

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 36 (1945)

Heft: 22

Artikel: Die Grosswasserkraftanlage im Westen der Vereinigten Staaten

Autor: Howald, W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060271>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.02.2026

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

Werte von ϱ für verschiedene Leiterquerschnitte

Tabelle I

Vollrunde Leiter:		$\varrho = 0,779 \text{ r}$
Seile:		Hohlseile und Seile mit Stahlseele:
7-drähtig	$\varrho = 0,726 \text{ r}$	2-lagig 26-drähtig $\varrho = 0,809 \text{ r}$
19-drähtig	$\varrho = 0,758 \text{ r}$	2-lagig 30-drähtig $\varrho = 0,826 \text{ r}$
37-drähtig	$\varrho = 0,768 \text{ r}$	3-lagig 54-drähtig $\varrho = 0,810 \text{ r}$
61-drähtig	$\varrho = 0,772 \text{ r}$	
91-drähtig	$\varrho = 0,774 \text{ r}$	
127-drähtig	$\varrho = 0,776 \text{ r}$	
Rohre:		Die Stahlseele hat bei mindestens 2-lagigen Seilen keinen merkbaren Einfluss
Wandstärke	$\varrho =$	Bei einlagigen Seilen mit Stahlseele hingegen schwanken die Werte für ϱ von 0,55...0,70 r
0 % d. Aussen \varnothing	1,00 r	[r = Radius des umschriebenen Kreises]
10 % d. Aussen \varnothing	0,935 r	
20 % d. Aussen \varnothing	0,875 r	
30 % d. Aussen \varnothing	0,825 r	
40 % d. Aussen \varnothing	0,790 r	
50 % d. Aussen \varnothing	0,779 r	
Rechteckschienen:		
	$\varrho = 0,224 (a+b)$	

 $B = -0,145 \log \varrho$
Rund-Drähte und Seile

Tabelle III

Querschnitt mm ²	B Runddraht Ω/km	B Steifes Seil Ω/km	B (Leiter- zahl)	B Halbst. Seil Ω/km	B (Leiter- zahl)
1	0,196	—	—	—	—
2,5	0,167	—	—	0,160	12
4	0,153	—	—	0,148	19
6	0,140	—	—	0,132	19
10	0,124	0,121	7	0,119	19
16	0,109	0,106	7	0,101	37
20	0,102	0,097	7	0,093	37
25	0,095	0,093	7	0,087	48
25	—	0,088	19	—	—
35	0,085	0,079	19	0,072	69
50	0,073	0,068	19	0,057	100
70	0,063	0,055	19	0,045	110
95	0,053	0,047	19	0,036	148
120	0,046	0,039	37	0,029	187
150	—	0,031	37	0,022	190
185	—	0,025	37	0,015	235
240	—	0,016	37	0,008	252
310	—	0,009	61	—	—
400	—	—0,0004	61	—	—
500	—	—0,0062	61	—	—

Bemerkung:

Bei dreipoligen Kabeln (dicke Leiter mit geringen Abständen) sind die Zahlen von Tabellen I und II nur als Annäherungswerte zu benutzen; soweit möglich verwendet man gemessene oder von den Kabellieferanten angegebene Werte.

Brauchbare Mittelwerte für $A+B$ von Niederspannungs-Dreileiterkabeln sind:

Kleine Querschnitte ca. 50 mm² 0,08 Ohm/km
Große Querschnitte ca. 500 mm² 0,07 Ohm/km

$$A = 0,145 \log \delta$$

$$\delta \text{ (geometr. Mittelwert der Leiterabstände)} = \sqrt[3]{D_{ab} D_{bc} D_{ca}}$$

Tabelle II

δ cm	A Ω/km	δ m	A Ω/km
2	0,044	1	0,289
4	0,069	1,5	0,315
6	0,113	2	0,330
8	0,131	3	0,358
10	0,145	4	0,377
12	0,156	6	0,402
14	0,166	8	0,420
16	0,174	10	0,434
18	0,182	15	0,459
20	0,188	20	0,477
25	0,202	30	0,502
30	0,214	40	0,521
40	0,232	50	0,535
60	0,257		
80	0,275		

 $B = -0,145 \log \varrho$

Rechteckschienen

Tabelle IV

Masse mm	1	2	3	4	5	6
	Schiene	Schienen	Schienen	Schienen	Schienen	Schienen
5 < 10	+ 0,069	+ 0,034	+ 0,020	+ 0,008	- 0,002	- 0,011
20	+ 0,037	+ 0,018	+ 0,010	+ 0,000	- 0,008	- 0,015
30	+ 0,015	+ 0,008	+ 0,003	- 0,005	- 0,012	- 0,019
40	- 0,002	- 0,000	- 0,003	- 0,009	- 0,015	- 0,022
50	- 0,013	- 0,007	- 0,007	- 0,012	- 0,018	- 0,024
80	- 0,040	- 0,021	- 0,016	- 0,019	- 0,024	- 0,029
100	- 0,054	- 0,027	- 0,020	- 0,022	- 0,026	- 0,031
10 > 20	+ 0,025	- 0,009	- 0,016	- 0,024	- 0,032	- 0,040
30	+ 0,007	- 0,018	- 0,022	- 0,029	- 0,036	- 0,043
40	- 0,007	- 0,025	- 0,027	- 0,032	- 0,039	- 0,045
50	- 0,019	- 0,031	- 0,031	- 0,035	- 0,041	- 0,047
60	- 0,029	- 0,036	- 0,034	- 0,038	- 0,043	- 0,049
80	- 0,044	- 0,044	- 0,039	- 0,042	- 0,046	- 0,051
100	- 0,056	- 0,050	- 0,043	- 0,045	- 0,049	- 0,053
150	- 0,080	- 0,060	- 0,051	- 0,051	- 0,053	- 0,057
200	- 0,097	- 0,069	- 0,057	- 0,055	- 0,057	- 0,060
15 > 30	- 0,000	- 0,035	- 0,037	- 0,043	- 0,050	- 0,057
50	- 0,024	- 0,046	- 0,045	- 0,049	- 0,055	- 0,060
80	- 0,047	- 0,058	- 0,053	- 0,055	- 0,059	- 0,064
100	- 0,059	- 0,064	- 0,057	- 0,058	- 0,062	- 0,066
150	- 0,082	- 0,075	- 0,064	- 0,064	- 0,066	- 0,070
200	- 0,099	- 0,084	- 0,070	- 0,068	- 0,070	- 0,073
20 > 60	- 0,037	- 0,062	- 0,058	- 0,062	- 0,066	- 0,072
80	- 0,051	- 0,069	- 0,063	- 0,065	- 0,069	- 0,074
100	- 0,062	- 0,075	- 0,067	- 0,068	- 0,072	- 0,076
150	- 0,084	- 0,086	- 0,074	- 0,073	- 0,076	- 0,080
200	- 0,100	- 0,094	- 0,079	- 0,077	- 0,079	- 0,082

Bei mehreren parallelen Schienen ist der Abstand von Schiene zu Schiene = Schienendicke angenommen.

Adresse des Autors: W. Streuli, Dipl. Ing., BBC-Strasse 11, Baden.

Die Grosswasserkraftanlagen im Westen der Vereinigten Staaten

Von W. Howald, Zürich

621.311.21(73)

Mit dem 1936 eröffneten Boulderwerk hat die amerikanische Regierung den Bau von Grosswasserkraftanlagen zur einheitlichen Flussregulierung, Bewässerung und Kraftzeugung begonnen. Die seither an der Westküste entstandenen Werke und der dabei leitende Gesamtplan werden besprochen.

Avec l'usine hydroélectrique du Boulder, inaugurée en 1936, le gouvernement des Etats-Unis a commencé la construction de grandes usines hydroélectriques destinées à régulariser le cours des fleuves, à irriguer certaines contrées et à produire de l'énergie électrique. M. Howald fait un exposé des usines aménagées depuis lors et du plan général d'aménagement de ces usines.

Die grosse Entwicklung der amerikanischen Elektrizitätsindustrie¹⁾ war bis zu Beginn der dreissiger

¹⁾ Bull. SEV 1941, Nr. 20, S. 509.

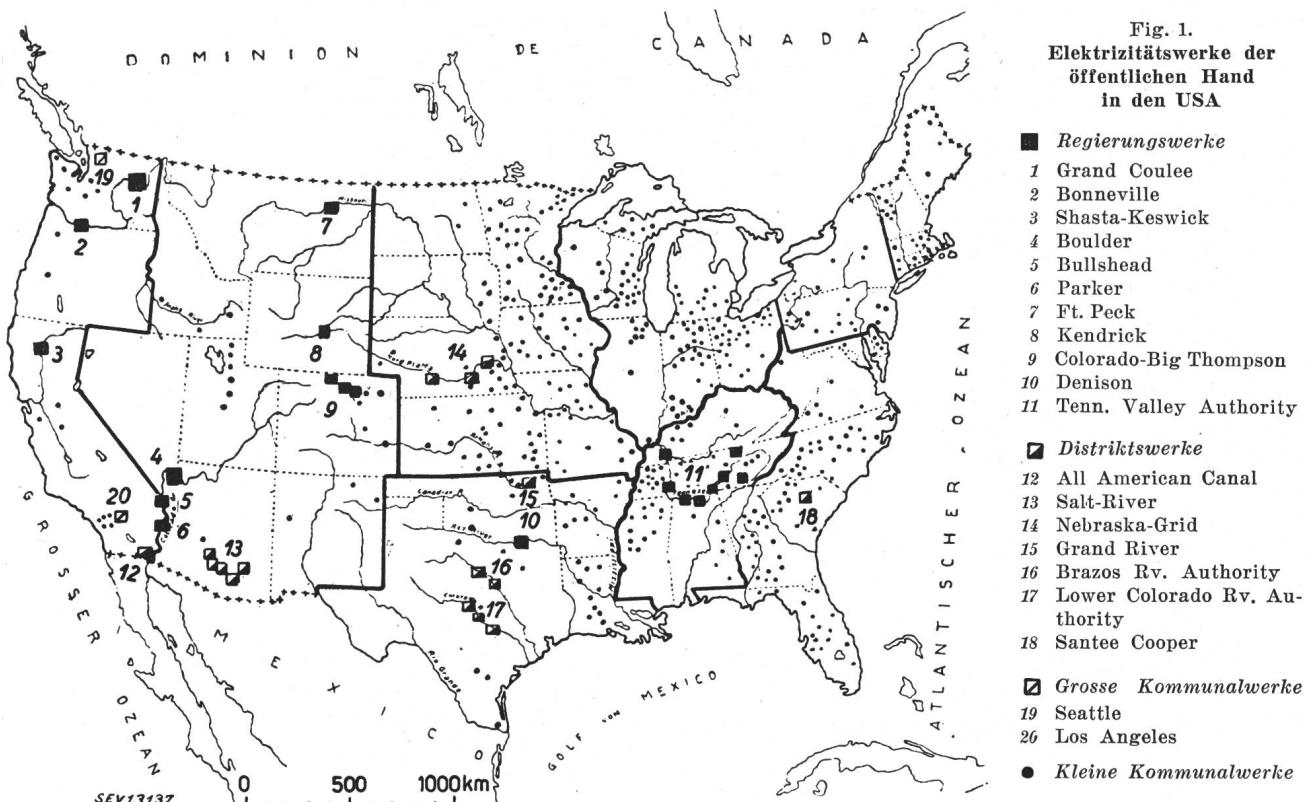
Jahre hauptsächlich eine Angelegenheit der Privatinitiative gewesen. Der Staat hatte wohl in den westlichen Gebieten verschiedene Bewässerungsanlagen

mit Kraftwerken ausgerüstet, doch war ihr Anteil an der gesamtamerikanischen Energieproduktion verschwindend gering. Auch die kommunale Energieversorgung erlangte nur in einigen wenigen Werken grössere Bedeutung, während besonders im Osten sich die kleinen Kommunalwerke als Wiederverkäufer betätigen. Jedoch beträgt auch ihre Erzeugung nur wenige Prozente der gesamten.

erzeugten Energie liefern (ca. 11 % der Gesamtenergie).

