äußeren Nordwe-

stens nur sehr dünn besiedelt sind. Die riesigen Steppengebiete, über die man stundenlang flog, sind lediglich hie und da durch kleine Grünstreifen längs der Flußläufe belebt. Die Notwendigkeit der Anstrengungen, welche die amerikanische Regierung für die Regulierung der Flußläufe zu Bewässerungszwecken, für die Schiffbarmachung, zur Kraftnutzung und damit zur Urbarmachung großer Landgebiete unternimmt, wurde dadurch sehr anschaulich illustriert.

Der Aufgabenkreis und die Organisation der drei staatlichen Institutionen, durch welche diese großen Bauten projiziert und zum Teil auch ausgeführt werden, können kurz wie folgt skizziert werden:

Der ältesten dieser Organisationen, dem «Bureau of Reclamation», ist als Hauptaufgabe die Urbarmachung der riesigen, etwa eine Million km<sup>2</sup> umfassenden Trockengebiete westlich des Mississippi übertragen; der Tätigkeitsbereich erstreckt sich über 17 Staaten.

Dem «Corps of Engineers» (C. of E.), einer weiteren staatlichen Organisation, war ursprünglich der Schutz des Landes vor Überschwemmungen und die Schiffbarmachung der Flüsse übertragen; es entwickelte sich aus diesen Aufgaben heraus ein sehr bedeutender Talsperrenbau. Als markanteste Bauwerke, welche vom C. of E. projiziert wurden, sind der Grand Coulee Dam, mit einer Betonkubatur von 8,4 Mio m<sup>3</sup> als die größte Staumauer, und der Garrison Dam mit 53 Mio m<sup>3</sup> Erdschüttung als der größte Damm der Welt zu nennen.

Die dritte staatliche Organisation, die «Tennessee Valley Authority», wurde durch Franklin Delano Roosevelt im Jahre 1933, im Zeitpunkt der größten Wirtschaftskrise, ins Leben gerufen. Der Aufgabenkreis der TVA umfaßt folgende Gebiete:

- Hochwasserregulierung des Tennessee und seiner Nebenflüsse.
- Verbesserung der Schiffsverkehrsverhältnisse.
- Erstellung von chemischen Fabriken für die Herstellung verschiedener Produkte für die Landwirtschaft und militärische Zwecke.
- Erzeugung von elektrischer Energie (z. T. verwendet in den Atomenergieanlagen von Oak Ridge).

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, daß der gesamte Energiebedarf der USA nur zu rund 1 0/0 mit elektrischer Energie aus Wasserkraftanlagen gedeckt wird, obschon dem Ausbau der Wasserkräfte ganzer Flußgebiete sowohl durch Privatgesellschaften, die rund 80 0/0 des gesamten Energiebedarfes decken, als auch durch die staatlichen Organe größte Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Die mittlere Jahresproduktion sämtlicher Wasserkraftanlagen der USA erreicht zurzeit rund 110 Milliarden kWh, was der neunfachen Produktion der schweizerischen Anlagen entspricht.

### III. Beschreibung der besichtigten Anlagen

#### A. Die Talsperren im Gebiete des Columbia-River

##### 1. Hungry-Horse Dam (Abb. 2—5)

Diese Talsperre befindet sich am South Fork, einem Nebenfluß des Flathead-River, im Einzugsgebiet des Columbia-River, im Staate Montana, etwa 80 km von der kanadischen Grenze entfernt. Bauherr ist das «Bureau of Reclamation». Mit den Bauarbeiten wurde im Jahre 1948 begonnen. Die Fertigstellung der ganzen Anlage ist auf 1953 vorgesehen.

##### Technische Daten:

<i>Stausee:</i>	
Inhalt	4 320 Mio m <sup>3</sup>
Länge	55 km
maximale Breite	5,6 km
Oberfläche	90 km <sup>2</sup>

<i>Bogenstaumauer:</i>	
maximale Höhe	170 m
Kronenlänge	645 m
Betonkubatur	2,2 Mio m <sup>3</sup>
Radius	366 m
Zentriwinkel	98°

<i>Entlastungsorgane:</i>	
Hochwasserentlastung (Überfall)	1 300 m <sup>3</sup> /s
Grundablaß	400 m <sup>3</sup> /s

<i>Zentrale:</i>	
am luftseitigen Fuß der Bogenstaumauer, installierte Leistung:	
4 Turbinen à	105 000 PS
4 Generatoren total	285 000 kW

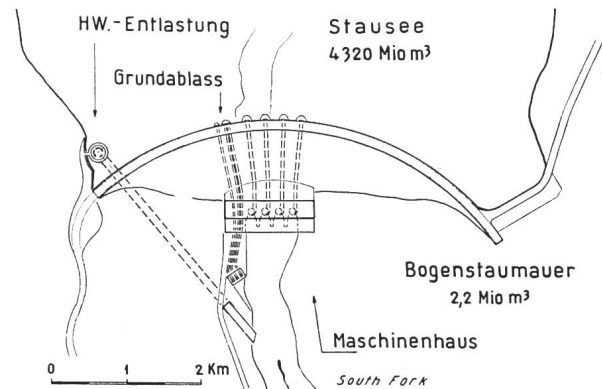


Abb. 2 Hungry-Horse Dam, Lageplan

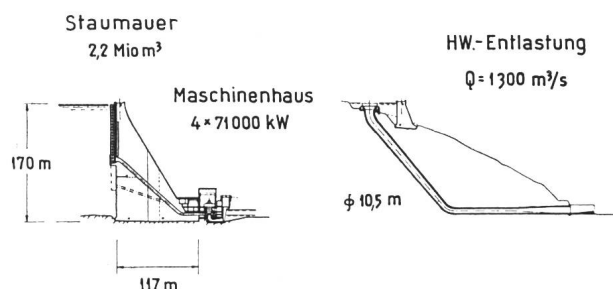


Abb. 3 Hungry-Horse Dam, Schnitte durch Staumauer und Hochwasserentlastungsorgane



*Baukosten:* 108 Mio Dollars.