1. Das Columbia-Becken

Der Columbia, der zweitgrösste Strom der USA, durchfliesst den Staat Washington auf 1100 km Länge mit 450 m Gefälle. Ueber die Hälfte hiervon liegt in steppenartigen Lavagebieten mit einer Höhenlage



Seit 15 Jahren hat nun der Staat aber kräftig eingriffen und den grosszügigen Ausbau ganzer Flussysteme an die Hand genommen. Einerseits stand dabei die Verhinderung jährlich wiederkehrender Hochwasser, wie z. B. am Tennessee²⁾, andererseits die Bewässerung und Erhaltung der Ackererde, wie im Südwesten und Westen der USA, im Vordergrund.

Fig. 1 zeigt eine Uebersicht dieser staatlichen und kommunalen Elektrizitätspolitik, wobei aber nur die grösseren Anlagen eingezeichnet sind. Unter diesen Werken befinden sich Bauten von grossem technischem Interesse in bezug auf die Ausführung als Reihengewölbe- und Pfeilerplattensperren. Im folgenden soll jedoch nur eine Beschreibung der in den letzten Jahren fertiggestellten Gross-Wasserkraftanlagen im äussersten Westen folgen. Der Kartenausschnitt Fig. 2 zeigt deren Lage im Flussgebiet des Columbia, des Central-Valley (Sacramento - San Joaquin) und des unteren Colorado. Ihre energiewirtschaftliche Bedeutung ergibt sich aus der Tatsache, dass sie mit der TVA zusammen schon jetzt ungefähr ein Drittel aller in den USA durch Wasserkraft

von 300...800 m ü. M., die bei genügender Bewässerung überaus fruchtbar sind. Diese fehlt aber, da sich der Fluss tief in die Tafellandschaft eingeschnitten hat. Fig. 3 zeigt den Ertragsunterschied zwischen bewässerten und unbewässerten Gebieten und demonstriert die Bedeutung ausreichender Wasserreserven.

Das Gesamtgefälle soll in 10 Stufen ausgenützt werden, von denen die erste, fünfte und letzte nun im Betrieb stehen. Die Leistung aller Werke wird mit etwa 8 000 000 kW bei 53 Mill. kWh Jahreserzeugung veranschlagt.

Als oberstes Werk wurde der *Grand Coulee Dam* 1933 begonnen und 1941 in Betrieb gesetzt. Er ist das wichtigste Element und bildet mit seinem Stausee von 12 300 Mill. m³ das Regulierorgan für den Abfluss. Die fast 1 200 m lange Schwergewichtsmauer dürfte mit ihren 8 600 000 m³ Betoninhalt wohl noch für längere Zeit das grösste derartige Bauwerk bleiben. Fig. 4 gibt ein Bild der Baustelle zu Beginn der Arbeiten, während Fig. 5 das Werk bei der Eröffnung zeigt. Der Bau erfolgte in offenen, durch Spundwände abgedichteten Baugruben, die auf dem ersten Bild ersichtlich sind. Der ganze

²⁾ Bull. SEV 1940, Nr. 12, S. 263.

Materialtransport wurde dabei über endlose Transportbänder bewerkstelligt, die z. B. in 13 Monaten rund 9 000 000 m³ Aushub in eine 2 km entfernte und 150 m höhere gelegene Deponie beförderten.

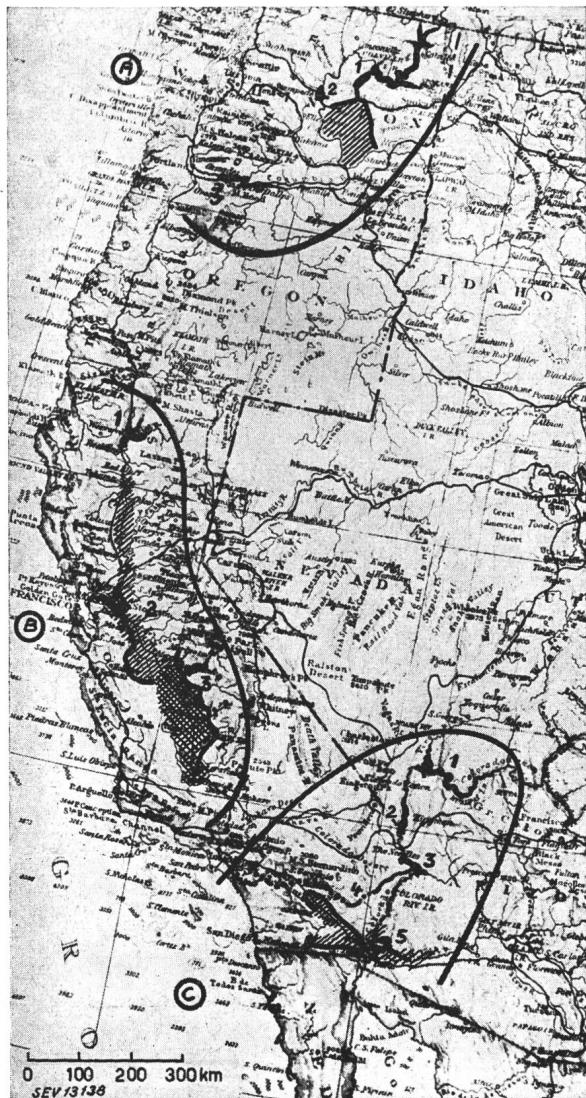


Fig. 2.

Karte der westlichen USA

A Columbia-Becken	C Colorado-Bassin
1 Grand Coulee	1 Boulder
2 Rock-Island	2 Bullhead
3 Bonneville	3 Parker
B Central-Valley	4 Metropolitan Aqueduct
1 Shasta Dam	5 Imperial Dam mit All American Canal
2 San Joaquin Pumpsystem	
3 Friantsystem	

//// Gebiete mit Bewässerung
××× Gebiete mit Wassermangel

Betoniert wurde in Blöcken von 15 × 15 m im Mittelteil und 7,5 × 10,5 m bei den seitlichen Maschinenhäusern. Die Trennfugen sind in der Flussrichtung durchgehend, während sie quer dazu versetzt sind. Alle 3 m sind sie mit vertikalen Vorsprüngen verzahnt, wie dies aus Fig. 6 oben deutlich zu sehen ist. Dieses Bild zeigt auch die verwendeten Gleitschalungen sowie die Betonierbrücke mit den Kranen. Jeder Block durfte innert 72 Stunden nur

um 1,5 m erhöht werden. Trotzdem waren Tagesleistungen von 11 400 m³ möglich. Die Abbindewärme wurde durch ein 4000 km langes System von 1"-Röhren, welche in Abständen von ungefähr 3 m einge-

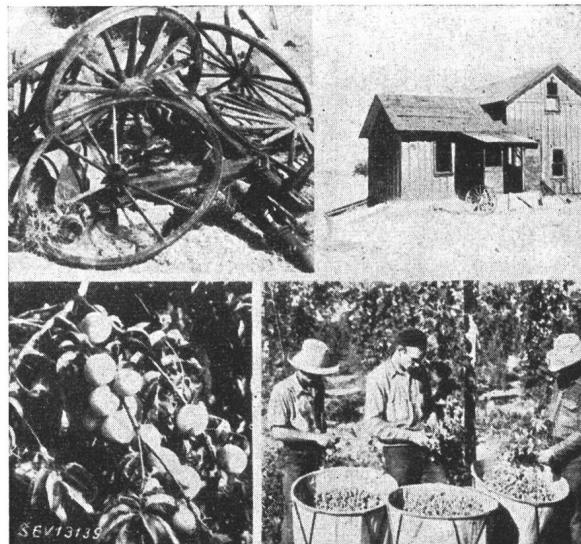


Fig. 3.
Columbia-Bogen
Farmtragödie im Trockengebiet und Ertrag bei Bewässerung

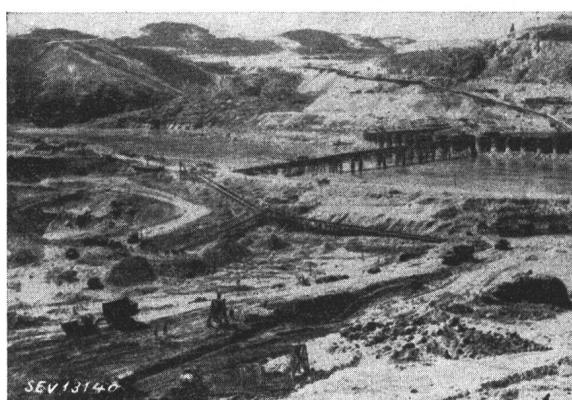


Fig. 4.
Coulee Dam
Ansicht der Baustelle 1934
Man beachte die Band-Transportanlagen für den Aushub

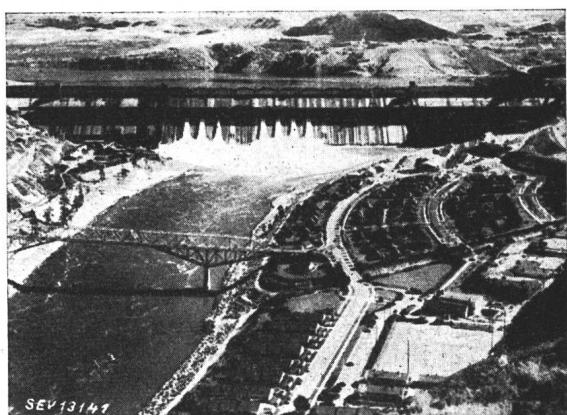


Fig. 5.
Coulee Dam
Werk bei Betriebseröffnung (Oktober 1941)
Wehrbrücke noch unfertig.

legt und mit vorgekühltem Wasser beschickt wurden, abgeführt.

Das untere Bild Fig. 6 zeigt den Bau der vor den Turbineneinläufen und Regulieröffnungen montierten, korbartigen Rechen, die bis 84 m Höhe aufweisen.

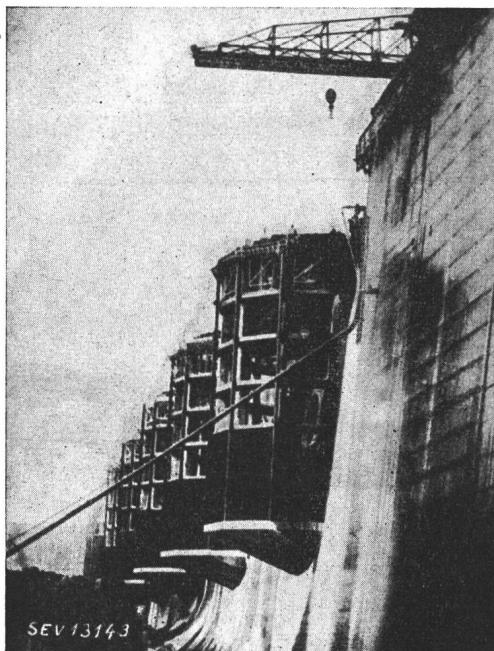
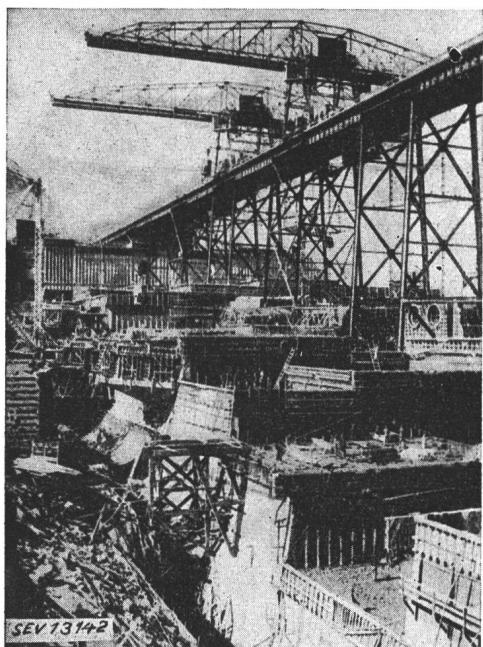


Fig. 6.
Grand Coulee
Oben: Betonierarbeiten. Unten: Rechenvorbauten.

Der mittlere Ueberfall besteht aus 11 Oeffnungen von je 41,5 m lichter Weite, die durch Sektorschützen von 8,5 m Höhe abgeschlossen werden. Die Durchlassmenge beträgt 28 000 m³/s, wozu noch 8 500 m³/s von den 60 Regulieröffnungen (je 2,6 m Durchmesser) kommen, die paarweise in 3 Etagen angeordnet sind.

Beidseitig am Mauerfuss ist ein Kraftwerk von je 9 × 108 000 kW Leistung vorgesehen, von denen vorläufig nur das westliche Werk ausgebaut wird. Die Francisturbinen von 120 U./min besitzen ein einheitliches Laufrad von 5 m Durchmesser bei 70 t Gewicht. Die Generatoren sind für 120 000 kVA bemessen, bei 13,8 kV Spannung. Rotor und Welle wiegen 527 t, so dass das unten liegende Traglager für 750 t bemessen ist. Fig. 7 zeigt den Stator der zweiten Maschine bei der Montage.

Als Uebertragungsspannung bis nach dem 400 km entfernten Portland wurde vorläufig 220 kV gewählt. Die zugehörigen Transformatoren sind zwischen Staumauer und Maschinenhaus aufgestellt. Eine spätere Höchstspannungsübertragung von 350 kV ist vorgesehen um die Verbindung mit den Werken am Colorado (Boulder-Dam) herzustellen.

Es war zuerst beabsichtigt gewesen, die Staumauer in der ersten Etappe nur zu $\frac{1}{3}$ Höhe, aber auf der ganzen Fussbreite von max. 150 m aufzuführen.

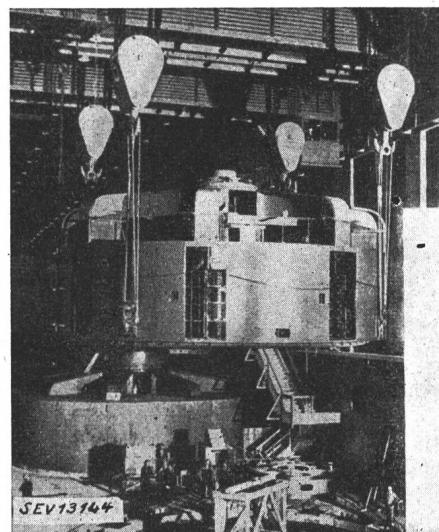


Fig. 7.
Grand Coulee
Generator bei der Montage.

Schwierigkeiten der Bauausführung (Erdschlipfe) und der gesteigerte Energiebedarf veranlassten dann bereits vor dem Krieg den Ausbau bis zur vollen Höhe von 155 m. Diese Erdschlipfe wurden durch künstliches Einfrieren des Bodens behoben, wozu gewaltige Kälteanlagen errichtet wurden. Fig. 8 gibt zum Abschluss die Disposition der ganzen Staumauer.

Im Rahmen des Gesamtausbau wird für Bewässerungszwecke am linken Widerlager eine Grosspumpenanlage errichtet, welche rund 450 m³/s um 150 m aus dem Oberwasser hochpumpt. Hierzu sind 12 vertikale Gruppen von je 48 000 kW Leistung vorgesehen, die erst später eingebaut werden. Als oberes Reservoir wird ein vorglaciales Flusstal von 37 km Länge und 2...5 km Breite dienen, das beidseitig durch Erddämme abgeschlossen werden soll. Sein Beckeninhalt von 1 300 Mill. m³ soll die Bewässerung von über 5 000 km² Bodenfläche im grossen Columbiabogen sicherstellen. Hierzu sind 2 Kanäle

von 160 und 250 km Länge zu erstellen, von denen einer die Erzeugung von 45 000 kW erlaubt, während der andere ungefähr die gleiche Pumpleistung benötigt, um auch grössere Höhenlagen zu bewässern. Man rechnet in diesem Gebiet für 250 000 Ansiedler aus den Staubgebieten von Kansas-Oklahoma Platz und Auskommen zu schaffen.

kraftwerk, dessen Pfeilerwehr mit 18 Oeffnungen durch eine Insel vom Maschinenhaus getrennt ist. Fig. 10 zeigt die Baustelle 1936, während der Maschinenhausquerschnitt in Fig. 11 dargestellt ist.

Um die grossen Salmzüge von über 1 500 000 Fischen pro Monat möglichst ungehindert passieren lassen zu können, wurden mit einem Kostenaufwand

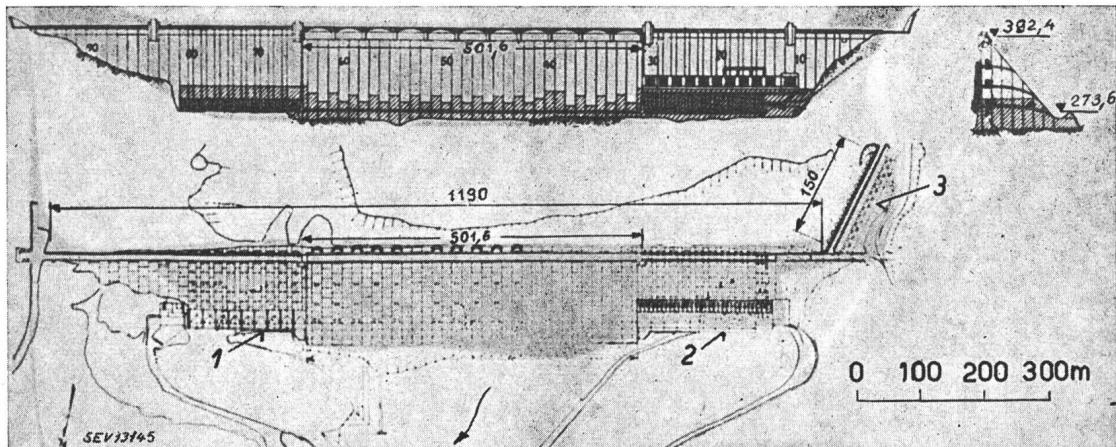


Fig. 8.
Grand Coulee - Disposition
1 Kraftwerk II. 2 Kraftwerk I. 3 Pumpwerk.

Das ganze Coulee-Projekt wird ca. 450 Mill. \$ kosten, von denen auf Staudamm und Kraftwerk rund 250 Mill. entfallen. Diese sollen innert 50 Jahren bei einem Energiepreis von 0,2 ct./kWh verzinst und amortisiert werden.

von 3 500 000 \$ (8 % der Bausumme) beidseitig des Wehres und des Maschinenhauses vier Fischtreppen von 10 m Breite und vier Fischauflüge von 6×9 m Kammergrösse eingebaut, die sich bewährt haben sollen. Auch die für Meerschiffe genügende Schleuse wird zum Durchschleusen der Fische benutzt.



Fig. 9.
Rock-Island-Kraftwerk
[4 (später 10) \times 16 667 kVA]

Die fünfte Stufe, das *Rock-Islandwerk* (Fig. 9) wurde schon 1930/32 durch eine Privatgesellschaft erstellt. Projektverfasser war der bekannte H. L. Cooper, welcher zu gleicher Zeit Dniproprojekt erbaute. Beide Werke weisen denn auch grosse Ähnlichkeit in der Gesamtdisposition auf.

Als unterste Stufe wurde von der Regierung ca. 60 km oberhalb Portland das *Bonneville-Werk* in den Jahren 1935/38 gebaut. Es ist ein normales Fluss-

Daten der Columbia-Werke

Tabelle I

	Grand Coulee	Bonneville
Einzugsgebiet	km ²	ca. 350 000
Wasserführung		665 000
min.	m ³ /s	453
min. (nach Regul.)	m ³ /s	990
mittel	m ³ /s	2 907
max. (vor Regul.)	m ³ /s	13 200
extrem (vor Regul.)	m ³ /s	20 500
Stauvolumen	Mill. m ³	12 300
nutzbar	Mill. m ³	6 500
Länge des Stausees	km	240
Oberfläche des Stausees	km ²	330
Gefälle	m	110...81
Anzahl Gruppen		19,7...9,1
Turbinentyp		Francis
Drehzahl	U./min	120
Einheitsleistung	kW	108 000
Ausbauleistung	kW	1 944 000
Jahresenergie	Mill. kWh	8 100
Saisonenergie	Mill. kWh	4 400
Total erzeugbar	Mill. kWh	12 500
Stauwerk:		3 160
Länge	m	Schwergew.mauer
Höhe	m	1190 + 150 ²⁾
Kubatur	m ³	330
Wehröffnungen		155
Breite \times Höhe	m	11
Durchlassmenge	m ³ /s	18
		15 \times 14,7
		45 400

¹⁾ Wird sich nach Erstellung der Grand Coulee-Bewässerung auf ca. 2900 Mill. kWh erhöhen.