*Belegschaft:* in Mittel 1800 bis 2000 Mann, max. 2500 Mann.

In konstruktiver Hinsicht sind folgende Einzelheiten bemerkenswert:

a) *Die Berücksichtigung des Auftriebes in der statischen Berechnung.*

Zur Verkleinerung des Auftriebes werden bei allen Mauern des B. of R. im Felsuntergrund auf der Unterwasserseite des Injektionsschirmes Drainagerohre eingebaut. Die Berechnung des Auftriebes erfolgt gemäß dem in der Abb. 6 eingezeichneten Diagramm. Zur Bestimmung der Gleitsicherheit wird unter der Annahme, daß die Drainagerohre außer Betrieb seien, die Druckverteilung nach der Linie A—C angenommen, wobei das Verhältnis der horizontalen Kräfte zu den vertikalen Kräften kleiner als 1 sein muß.

b) *Die Festlegung der zulässigen Spannungen.*

Für jede Talsperre wird anhand von Probekörpern, hergestellt aus den für die Bauausführung vorgesehenen Zuschlagstoffen, für verschiedene Zementdosierungen die Druckfestigkeit bestimmt; hierauf erfolgt, ausgehend von den nach einem Jahr erreichten Festigkeiten, die Festlegung der zulässigen Druckspannung unter Annahme einer vierfachen Sicherheit. Die Durchführung dieser Untersuchungen, die durch zahlreiche weitere Versuche über Wasserundurchlässigkeit, Frost- und Hitzebeständigkeit ergänzt werden, erfolgt in den großzügig eingerichteten Laboratorien von Denver; neuerdings wer-

den Probezylinder bis zu einem Meter Durchmesser hergestellt, um durch Verwendung der Zuschlagstoffe von einem max. Korndurchmesser bis zu 150 mm möglichst naturgetreue Verhältnisse zu erreichen. Zur Durchführung dieser Druckproben sind entsprechende riesige Pressen installiert.

c) *Festlegung der Blockdimensionen.*

Die beim B. of R. normalerweise zur Verwendung gelangenden Blockbreiten betragen 15 bis 18 m. Zum erstenmal wurden beim Hungry-Horse Dam größere Blockbreiten, bis zu 24 m, zugelassen, bei gleichzeitigem Einbau eines Kühlrohrsystems. Die Längsfugen sind versetzt angeordnet, wobei die Blocktiefe 55 m nicht überschreiten darf.

d) *Ausbildung der Hochwasserentlastungsorgane.*

Die Ableitung der Hochwasser während der Bauperiode und nach Inbetriebnahme der Anlagen ist bei der Projektierung der Entlastungsorgane für große Talsperren zu einem wichtigen Faktor geworden. Beim Hungry-Horse Dam erfolgt die Ableitung des Hochwassers während der Bauzeit durch einen Umlaufstollen von 10,4 m Durchmesser; am fertigen Bauwerk können Hochwasser bis zu 1700 m<sup>3</sup>/s abgeleitet werden, nämlich 1300 m<sup>3</sup>/s durch den seitlich angeordneten kreisförmigen Überfall und 400 m<sup>3</sup>/s durch die drei Grundablässe.

In *ausführungstechnischer Beziehung* bildet das Einbringen des Betons das Hauptproblem. Die enormen Tagesleistungen von 6000 m<sup>3</sup> bis 12 000 m<sup>3</sup> Beton (Grand Coulee) führten zu der speziellen amerikanischen Massenbetontechnik, die am Beispiel des Hungry-Horse Dam kurz besprochen werden soll.

Die bei uns üblichen Maßnahmen: relativ kleine Zementdosierung, Reduktion der Arbeitsschichthöhen und der Blockabmessungen, die Anordnung von Kühlspalten, die nachträglich ausbetoniert und injiziert werden, erwiesen sich bei dem gesteigerten Bautempo als ungenügend. Auf Grund von eingehenden Forschungsarbeiten und Studien wird daher in den USA die künstliche Kühlung des Betons sowie die Verwendung von Sonderzementen mit schwacher oder langsamer Wärmeentwicklung in größtem Maßstab angewendet. Es gelangen zwei grundsätzlich verschiedene Kühlverfahren zur Ausführung. Das B. of R. bevorzugt bei seinen großen Talsperren die Nachkühlung des Betons mit Hilfe eines Kühlrohrsystems; im Gegensatz hiezu versucht das C. of E. den Schwindprozeß durch Vorkühlung des Frischbetons durch Kühlung der Zuschlagstoffe und durch Beigabe eines Teils des Anmachwassers in Form von Splittereis zu beeinflussen.

Beim Hungry-Horse Dam beschränkten sich die Betonierperioden infolge der klimatischen Verhältnisse — die Staumauer liegt in der Nähe der kanadischen Grenze



Abb. 4 Hungry-Horse Dam, Bogenstaumauer im Bau

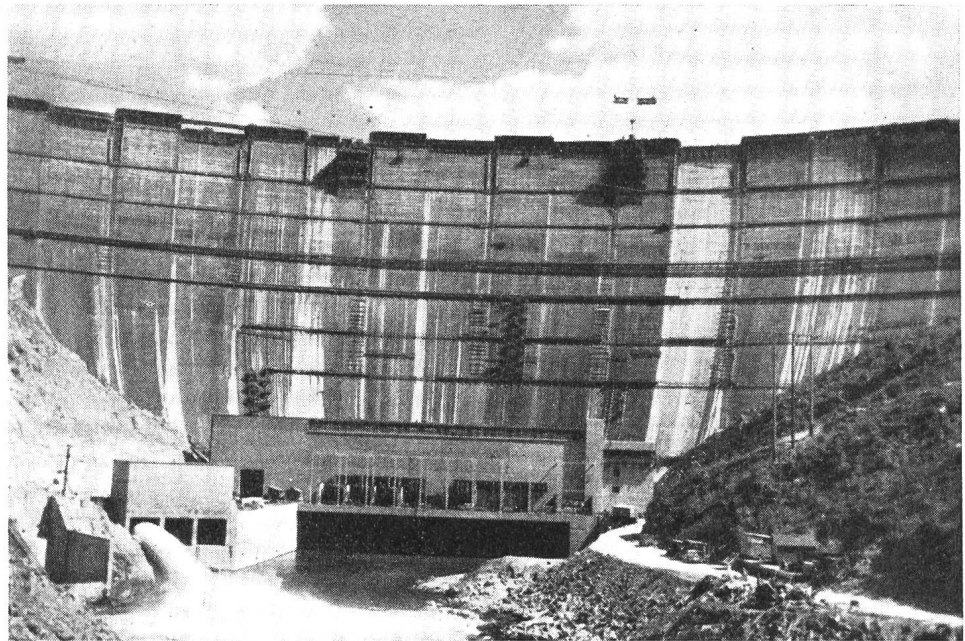


Abb. 5  
Hungry-Horse Dam, Ansicht von  
Staumauer und Zentrale

auf 1000 m ü. M. — auf die Monate April bis November. Um die gesamte Betonkubatur von 2,2 Mio m<sup>3</sup> innerhalb der vorgesehenen Bauzeit einbringen zu können, mußten daher die Tagesleistungen bis auf 8000 m<sup>3</sup> gesteigert werden.

Zur Tiefhaltung der Abbinde-temperaturen sind folgende Maßnahmen getroffen worden:

- Relativ niedrige Zementdosierung. Sie beträgt:
 

im Kernbeton	112 kg Portlandzement
	und 61 kg Flugasche
im Verkleidungsbeton	168 kg Portlandzement
	und 61 kg Flugasche

Die Flugasche wird aus dem Industriegebiet von Chicago, d.h. aus etwa 2000 km Entfernung bezogen.

- Einbringen des Betons in Arbeitsschichthöhen von 1,50 m; dieses Maß wird beim B. of R. sowohl aus ausführungstechnischen als auch aus wirtschaftlichen Gründen bei allen Staumauern angewendet.

- Nachkühlung des Betons. Der Abstand der Kühlrohre, die einen Durchmesser von 1'' aufweisen, variiert zwischen 1,65 m und 1,90 m. Im Bereiche der großen Betonmassen in der Fundamentzone sind die Abstände kleiner gewählt. Die Fließgeschwindigkeit des Wassers beträgt im Minimum 0,60 m/s, was einer mittleren Kühlwassermenge von 0,25 l/s entspricht. Die Zuleitung des Wassers erfolgt von der Luftseite der Staumauer her. Die Kosten für die Installation und den Betrieb der Kühleinrichtung (ohne Lieferung der Rohre und deren Verlegen) stellen sich laut Angabe der Bauleitung umgerechnet auf Fr. 1.10/m<sup>3</sup> Beton. Der Kühlprozeß wird in zwei Etappen durchgeführt: in einer ersten Periode wird der Beton während 14 Tagen nach dessen Einbringen gekühlt, um die Abbindewärme abzuleiten. In einer zweiten Pe-

riode wird im Winter die Kühlung des Betons wieder aufgenommen, um dessen Temperatur entsprechend der mittleren Jahrestemperatur auf etwa 4° C zu bringen, worauf das Injizieren der Fugen erfolgt. Die Temperatur des eingebrachten Betons variiert zwischen 10 und 15° C. Durch die Kühlung und durch Verwendung einer niederen Zementdosierung konnte beim Hungry-Horse Dam die Temperaturerhöhung als Folge des Abbindens auf etwa 14° C begrenzt werden.