²⁾ Für Pumpanlage.

³⁾ Zusätzlich 8500 m³/s der Regulieröffnungen.

Einige wichtigere Daten dieser beiden Werke sind in Tabelle I zusammengestellt.

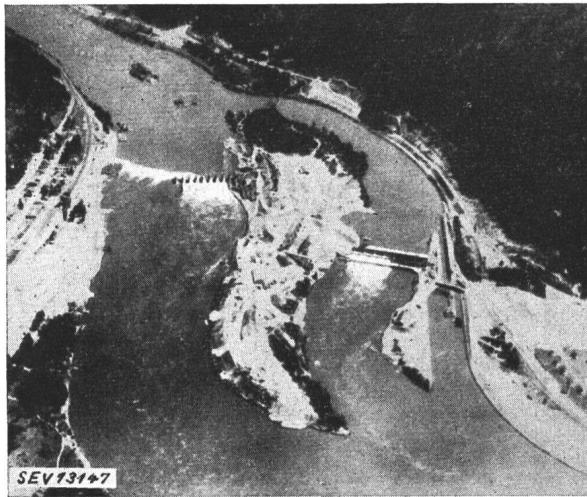


Fig. 10.

Baustelle Bonneville 1936

Links: Wehr im Bau. Rechts: Kraftwerk und Schiffsschleuse.

2. Das Central-Valley-Projekt

Von 1937 bis 1944 wurde in Mittelkalifornien das Central-Valley-Projekt errichtet, das seinen lebenserhaltenden Einfluss über ein Gebiet von 46 000 km² ausüben und mehr als 8 000 km² Anbaufläche vor der Versteppung bewahren wird.

Abgabe in den Sommermonaten. Hierdurch wird einerseits die ganzjährige Schiffahrt auf einer län-

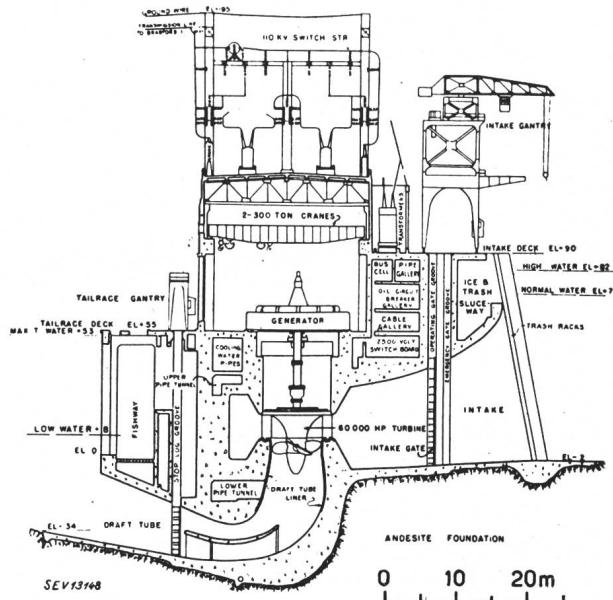


Fig. 11.

Bonneville

Maschinenhausquerschnitt

geren Strecke des Sacramento ermöglicht, anderseits werden die Hochwasserschäden verhindert und die nötige Bewässerung sichergestellt.

Die allgemeine Disposition des Werkes ist aus Fig. 12 zu ersehen. Es handelt sich um eine 176 m hohe Schwerge wichtsmauer, mit geradem Ueberfall in der Mitte und leicht abgebogenen Seitenbauwerken, von denen das linke in einen 160 m langen Erddamm übergeht. Dieser enthält in der Mitte eine 6 m dicke Dichtungswand aus Beton. Sektorschützen, Regulierdurchlässe und die korbartigen Rechenvorbauten sind ähnlich der Coulee-Mauer. Grössere Studien erforderte dabei der Hochwasser-Ueberfall über den ca. 160 m hohen Mittelteil.

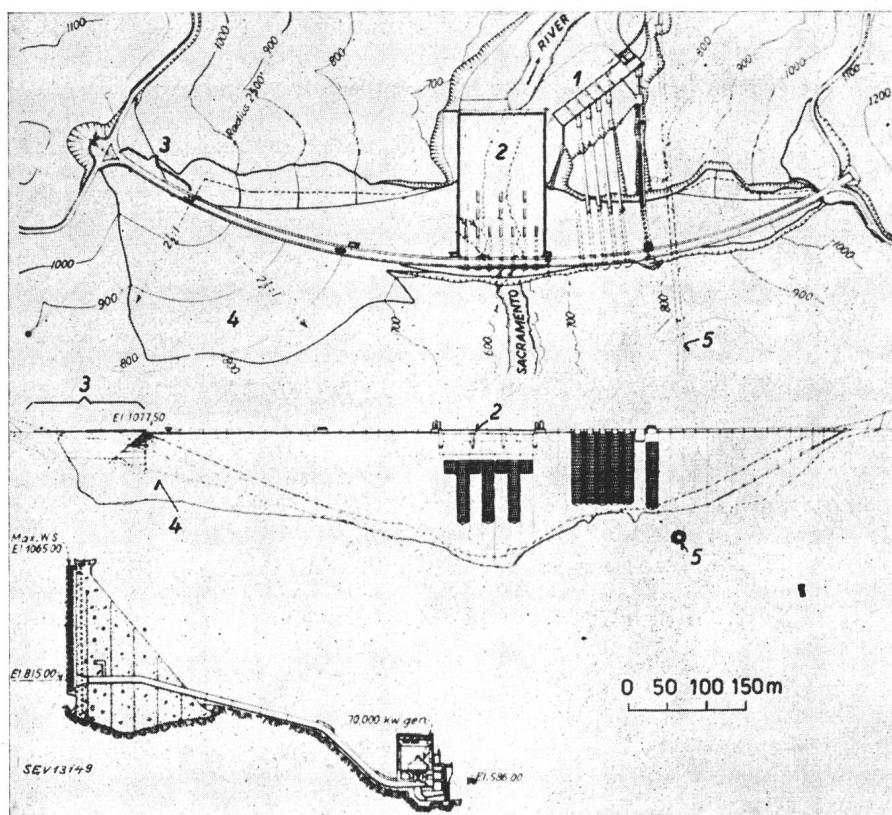


Fig. 12.

Shasta Dam — Disposition

- 1 Maschinenhaus.
 - 2 Ueberfall.
 - 3 Erddamm.
 - 4 Anschüttung vor dem Erddamm.
 - 5 Eisenbahntunnel (später Umleitstollen).
- Höhenangaben in engl. Fuss
(1 Fuss = 0,305 m).

Als Hauptwerk dient der *Shasta-Dam* in Nord-Kalifornien, welcher die vom Mt. Shasta (4336 m ü. M.) abfliessenden Schmelzwasser zurückbehält zur

Das Maschinenhaus befindet sich am rechten Flussufer, etwas unterhalb der Staumauer, so dass für die Turbinenzuleitungen offene Druckrohre ver-

legt werden mussten. Es enthält 5 Gruppen von je 70 000 kW mit seitlicher 220-kV-Freiluftanlage.

Der Bauzustand Ende 1941 ist in Fig. 13 dargestellt. Man erkennt die Turbinenausläufe und die Trans-

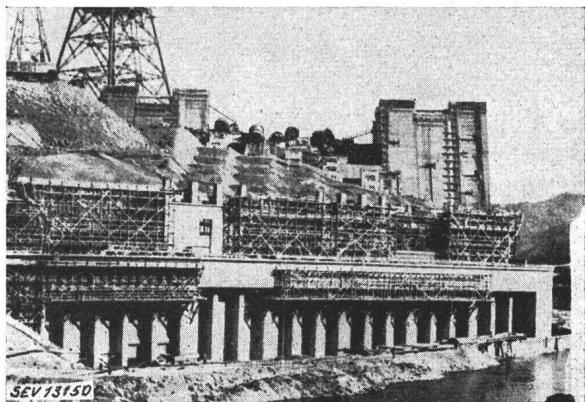


Fig. 13.
Shasta Dam
Baubild 1941.

formatorenplattform. Dahinter sind die obersten Schüsse der Druckleitungen und die zu ca. $1/2$ Höhe erstellten Mauerpartien ersichtlich. Das Betonieren erfolgte ebenfalls in Blöcken von 15×15 m. Das nötige Material hierzu wurde auf einem 14,5 km langen Transportband von 1100...1500 t/h Leistung herangebracht. Der Fluss wurde auf dieser Baustelle vorerst im alten Bett belassen und die Mauer beidseitig ziemlich hoch aufgeführt. Dies geschah wegen der möglichen plötzlichen Hochwasser und weil der Umlaufstollen zuerst als Eisenbahntunnel für die vorbeiführende Hauptlinie San Francisco - Portland benutzt werden musste, bis die Verlegung von einigen 20 km Strecke und der Bau einer 120 m hohen Eisenbahnbrücke über das Staubecken fertiggestellt war.

Der neue Stausee weist einen Inhalt von ca. 5 500 Mill. m³ auf, von denen die obersten 610 Mill. m³ vom Dezember bis März als Hochwasserschutzraum benutzt werden, während die untersten 610 Mill. m³ für die Aufrechterhaltung des Minimalgefälles dienen.

Um den Abfluss unabhängig vom Werkbetrieb regulieren zu können, wurde 10 km flussabwärts ein grosses Ausgleichsbecken mit einem 38 m hohen und 245 m langen Erddamm sowie einem Kraftwerk von $3 \times 25 000$ kW erstellt (Nebenwerk Keswick).