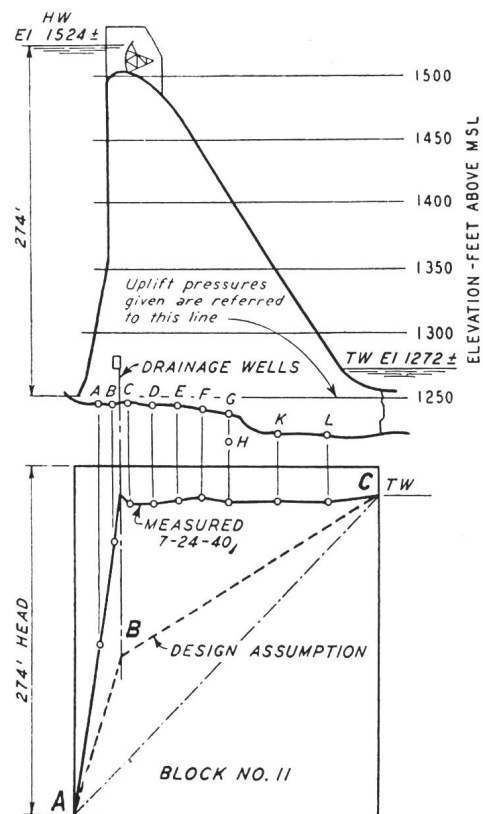


Abb. 6 Auftrieb-Diagramm

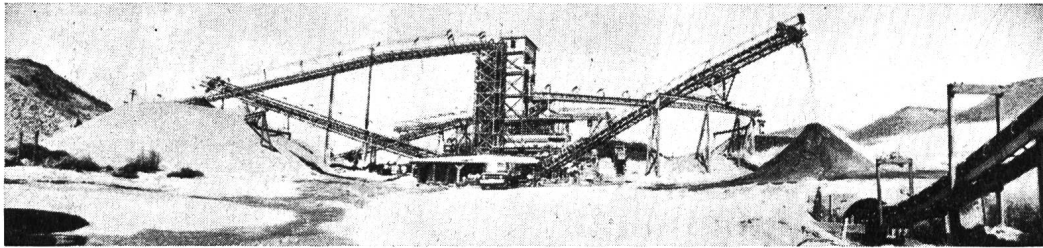


Abb. 8 Chief Joseph Dam, Aufbereitungsanlage für Kies und Sand

Bezüglich der Betonherstellung sind drei Feststellungen bemerkenswert:

- Der maximale Korndurchmesser beträgt 150 mm.
- Der Beton wird nach schweizerischen Begriffen stark plastisch eingebracht.
- Die Verwendung von air-entraining Produkten (Darex, Protex) hat sich praktisch bei allen großen Talsperrenbauten eingebürgert. Es sind zwei Überlegungen, die die amerikanischen Betonspezialisten dazu geführt haben, sich dieser Zusatzmittel zu bedienen. Erstens haben ausgedehnte Betonuntersuchungen ergeben, daß durch Beifügen von 2 bis 4% Luftporen der Beton dichter und frostbeständiger wird. Zweitens hat sich gezeigt, daß die Verarbeitbarkeit des relativ schwach dosierten Betons stark erleichtert wird. Man konnte tatsächlich feststellen, daß beim Hungry-Horse Dam der Beton nicht durch Schaufeln, sondern durch Vibrieren verteilt wird; zur Verwendung gelangen hiezu große Zweimann-Vibratoren. Zur Bestimmung des optimalen Prozentsatzes an eingeschlossenen Luftblasen werden eingehende Vorversuche durchgeführt, da die Wirkung der air-entraining Produkte namentlich von der Qualität und der Granulometrie des Sandes abhängt.

Die Injektion der radialen Kontaktfugen sowie der versetzt angeordneten Längsfugen erfolgt, wie bereits erwähnt, nach der zweiten Kühletappe im Frühjahr. Die Fugen sind durch einbetonierte Kupferbleche in 15 m hohe Injektionsfelder eingeteilt. Der Zement wird durch ein Röhrensystem in die Fugenspalten eingepreßt, wobei die Zone im Bereiche der Drainageöffnungen nicht injiziert wird. Zur Verhinderung von Zugspannungen in den benachbarten Blöcken beim Injizieren einer radialen Kontaktfuge werden die übrigen Fugenspalten mit Druckwasser gefüllt.

Spezielle Aufmerksamkeit widmet man der Ausbildung der horizontalen Arbeitsfugen. Die Betonoberflächen werden vor dem Einbringen einer weiteren Schicht durch Sandstrahlen aufgeraut; sodann wird eine Mörtelschicht von 1 cm Stärke aufgebracht und eingebürstet.

In einem auf der Baustelle installierten Feldlaboratorium erfolgt die laufende Kontrolle des eingebrachten

Betons: Überprüfung des Setzmaßes, des Raumgewichtes, des Luftporengehaltes, der Festigkeitseigenschaften. Für die Kontrolle am Bauwerk werden diesem Bohrkerne von 250 mm Durchmesser entnommen.

Wie bei allen großen Talsperren sind auch im Hungry-Horse Dam zur Überprüfung der Temperaturverhältnisse sowie zur Kontrolle des Verhaltens der Staumauer bei verschiedenen Belastungszuständen eine große Zahl von Thermometern, Spannungs- und Dehnungsmessern, Druckdosen usw. eingebaut worden, total etwa 700 Instrumente.

## 2. Chief Joseph Dam (Abb. 7—10)

Diese große Anlage, welche ihren etwas eigenartigen Namen einem der letzten einflußreichen Indianer-Häuptlinge im Gebiete des Staates Washington verdankt, befindet sich am Columbia-River, rund 80 km unterhalb des Grand Coulee Dams; sie wird durch das Corps of Engineers zur Regulierung des Columbia-Rivers erstellt; gleichzeitig ermöglicht sie die Schifffahrt und Kraftnutzung in diesem Teilstück des Stromes.