Beide Kraftwerke erzeugen jährlich gesamthaft ca. 1 500 Mill. kWh, von denen aber nur etwa 40 % Jahresenergie darstellen. Der Absatz erfolgt durch das bestehende, ausgedehnte 220-kV-Netz der in diesem Gebiet arbeitenden Unternehmung. Neben der Bewässerung des unteren Sacramentotales wird der regulierte Flusslauf auch benutzt, um im Mündungsdelta die durch übermässiges Pumpen erfolgte Grundwasserabsenkung mit folgender Meerwasser-infiltration einzudämmen. Ein Teil des Ueberschusses wird ferner mit dem *Contra-Costa-Canal* zur Versorgung der Industriezone von Martinez abgezweigt, während der grössere Teil (ca. 85 m³/s) in das San-

Joaquin-System gelangt. Die Wasserführung dieses Flusses beträgt von 1,5...1 100 m³/s, kann aber auch ganz versiegen. Er wird daher im Sommer durch 5 hydraulische Dachwehre gestaut und das Ueber-

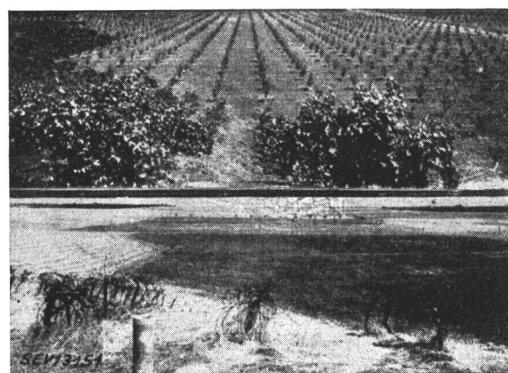


Fig. 14.
Versteppung einer Obstfarm im südlichen Joaquin-Tal
Oben: Farm bewässert.
Unten: Farm nach 2 Jahren mangelnder Bewässerung.

schusswasser über 100 km aufwärts gepumpt. Die weiteren 120 km bis in die Gegend von Fresno werden in einem Hangkanal mit 4 Pumpwerken überwunden und ergeben den in diesem Gebiet nötigen Wasserzuschuss von 600...700 Mill. m³ pro Jahr.

Für das südliche San-Joaquin-Tal musste eine höher gelegene, weitere Wasserreserve geschaffen werden. Hierzu wurde der *Friant-Dam* erstellt, welcher ein Becken von 560 Mill. m³ schafft und die Abflüsse der über 4 000 m hohen Berge der Sierra Nevada auffängt. Er ist als gerade Schweregewichtsmauer von 82 m Höhe und 1 115 m Länge erbaut. Bauweise und Ausführung entsprechen ebenfalls der Coulee-Mauer. Das aufgespeicherte Wasser wird in

Technische Daten der Central-Valley-Mauern
Tabelle II

		Shasta	Friant
Einzugsgebiet	km ²	17 000	4 150
Jahresabfluss	mittel. Mill. m ³	5 600...7 500	1 700...2 500
	min. Mill. m ³	3 200	500...600
Wassermenge	min. m ³ /s	68	1,5
	max. m ³ /s	7 100	1 100
Stauraum	Mill. m ³	5 450	560
Nutzvolumen	Mill. m ³	4 840	400
Stauwerk			
Kronenlänge	m	1 030 ¹⁾	1 115
Höhe	m	176	82
Kubatur	m ³	4 130 000	?
Hochwasserüberfall			
Anzahl Oeffnungen		3	3
Breite \times Höhe	m	33 \times 8,5	30 \times 5,4
Durchlassmenge	m ³ /s	6 100 ²⁾	2 500 ³⁾
Nutzgefälle	m	146...73	
Turbinenleistung			
Shasta	kW	5 \times 70 000	
Keswick	kW	3 \times 25 000	
Ausbauleistung	kW	425 000	
Jahresenergie	Mill. kWh	600	
Saisonenergie	Mill. kWh	900	
Total	Mill. kWh	1 500	

¹⁾ Hiervon 160 m als Erddamm.

²⁾ Zusätzlich 1640 m³/s durch Regulieröffnungen.

³⁾ Zusätzlich 60 m³/s durch Regulieröffnungen.

⁴⁾ Kein Kraftwerk vorgesehen.

der Trockenzeit bis 65 km nach Norden mit dem *Madera-Kanal* (für 28 m³/s) und nach Süden mit dem 250 km langen *Friant-Kern-Kanal* (für 86 m³/s) verteilt.

Wie dieses Gebiet von ca. 3 000 km² an Wassermangel leidet, ist aus Fig. 14 ersichtlich, welche die Versteppung einer Obstplantage im Zeitraum von 2 Jahren zeigt.

Die Daten der beiden Hauptwerke finden sich in Tabelle II.

Die Kosten des Gesamtprojektes werden auf 263 Mill. \$ veranschlagt, wovon ca. 65 % auf das Shasta-Werk mit Nebenwerk Keswick entfallen.

3. Der Ausbau des Colorado

Vom Ausbau des unteren Colorado ist gewöhnlich nur das *Boulderwerk* (erbaut 1931...1936) mit seiner charakteristischen Anordnung bekannt, das nun voll ausgebaut sein dürfte (Fig. 15).

Das Werk wurde in offener Baugrube erstellt, wobei der Fluss durch 4 Stollen von 15 m Durchmesser umgeleitet und durch zwei Erddämme abgesperrt wurde (Fig. 16). Von diesen Umleitstollen wurden die beiden äusseren nach Staubeginn abgeschlossen und dienen nun für die Ableitung der beidseitigen Hochwasserüberfälle. Diese bestehen je aus einer ca. 120 m langen Kante mit 45 m tiefem Sammelbecken und Schrägschacht von 150 m Gefälle. Nach 6½jähriger Füllungszeit haben sie im August 1941 zum erstenmal angesprochen.

Die beiden inneren Stollen wurden ebenfalls abgeschlossen und darin die untere Druckleitung von 9 m Durchmesser verlegt, an welche je über eine Abzweigleitung von 3,95 m lichter Weite und Drosselklappe jede zweite Turbine angeschlossen ist. Das

berechnet, dass die Geschiebeablagerungen innert 50 Jahren den Stauinhalt um etwa 10 % verkleinern werden.

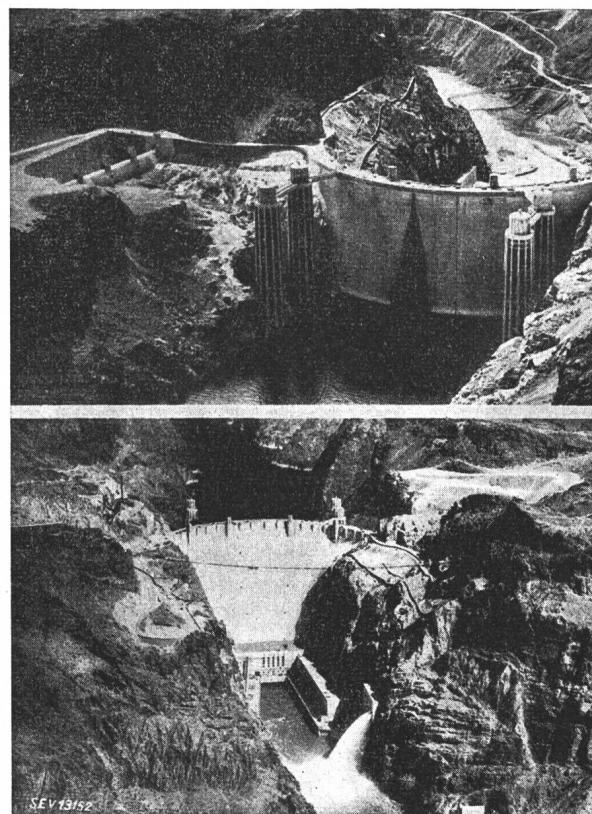


Fig. 15.
Boulder Dam — Gesamtansicht
Oben: OW-Seite. Unten: UW-Seite.

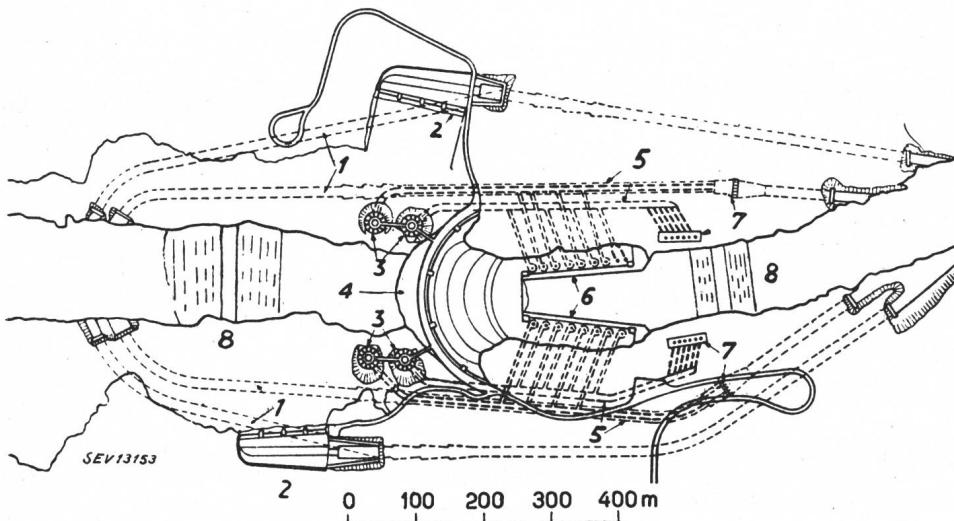


Fig. 16.
Boulder Dam — Disposition

- 1 Umleitstollen
- 2 Hochwasserüberfall
- 3 Wasserentnahmetürme
- 4 Staumauer
- 5 Druckleitungen
- 6 Maschinenhäuser
- 7 Entlastungsventile
- 8 Dichtungsdämme für den Bau.

Ende führt zu 6 Regulierventilen von je 1,84 m lichter Weite. Für die anderen Turbinen wurden in ca. 60 m Höhe beidseitig ein weiterer Stollen mit Druckleitung verlegt, von der die Abzweigleitungen unter 30° zu den Turbinen führen. Auch hier liegen am Ende Regulierventile, und zwar je 6 von 2,14 m Durchmesser. Das Durchlassvermögen der 4 Batterien von Ventilen beträgt 2 800 m³/s. Ein Grundablass ist somit nicht vorhanden. Es wird denn auch

Die einfache Länge dieser Druck- und Verteilungsleitungen beträgt 4 400 m bei einem Gewicht von 40 000 t. Zu ihrer Herstellung wurde am Rande der Schlucht eine eigene Fabrik errichtet.