### Technische Daten:

#### Gewichtstaumauer:

maximale Höhe	67 m
Kronenlänge	452 m
Betonkubatur	1,3 Mio m <sup>3</sup>
Aushub	7,6 Mio m <sup>3</sup>

#### Entlastungsorgane:

Hochwasserentlastung	35 000 m <sup>3</sup> /s
----------------------	--------------------------

#### Zentrale:

am linken Ufer, rechtwinklig zur Staumauer.	
Installierte Leistung:	
20 Generatoren, total	1 280 000 kW
Vollausbau:	
27 Generatoren, total	1 728 000 kW

Baukosten: 206 Mio Dollars.

Nach erfolgtem Vollausbau wird dieses Kraftwerk nach dem Grand Coulee Dam (2,2 Mio kW) die zweitgrößte Wasserkraftanlage der Welt sein.

Das Werk wird als Kanalanlage erstellt und bildet somit im Vergleich zu den Werken der TVA und des B. of R., bei welchen normalerweise das Gefälle in konzentriert angeordneten Anlagen (Zentrale und Stauwehr in einer Axe liegend) ausgenützt wird, einen Sonderfall.

Die Bauarbeiten werden durch eine private Unternehmerrgruppe durchgeführt.

Belegschaft: Staumauer 800 Mann  
 Maschinenhaus 500 Mann  
 (Arbeitszeit: drei Tagesschichten à 8 Std.,  
 40 Std./Woche)

Die Talsperre ist als Schwergewichtsmauer ausgebildet; Fugenabstand 15 m; die Fugen werden glatt durchgeführt und nicht injiziert. In der oberwasserseitigen Partie der Staumauer wird eine Drainage angeordnet. Hochwasserentlastung durch 19 Öffnungen, die durch 19 Sektorschützen 12 m × 11,6 m abgeschlossen werden. Die

Regulierung der Schützen erfolgt mit einem auf der Wehrbrücke angeordneten Kran, welcher von Öffnung zu Öffnung verschoben wird.

Die Betonzuschlagstoffe werden unterhalb der Baustelle den anstehenden Kies- und Sandbänken entnommen; max. Korndurchmesser 15 cm. Die Dosierung beträgt auf der Luft- und Wasserseite 170 kg/m<sup>3</sup>, im Staumauerkern 106 kg/m<sup>3</sup>. Betonfabrik: Johnson Turm, drei Koehring Mischer à 3 m<sup>3</sup>, mittlere Leistung 1900 m<sup>3</sup>/24 Std. Einbringen des Betons mit zwei Kabelkranen von 30 t Nutzlast, Betonkübel von 6 m<sup>3</sup> Inhalt.

Im Gegensatz zu der von dem B. of R. und der TVA angewendeten Nachkühlung des Betons werden hier so-

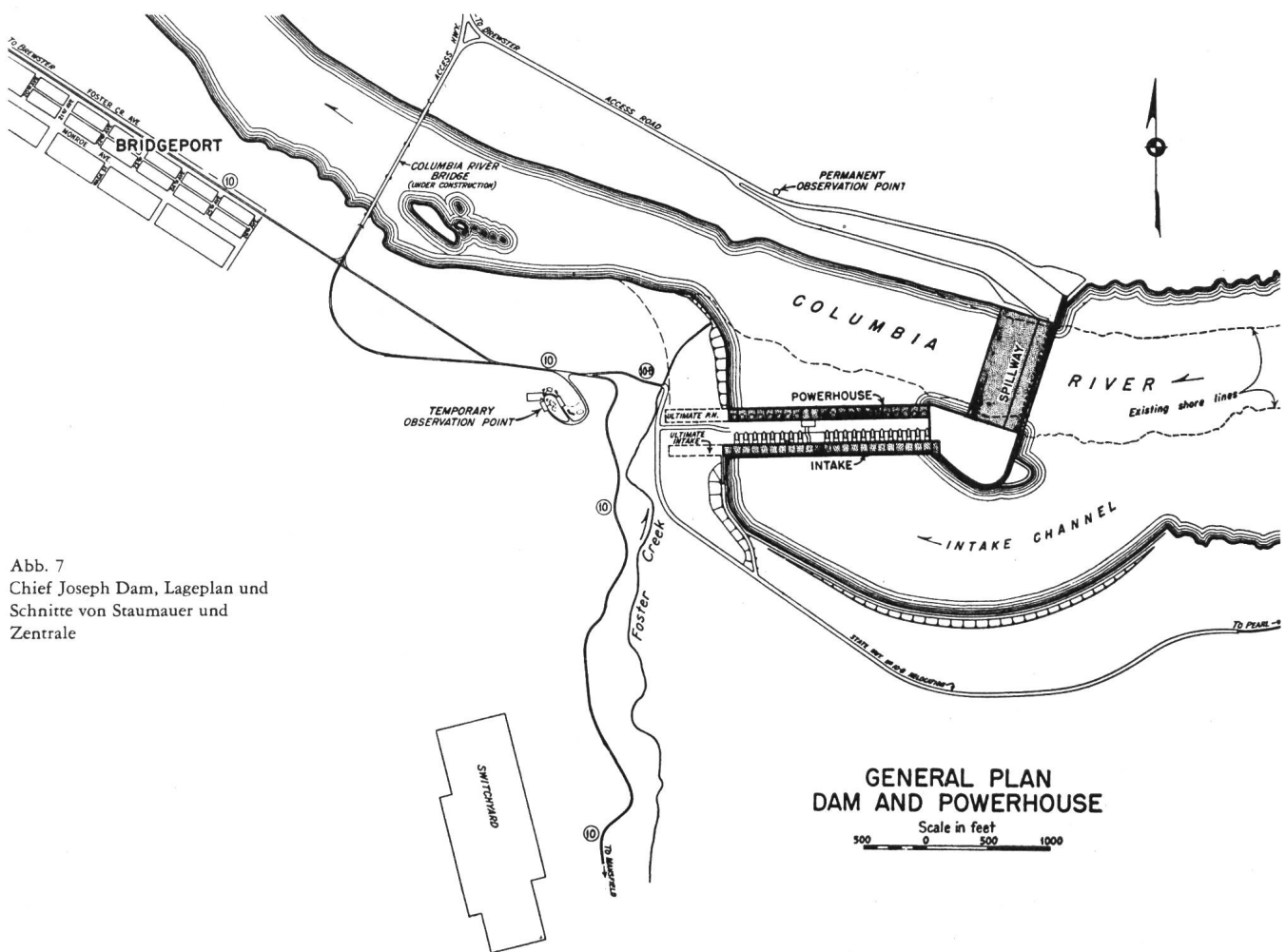
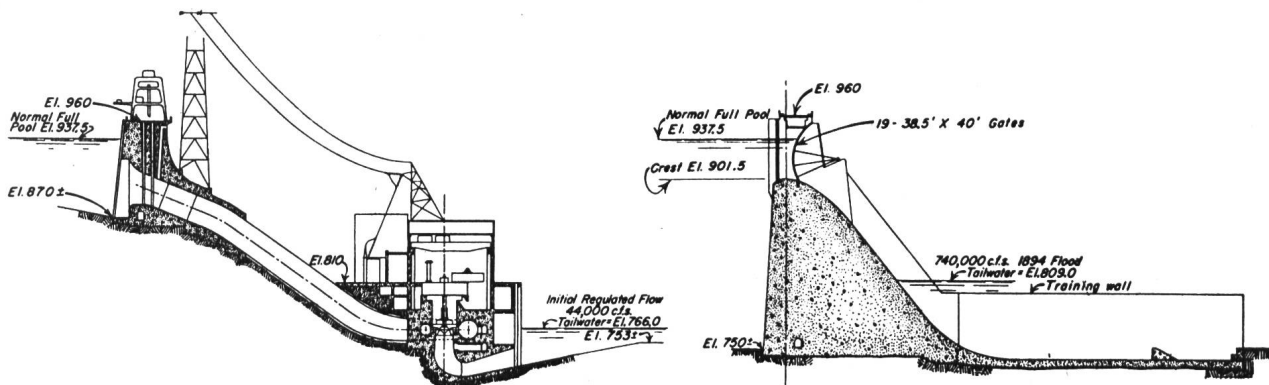