Der Bau der Mauer erfolgte in einzelnen, gegenseitig verkeilten Blöcken von 80...100 m² von je 1,5 m Höhe in 72 Stunden. Betoniert wurde mit Kübeln von 3 und 6 m³ Inhalt, die mit grossen Kabelkranen verführt wurden. In der Mitte der Mauer wurde ein

2,45 m breiter Schlitz offen gelassen, der erst nach dem Abbinden der anschliessenden Bogenhälften betoniert und abgedichtet wurde. In diesem Schlitz

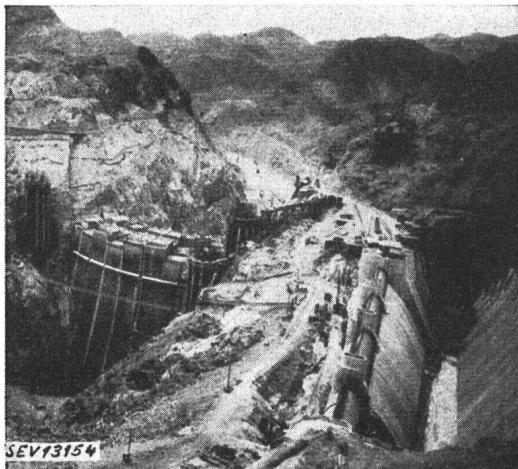


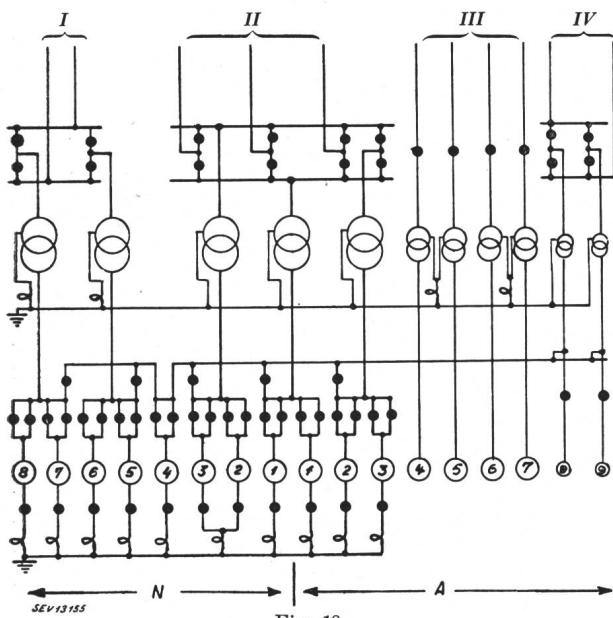
Fig. 17.

Boulder Dam. Baubild

Links: Staumauer und Arizona-Wasserentnahme.
Rechts: Ueberfall der Nevada-Seite.

waren die Zuleitungen zum Kühlungssystem verlegt, das aus 900 km Röhren von 1" lichter Weite bestand. Diese wurden während des Betonierens mit Wasser von 15°C und nachher mit vorgekühltem Wasser von 6°C beschickt.

Um Zerstörungen durch die in diesem Gebiet zu erwartenden Erdbeben zu vermeiden, wurden die

**Boulder Dam. Prinzipschema**

- I Metropolitan Aqueduct, 230 kV, 50 Per./s
II City of Los Angeles, 287 kV, 60 Per./s
III So. Cal. Edison, 220 kV, 50 Per./s
IV So. Sierras Pw., 132 kV, 60 Per./s
N Nevada-Seite, A Arizona-Seite
N₄ Reserve-Generator 50/60 Per./s
● Oelschalter.

Wasserfassungen in 4 voneinander unabhängige Türme von 100 m Höhe verlegt. Diese sind auf der vollen Länge mit Rechen versehen, während der

innere Mantel nur 2 Ringschützen von 10 m Durchmesser und 3 m Höhe aufweist. In Fig. 17 ist im Vordergrund rechts der im Bau befindliche Ueberfall der Nevadaseite ersichtlich. Dahinter erkennt man die Blockbauweise der Mauer mit dem Kühlenschlitz, und links die Entnahmetürme der Arizonaseite.

Die elektrische Ausrüstung des Kraftwerkes besteht auf der Nevadaseite aus 8 Generatoren von 82 500 kVA, 16,5 kV, 180 (175) U./min⁶ von denen je 4 für 60 und 50 Per./s gebaut sind. Auf der Arizonaseite sind 3 Hauptgeneratoren für 60 Per./s und 4 für 50 Per./s sowie 2 Maschinen halber Leistung installiert. Diese Vielfalt ergibt sich aus der Anzahl Energiebezüger, indem auf der Arizonaseite 4 Maschinen direkt über ihren 220-kV-Transformator auf das Netz der Southern-California Edison und die beiden 40 000-kVA-Maschinen auf ein 132-kV-Netz arbeiten. Die übrigen Generatoren speisen je zu zweien gemeinsam Transformatorengruppen von 165 000 kVA mit 230 resp. 287 kV Oberspannung. Aus dem Schema Fig. 18 ist auch die für amerikanische Verhältnisse typische reichliche Verwendung von Oelschaltern und die Nullpunktterdung der Generatoren und Transformatoren ersichtlich. Transformatoren und Unterspannungsschalter stehen über den Saugrohren, auf der Unterwasserseite der Maschinenhäuser. Da die Kraftwerke keine Zufahrt be-

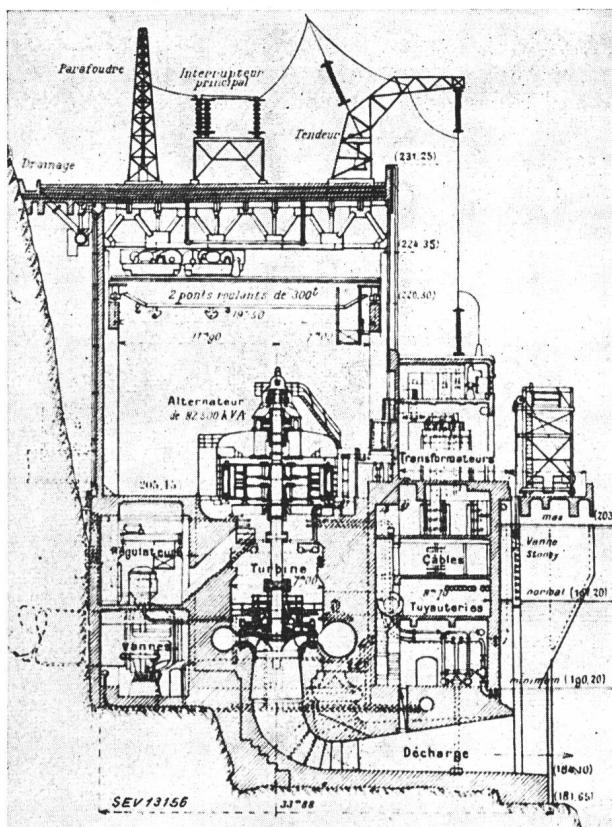


Fig. 19.
Boulder Dam
Maschinenhaus-Querschnitt.

sitzen, erfolgt der gesamte Transport dieser Maschinenteile über den permanenten 150-t-Kabelkran, welcher die Schlucht überspannt und ca. 200 m Hub-

höhe aufweist. Druckleitung, Schützen usw. mussten ebenfalls damit montiert werden (Fig. 19).

Die Unterspannungssammelschienen sind für 4 000 A Dauerstrom bemessen und bestehen aus 2 U-förmigen Kupferschienen von 19 cm^2 Querschnitt, die zur Verminderung von Wirbelstromverlusten einzeln hinter Kupferblech abgeschirmt werden (Fig. 20).

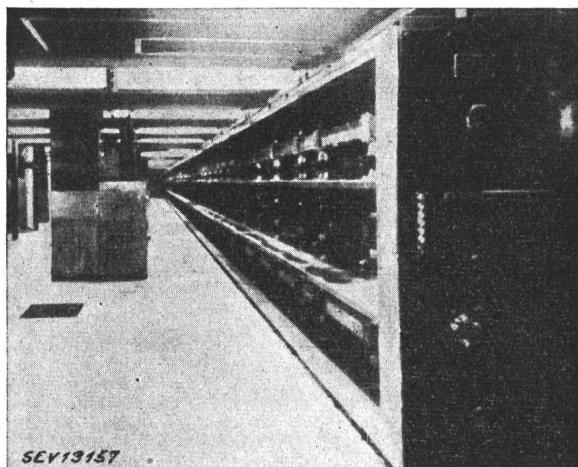


Fig. 20.
Boulder Dam
Sammelschienenraum.

Für den Hausbetrieb dienen 2 Gruppen von 3 000 kVA, die durch eine Peltonturbine angetrieben werden. Sie sind im Maschinenhauskopf am Fusse der Staumauer eingebaut, wo sich auch der zentrale Kommandoraum befindet.

Vom Boulderdam geht die bekannte 287-kV-Uebertragung³⁾ in 3 Strängen nach dem 430 km ent-

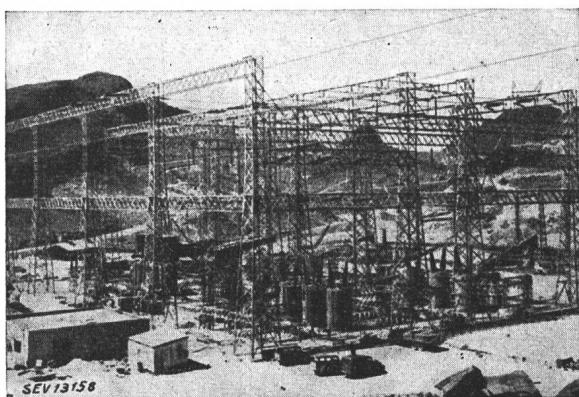


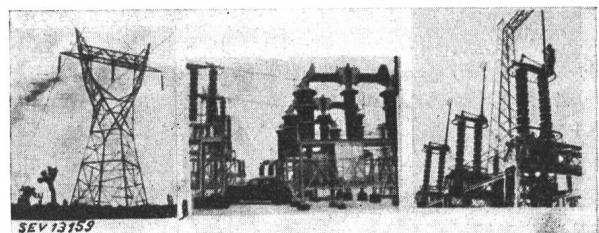
Fig. 21.
Boulder Dam
287-kV-Freiluftanlage (Gerüsthöhe 35 m!).

fernten Los Angeles. Ihren Anfang nimmt sie in einer grossen Schaltstation (Fig. 21), die aus Platzmangel etwa 200 m über dem Kraftwerk auf dem Plateau angeordnet ist. Sie wurde mit dem konventionellen Dreikesselölschalter ausgerüstet, der mit Vielfachunterbrechung und verstärktem Antrieb in $1/20$ Sekunde 2,5 Milliarden kVA abschaltet.

³⁾ Bull. SEV 1942, Nr. 7, S. 181.

Als Leiter dient ein Kupferhohlseil von 354 mm^2 Querschnitt (3,55 cm Durchmesser), das an Horizontalmasten mit 15 m Abstand aufgehängt ist. Zum Schutz gegen Gewitterüberspannungen sind außer 2 Erdseilen auch $2 \frac{1}{4}$ -Kupferseile pro Strang als Gegengewicht im Boden verlegt und mit den Mastfüßen verbunden. In den beiden Zwischenstationen und auf der Empfangsseite gelangten die ersten amerikanischen ölarmen Schalter zur Aufstellung, die im Querarm 18 Unterbrechungsstellen aufweisen, welche beim Schalten mit einem kalten Oelstrahl gekühlt werden. Die Spannungsregulierung der Leitung erfolgt pro Strang durch zwei wasserstoffgekühlte Synchronkondensatoren für Freiluftaufstellung von 60 000 kVA kapazitiver und 36 000 kVA induktiver Leistung, die an eine Tertiärwicklung der Aspanntransformatoren angeschlossen sind. Fig. 22 zeigt einige Bilder dieser Uebertragung.

Nachträglich wurde 110 km flussabwärts ein Ausgleichswerk in Angriff genommen, um ein Gefälle von ca. 95 m auszunützen. Hierfür wurde der *Bullshead-Dam* erstellt, ein Erddamm mit Lehmkerne von 103 m Höhe und 410 m Kronenlänge. Die Basis beträgt 430 m und weist in der Mitte einen 36 m breiten und 61 m tiefen, bis auf das Felsbett geführten



a Leitungsmast b Oelarmer Schalter c Trenner
Fig. 22.
287-kV-Uebertragung

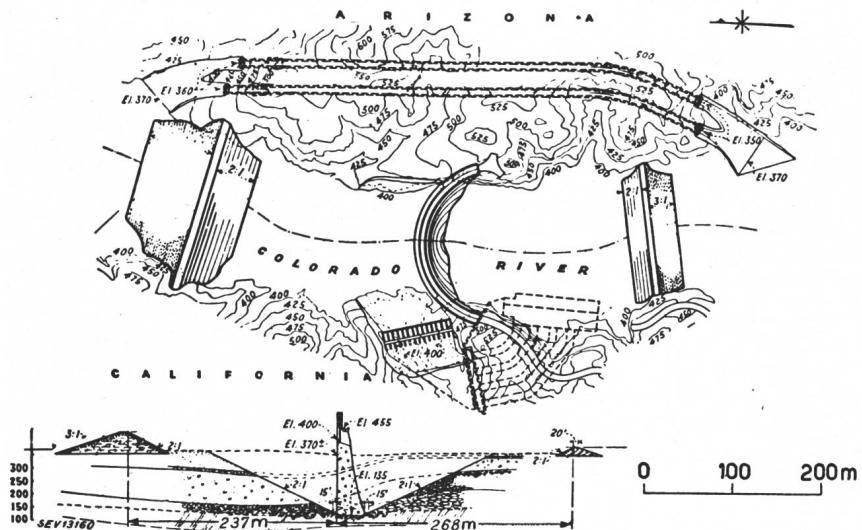
Dichtungsgraben auf, der mit gestampftem Lehm ausgefüllt wurde. Die Umleitung des Flusses erfolgte während der Bauzeit durch 6 Stollen von 9,7 m Durchmesser, von denen 5 nun als Zuleitung zu den 45 000-kW-Turbinen dienen, während der letzte als Grundablass ausgebildet wurde. Am gegenüberliegenden Ufer wurde zusätzlich ein betonierter Hochwasserüberfall für $5600 \text{ m}^3/\text{s}$ eingebaut. Das Werk dürfte nun ebenfalls in Betrieb gekommen sein.

In Betriebsgemeinschaft mit Bullshead steht das nochmals 130 km weiter unten liegende Werk des *Parker-Damms*, erbaut 1936...1941, welches hauptsächlich als Entnahmeverbecken für den Metropolitan-Aquädukt dient. Die Mauer ist deshalb von besonderem Interesse, weil sie in offener Baugrube ca. 72 m tief in das ausgeräumte Schotterbett des Flusses fundiert werden musste (Fig. 23) und nur die letzten 25 m über das wieder aufgefüllte Geschiebe herausragen.

Beidseitig der Staugrube wurden in 500 m Entfernung voneinander zwei Erddämme aufgeworfen und der Fluss durch zwei Stollen auf der Ostseite umgeleitet. Diese waren bei $8,8 \text{ m}$ Durchmesser für $1700 \text{ m}^3/\text{s}$ berechnet, wobei vor dem oberen Erddamm noch ein gewisser Hochwasserschutzraum

vorgesehen war. In den gegenüber Boulder verminderten Abflüssen machte sich bereits dessen Reguliereinfluss geltend.

Die Umlaufstollen wurden nach Bauvollendung mit Betonpfropfen verschlossen, so dass die Regulierung nur noch durch die Wehröffnungen erfolgt (Fig. 24).



Das Kraftwerk schliesst sich am rechten Flussufer an und enthält 4 Gruppen von je 30 000 kW. Die erzeugte Energie wird wie diejenige des Bullheadwerkes zur Hauptsache für Pumpzwecke von Bewässerungsanlagen verbraucht.

Die technischen Daten aller drei Stauwerke sind in Tabelle III zusammengestellt.

Technische Daten der Colorado-Mauern
Tabelle III

		Boulder	Bullhead	Parker
Einzugsgebiet	km ²	435 000	445 000	462 000
Jahresabfluss				
mittel	Mill. m ³	20 000	?	?
extrem	Mill. m ³	9 – 30 000	?	?
Wassermenge				
minimum	m ³ /s	2	112	112
mittel	m ³ /s	590		
maximum	m ³ /s	6 800...8 400	2 800	3 200
Stauraum				
Inhalt	Mill. m ³	37 500	?	890
Nutzvolumen	Mill. m ³	18 500	1 970	?
Oberfläche	km ²	580	?	140
Länge	km	168	108	65
Stauwerk				
Mauer-Type	Bogengew.	Erddamm	Bogen	
Kronenlänge	m	385	410	250
Höhe	m	220	103	97
Fussbreite	m	200	426	30
Kubatur	m ³	2 450	?	195 000
Hochwasserdurchlass				
Oeffnungen		2	5	
Querschnitt	m ²	?	?	15×15
Nutzgefälle	m	179...120	43	21...15
Inst. Leistung	kW	1 280 000	225 000	120 000
Energie-Produktion				
Jahresenergie	Mill. kWh	4 330	750	500
Saisonenergie	Mill. kWh	1 550	140	100
Total	Mill. kWh	5 880	890	600
Baukosten	Mill. \$	120	41	15

Aus dem Parker-Reservoir entnimmt der *Metropolitan-Aquädukt* das für die Stadt Los Angeles und

Umgebung erforderliche Zuschusswasser für ca. 3 000 000 Einwohner und die Bewässerung von 5 600 km². Im Vollausbau sind 45 m³/s oder ca. 1 400 Mill. m³ im Jahr vorgesehen, die über eine Strecke von 390 km bis zu einem grossen Sammelreservoir von 270 Mill. m³ Inhalt (Cajalco-Becken) geführt werden. Von hier aus beginnen die verschiedenen Verteilsysteme von ebenfalls 200...300 km Länge.

Dass der Bau dieser Wasserleitung mit vielen Schwierigkeiten verbunden war, dürfte aus dem Längenprofil Fig. 25 hervorgehen. Etwa 180 km der Strecke liegen in der Wüste und sind Sandverwehungen, plötzlichen Murgängen, Ueberschwemmungen und Angriffen des stark alkalischen Bodens ausgesetzt. Andere Strecken mussten in Stollen verlegt werden, bei deren

Fig. 23.
Parker Dam — Disposition
Höhenangaben in engl. Fuss
(1 Fuss = 0,305 m).

Bau Wassereinbrüche bis zu 160 m³/s stattfanden, wie im San-Jacinto-Tunnel, der mit vertikalen Schächten und Schrägstollen als Baufenster unterteilt wurde. An verschiedenen Stellen mussten die Bauarbeiten aus klimatischen Gründen (Hitze) im Sommer zeitweilig ausgesetzt werden.

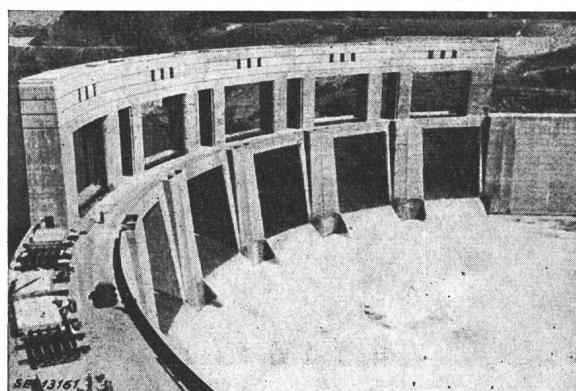


Fig. 24.
Parker Dam
Ansicht von der Unterwasserseite.

Von der Gesamtstrecke liegen:

	km
im Stollen	147,7
im offenen Kanal	101,5
eingedeckt in der Wüste	88,5
in 27 Syphons ⁴⁾	46,5
in Ausgleichsbecken	3,2
in Druckleitungen	1,6
Total	389,0

Die Tunnels weisen einen hufeisenförmigen Querschnitt von 19 m² auf, bei 4,9 m Höhe und Breite.

⁴⁾ Dazu noch ca. 150 Ueber- und Unterführungen von Abflussrinnen.

Für die offenen Kanalstrecken wurde ein Profil von 6,1 m Sohlenbreite, 16,8 m oberem Wasserspiegel und 3,6 m Tiefe gewählt, das bei voller Wassermenge eine Geschwindigkeit von 1,35 m/s erzwingt, womit das kleine Geschwemmsel in die längs des Kanals

dieser Strecken erfolgte mit transportabler Gleitschalung (Fig. 26) und war ebenfalls auf das äusserste mechanisiert.