Abb. 7  
 Chief Joseph Dam, Lageplan und  
 Schnitte von Staumauer und  
 Zentrale





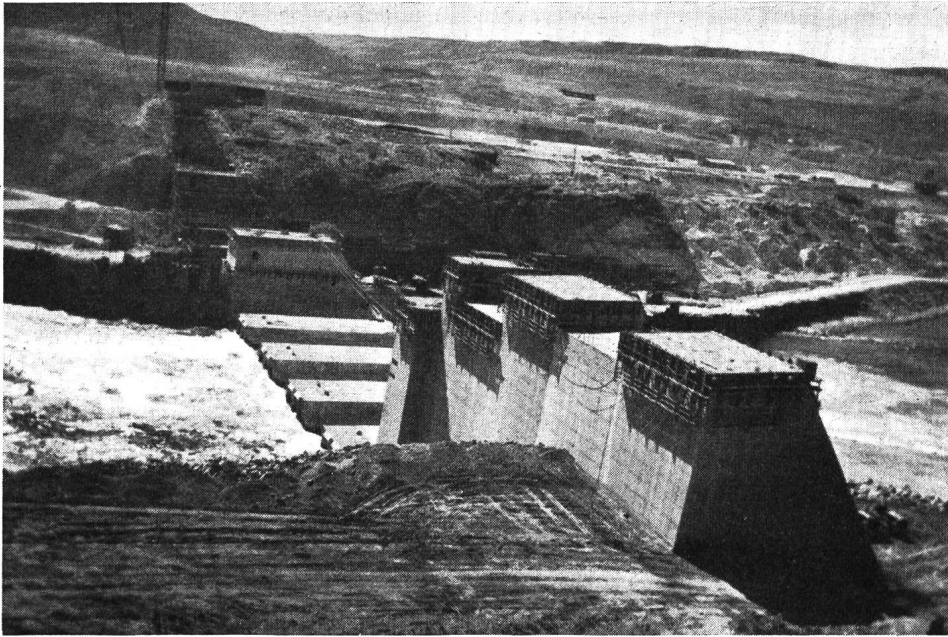


Abb. 9 Chief Joseph Dam, Staumauer im Bau; hinten rechts Aushub für die Zentrale

wie auf anderen Baustellen der C. of R. die Betonzuschlagstoffe vorgekühlt. Den Unternehmern wird vorgeschrieben, daß die Temperatur des einzubringenden Betons nicht höher als  $4^{\circ}\text{C}$  sein darf.