Da die Wasserfassung auf 137 m ü. M. liegt, das Empfangsreservoir aber eine Meereshöhe von 430 m

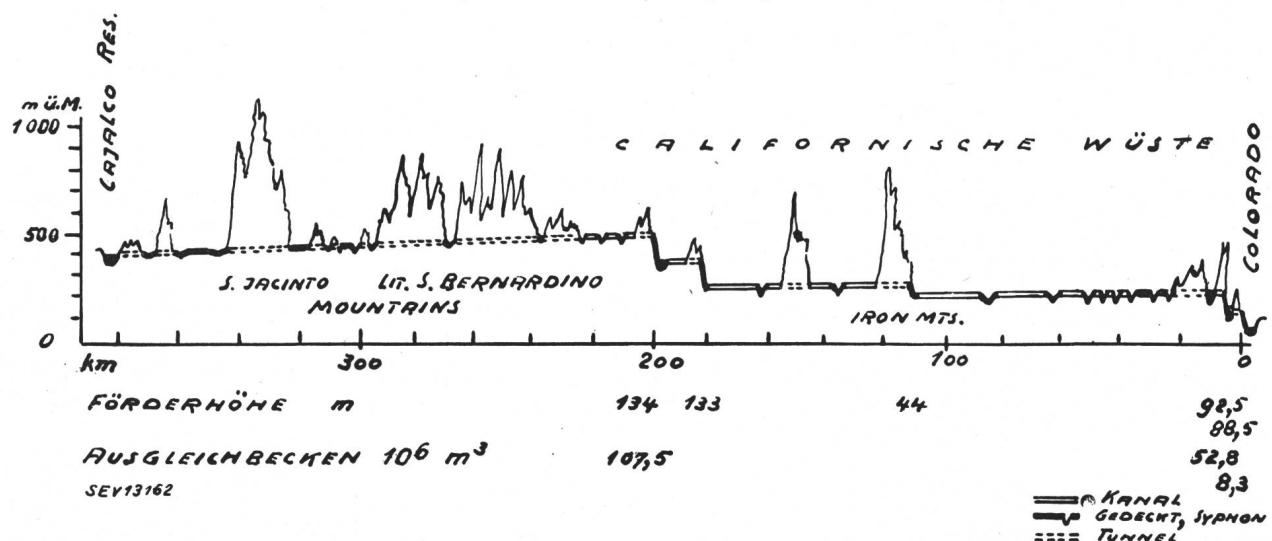


Fig. 25.
Längenprofil des Metropolitan Aqueductes

eingebauten 27 Sandfänge abgeführt wird. Der Aushub und das Betonieren des 20 cm dicken, armierten Belages erfolgte durch spezielle Maschinen,

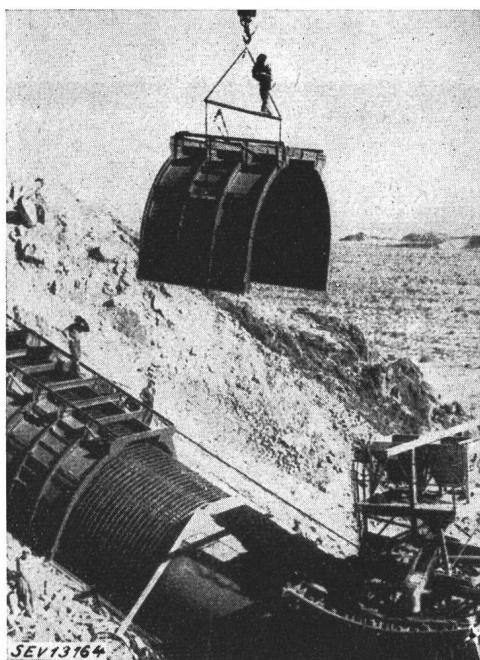


Fig. 26.
Metropolitan Aqueduct
Schalung einer armierten Siphonstrecke

welche den ganzen Kanalquerschnitt auf einmal bestrichen und für diesen Zweck entwickelt wurden.

Für die eingedeckten Strecken wurde ebenfalls ein hufeisenförmiger Querschnitt verwendet, während die Siphons aus 1 oder 2 kreisrunden Röhren bestehen mit 4,9 oder 3,5 m Durchmesser. Der Bau

aufweist und auch die Wüste über 600 m ü. M. ansteigt, so waren 5 Pumpwerke nötig (Fig. 27), von denen jedes mit 3 (später 9) vertikalen Zentrifugalpumpen ausgerüstet ist. Angetrieben werden diese durch vollständig geschlossene Synchron-Induktionsmotoren, die mit gefüllter Pumpe unter Last ange-

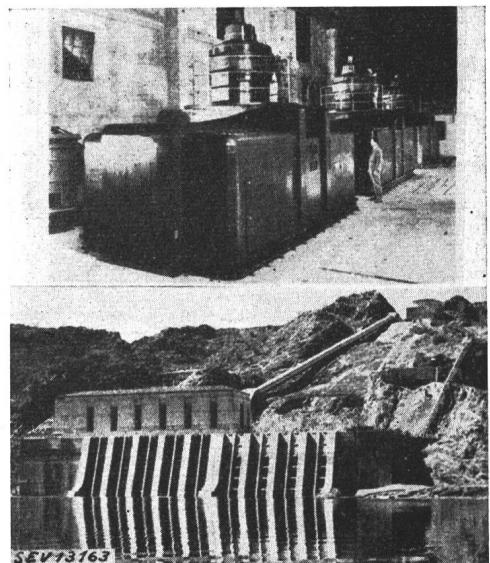


Fig. 27.
Metropolitan Aqueduct, Pumpstation
Oben: Innenansicht. Unten: Außenansicht.

lassen werden. Jede Pumpe leistet 6,15 m³/s und ist mit Zulaufklappe und Schnellschlussventil ausgerüstet.

Ausgleichbecken ermöglichen einen ununterbrochenen Betrieb des Gesamtkanals auch bei Revision von Einzelabschnitten oder Pumpen. Bei

Vollausbau wird mit einem jährlichen Energieverbrauch von 2 250 Mill. kWh (ca. 300 000 kW max. Leistung) gerechnet, der durch die Kraftwerke Boulder-Bullshead und Parker über eine 230-kV-Leitung gedeckt wird. Die Baukosten betrugen ca. 220 Mill. \$.

Kurz vor der mexikanischen Grenze wird der Colorado ein viertes Mal durch den *Imperial-Dam* um 7,6 m aufgestaut (Fig. 28). Dieser besteht aus einem mittleren festen Ueberfall von 365 m Länge. Auf der kalifornischen Seite setzt sich ein durch 4 Roll-

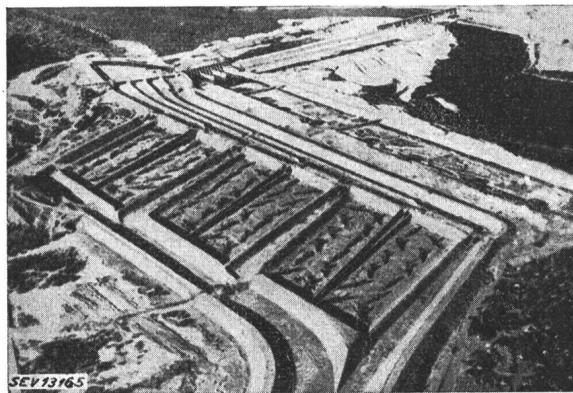


Fig. 28.

Imperial Dam mit Absetzbecken für den All American Canal

schützen von 23×7 m abschliessbares Vorbassin rechtwinklig an, von dem aus eine Wassermenge von $335 \text{ m}^3/\text{s}$ in 3 grosse Absetzbecken von je 180×250 m Fläche abgeleitet wird, wo sie in 21 Minuten Durchflusszeit 80 % ihres Schlammgehaltes abgibt. Dieser ergibt die respektbare Menge von 70 000 t im Tag. Mit 24 rotierenden Kratzern von 38 m Flügeldurch-

messer kann diese wieder entfernt und abgeschlemmt werden.

Der anschliessende *All-American-Canal* von 130 km Länge ist zum grössten Teil nur ausgebaggert und weist bei 48,5 m unterer Breite und 6 m Wassertiefe einen freien Wasserspiegel von über 100 m auf. Zur Abdichtung wird vorläufig die Entschlammungsanlage nicht benutzt, damit sich der Lehmgehalt auf dem Kanalbett niederschlägt. Seine Fortsetzung bildet der 210 km lange Coachella-Kanal, welcher die Depression der Salton-Sea bewässert. Die Gefällsdifferenz gestattet zudem noch die Erzeugung von 46 000 kW, während ein weiteres Werk von 42 000 kW durch Wasserrückgabe an den Colorado erstellt werden kann. Trotz nur 75 mm jährlichen Regenfalles wurde hier mit der Bewässerung eines der fruchtbarsten Gebiete von vorläufig 2 000 km² geschaffen, wobei die Anbaufläche aber noch auf 6 000 km² ausgedehnt werden kann.

Auf der Arizonaseite des Imperial-Dams werden über eine kleinere Entsandungsanlage $56 \text{ m}^3/\text{s}$ abgezweigt, um zur Bewässerung von 2 000 km² im Gila-Tal zu dienen, wozu die Wassermenge in verschiedenen Pumpwerken hochgepumpt werden muss.

Der Bau des Imperial-Damms bereitete beträchtliche Schwierigkeiten, da der gewachsene Fels unter der Schuttdecke nicht erreicht werden konnte. Die gesamten Anlagen ruhen daher auf eingerammten Holz- und Betonpfählen. Auch als Spundwände zum Abdichten wurden z. T. Holzwände verwendet, die den Angriffen des alkalischen Erdreiches besser widerstehen. Die Gesamtkosten des Projektes werden auf 65 Mill. \$ berechnet.

Adresse des Autors:

W. Howald, dipl. Ing., Lavaterstr. 54, Zürich.

Die Verwendung von Gas für industrielle Zwecke

Von A. Härry, Zürich

662.76

An der öffentlichen Diskussionsversammlung des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes «Wasser und Kohle» vom 10. März 1945¹⁾ haben wir auf die Möglichkeit hingewiesen, das Gas der Gaswerke für chemische Zwecke oder zur Wärmeerzeugung in kalorischen Kraftwerken, insbesondere in Heizkraftwerken, zu verwenden. Eine solche Verwendung geht von folgenden Voraussetzungen aus: Es ist wahrscheinlich, dass die Gaswerke nach Eintritt normaler Verhältnisse nicht mehr oder erst nach längerer Zeit ihr früheres Produktionsvolumen erreichen werden und daher schlecht ausgenutzt sind. Es ist ferner zu erwarten, dass infolge der geänderten Verhältnisse die Verwendung von Gas im Haushalt keine starke Zunahme mehr erfahren oder stationär bleiben wird. Unter solchen Voraussetzungen ist es wichtig, zu prüfen, wie das Gas anderweitig zu industriellen Zwecken verwendet, die Wirtschaftlichkeit der Gaswerke erhalten und damit

die Kohlenveredelungsindustrie in bisherigem Umfang gesichert werden kann. Das Problem der chemischen Verwendung des Gases (Gaszerlegung) ist durch ein vom Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband eingeholtes Gutachten untersucht worden und Gegenstand der Prüfung der zuständigen interessierten Kreise. Als zweite Lösung käme wie oben erwähnt die Verwendung des Gases in kalorischen Kraftwerken, insbesondere in Heizkraftwerken, in Frage. Bei diesem Problem ist die Tatsache von besonderer Bedeutung, dass auch die Gaswerke in gewissen Grenzen kapitalintensive Betriebe sind und sich daher die Probleme der Festkosten und zusätzlichen Kosten geltend machen. Man kann sich vorstellen, dass der normale Kohlendurchsatz eines Gaswerkes, bei dem die festen und beweglichen Kosten durch die Einnahmen des Gaswerkes aus der normalen Verwendung des Gases in Haushalt und Industrie gedeckt sind, im Rahmen der Leistungsfähigkeit der bestehenden Anlagen erhöht und das mehr erzeugte Gas einem kalorischen Kraftwerk in

¹⁾ Bulletin SEV, 1945, Nr. 6, S. 174.

Wasser- und Energiewirtschaft, 1945, Nr. 4/5, S. 48.