Die Kühlung des Kiesmaterials erfolgt durch Zuführung von abgekühlter Luft in die Silos der Betonfabrik sowie durch Zugabe von Splittereis; ein Teil des Anmachwassers wird damit in Form von Eis beigemischt. Mit Luft gekühlt werden die Aggregate, die einen größeren Durchmesser als  $\frac{3}{4}''$  aufweisen; Sand und Zement werden nicht gekühlt. Die Temperatur der einströmenden Luft beträgt  $-10^{\circ}\text{C}$ ; sie erwärmt sich beim Durch-

strömen des Kieses auf  $+2^{\circ}\text{C}$ . Die Temperatur der abgekühlten Aggregate beträgt  $+7^{\circ}\text{C}$ . Per  $\text{m}^3$  Beton werden 37 kg Splittereis beigemischt. Die durchschnittliche Leistung der Eisfabrik, die in unmittelbarer Nähe der Betonieranlage erstellt ist, beträgt 30 t/24 Std.

Die horizontalen Betonoberflächen werden mit Wasser und Luft gereinigt; vor Beginn einer neuen Betonierschicht wird eine Mörtellage aufgebracht und eingebürstet; Zement- und Sandanteile entsprechen denjenigen des Betons. Die Betonoberflächen werden weniger stark aufgeraut als in der Schweiz. Für die Schalung werden auf der Luft- und Wasserseite Holz, bei den Fugen



Abb. 10 Chief Joseph Dam, Zellenfangdämme aus eisernen Spundbohlen als Baugrubenabschlüsse



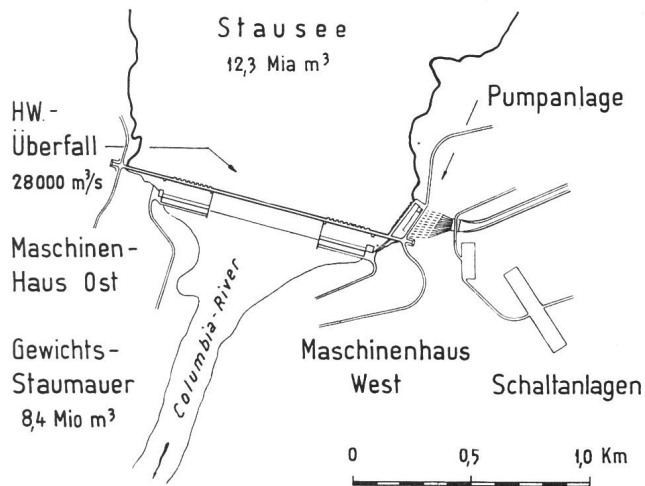


Abb. 11 Grand Coulee Dam, Lageplan

Blechtafeln verwendet. In jedem zweiten Block sind Thermometer eingebaut, total 140 Instrumente.

Bemerkenswert ist die Lösung für die Ableitung der Hochwasser während der Bauausführung:

Da in Anbetracht der großen Hochwassermenge von 35 000 m<sup>3</sup>/s die Erstellung eines Umleitstollens nicht in Frage kam, mußten die Fundationsarbeiten im Flußbett etappenweise innerhalb großer Baugruben durchgeführt werden. Die Baugrubenabschlüsse bestehen aus Zellenfangdämmen aus eisernen Spundbohlen bis zu 25 m Höhe (Abb. 10). Das Betonieren der Staumauer oberhalb der Fundamente erfolgt nach Abbruch der Fangdämme. Zur Ableitung der Hochwasser in diesem Baustadium sind in jedem Block Öffnungen von 3,0×4,2 m

vorgesehen, welche nach Fertigstellung der Mauer und nach beendeter Montage der Schützen im «Prepact»-Verfahren ausbetoniert werden.

### 3. Grand Coulee Dam (Abb. 11, 12 s. S. 17)

Der Grand Coulee Dam ist die größte Staumauer und zugleich die größte Kraftwerkanlage der Welt. Dieses Bauwerk ist in der technischen Literatur schon ausführlich besprochen worden. Die Talsperre wurde in den Jahren 1938—1944 erstellt, um die Abflußverhältnisse des Columbia-River zu regulieren. Der Damm erfaßt ein Einzugsgebiet von 350 000 km<sup>2</sup>.

#### Technische Daten:

##### Stausee:

Inhalt	12,3 Mrd m <sup>3</sup>
davon für die Kraftnutzung	6,5 Mrd m <sup>3</sup>
Länge	240 km
Oberfläche	330 km <sup>2</sup>

##### Gewichtsstaumauer:

maximale Höhe	155 m
Kronenlänge	1 190 m
Betonkubatur	8,4 Mio m <sup>3</sup>

##### Entlastungsorgane:

Hochwasserentlastung	28 800 m <sup>3</sup> /s
(11 Wehröffnungen von 41,5 m	
Breite und 8,5 m Höhe)	
Regulieröffnungen	8 500 m <sup>3</sup> /s

##### Zentralen:

am luftseitigen Fuß der Staumauer, inst. Leistung:	
2 × 9 Francisturbinen, total	2,2 Mio kW
Energieproduktion 1952:	16 Mrd kWh
(1,3fache gesamte schweizerische Produktion)	

Abb. 13 Cabinet Gorge Dam, Staumauer und Zentrale (links im Vordergrund) im letzten Baustadium



4. Cabinet Gorge Dam (Abb. 13—15)

Technische Daten:

*Bogenstaumauer:*

maximale Höhe	59 m
Kronenlänge	180 m
Betonkubatur	63 000 m <sup>3</sup>
Radius	61 m
Zentriwinkel etwa	100°
maximale Mauerstärke	11 m

*Entlastungsorgane:*  
2 Umlaufstollen à 9 m Ø, 330 m lang

*Zentrale:*  
am rechten Ufer, rechtwinklig zur Staumauer.  
Installierte Gruppen:  
4 Kaplan-Turbinen à 70 500 PS  
4 Generatoren, total 200 000 kW

*Baukosten:* 40 Mio Dollars.

Bemerkenswert an dieser Staustufe ist der Umstand, daß sowohl die Staumauer als auch die Zentrale in einer

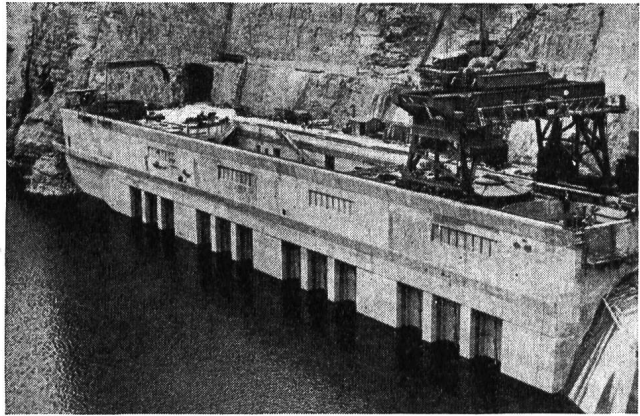


Abb. 15 Cabinet Gorge Dam, Ansicht der «outdoor»-Zentrale (ohne Hochbau)

außerordentlich kurzen Bauzeit erstellt wurden. Nach Beendigung des Felsaushubes von etwa 100 000 m<sup>3</sup> für den Umlaufstollen, der Staumauer und der Maschinenhausfundamente, wurde praktisch die gesamte Betonkubatur von ebenfalls 100 000 m<sup>3</sup> zwischen zwei Hochwasserperioden, d.h. in etwa 8 Monaten eingebracht; die Belegschaft betrug im Mittel 1600 Mann. Als weiteres interessantes Detail ist zu erwähnen, daß die Zentrale ohne Hochbau, als sogenannte «outdoor»-Anlage erstellt wird, trotzdem die Staustufe auf 700 m ü.M. liegt und im Winter mit rauhem Wetter zu rechnen ist. (Abb. 16). Die Ableitung der Hochwasser bis max. 2700 m<sup>3</sup>/s erfolgt über die Staumauerkrone durch acht Wehröffnungen, welche mit Rollschützen von 10,5×13,0 m abgeschlossen sind. Unterhalb der Staumauer ist aus strömungstechnischen Gründen in der Mitte des Flusses eine Leitmauer erstellt worden zur Verminderung der Rückstauwirkung auf die Turbinenausläufe.

Bauherr dieser Anlage ist die Washington Power Co.; Projekt und Bauleitung liegen in den Händen einer großen privaten Elektrizitätsgesellschaft, der EBASCO Services, New York.

(Fortsetzung folgt)

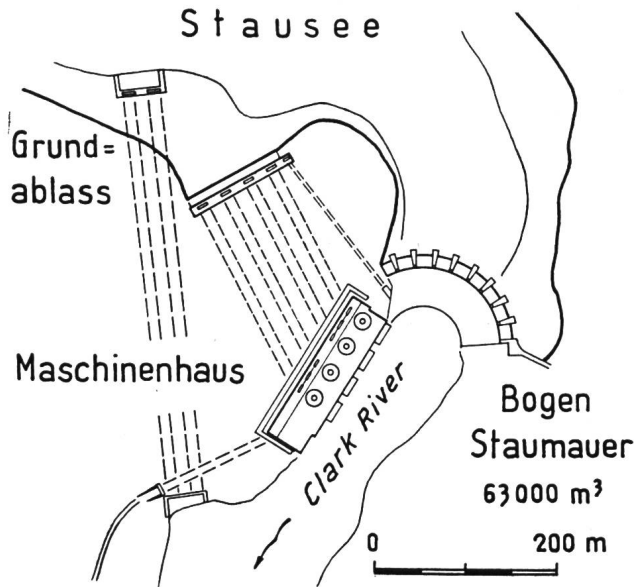


Abb. 14 Cabinet Gorge Dam, Lageplan der gesamten Anlage

**Inbetriebnahme des Kraftwerkes Wildegg—Brugg**

Mitteilungen der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG

DK 621.311 (494.22)

Am 8. Januar 1953 wurde der Fachpresse Gelegenheit geboten, das kürzlich mit einem Maschinenaggregat in Betrieb genommene Kraftwerk eingehend zu besichtigen, nachdem von der Direktion und weiteren technischen Mitarbeitern der NOK über Projekt und Bau des Kraftwerkes Wildegg—Brugg, über die Einfügung dieser Anlage in den Werkverband der NOK und über die zu erwartende Entwicklung bis zum Jahre 1960 berichtet wurde.

1. Projekt und Bau des Kraftwerkes

Die vom Kraftwerk Wildegg-Brugg<sup>1</sup> ausgenützte, 9,35 km lange Flußstrecke der Aare beginnt bei Wildegg, am Ende der Konzessionsstrecke des Werkes Ruppertswil-Auenstein und endet oberhalb Brugg. Im Maschinenhaus steht bei einer Wasserführung der Aare von 350

<sup>1</sup> Ausführliche technische Beschreibung siehe «Wasser- und Energiewirtschaft» 1950 S. 155—165; 1951 S. 83—85.