Zeitschrift: Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schiffahrt

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 16 (1924)

Heft: 6

Artikel: Das Feather-River Kraftwerk in Californien

Autor: Centmaier, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-920100

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: 10.07.2025

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

Tagsüber konnten daher bei allgemeiner Energieknappheit in der Schweiz in den Wintermonaten rund 60,000 kW ausgeführt werden.

IV. Ausgeführter Effekt und Energiemengen.

Maximaleffekt der Stromausfuhr im Jahre 1923 zirka . . . . . 127,000 kW

f) Gesamtausfuhr im Jahre 1923 . . . 521½ Mill. kW

g) Sommerenergie (1. April bis 30. September 1923) . . . . . 294½ Mill. kW

h) Winterenergie (1. Januar bis 31. März und 1. Oktober bis 31. Dezember 1923) 227 „ „

i) Während der Monate Januar, Februar und Dezember 1923 ausgeführte Energie 118 „ „

k) Gesamtausfuhr im Jahre 1922 . . . 462½ „ „

Mehrausfuhr im Jahre 1923 (f weniger k) 59 Mill. kW

Tabelle IV.

Stand des zur Ausfuhr bewilligten Maximaleffektes in kW jeweilen am 31. Dezember der letzten zwölf Jahre.

Jahr	Nach Deutschland	Nach Frankreich	Nach Italien	Nach Österreich (inkl. Liechtenstein)	Total	Hiervon aus noch nicht erstellten Werken	Aus bestehenden Werken: im Winter (1. Dez. bis Ende Febr.) bewilligtes Maximum	Aus bestehenden Werken: Im Sommer bewilligtes Maximum	Bemerkungen
1912	6,610	20,970	27,705	—	55,285	11,040[1])	44,245	44,245	[1]) Aus Olten-Gösgen.
1913	19,110	21,080	38,195	—	78,385	28,080[2])	44,305	50,305	[2]) Aus Olten-Gösgen (11,040 kW), Laufenburg (6000 kW) und Maggiagebiet (11,040 kW).
1914	19,625	21,080	41,295	2,500	84,500	22,080[3])	56,420	62,420	[3]) Aus Olten-Gösgen (11,040 kW) und Maggiagebiet (11,040 kW).
1915	29,625	30,760	39,695	2,700	102,780	38,080[4])	64,700	64,700	[4]) Aus Olten-Gösgen (27,040 kW) und Maggiagebiet (11,040 kW).
1916	34,725	30,908	41,345	2,700	109,678	38,080[4])	66,598	71,598	[5]) Aus dem Maggiagebiet.
1917	46,710	31,019	43,895	2,700	124,324	11,040[5])	97,284	113,284	[6]) Aus dem Maggiagebiet (11,040 kW) und aus den Walliserwerken an der Dixence, der obern Borgne und der Drance (90,000 kW).
1918	40,310	22,752	44,759	2,500	110,321	11,040[5])	88,171	99,281	[7]) Aus dem Maggiagebiet (11,040 kW), aus den Walliserwerken an der Dixence, der obern Borgne und der Drance (90,000 kW) und aus dem Hinterrheinkraftwerk Sufers-Andeer (70,000 kW).
1919	29,710	33.426	46,359	2,500	111,995	11,040[5])	89,795	100,955	[8]) Einschliesslich 70,000 kW, für die das Absatzland noch nicht bestimmt ist.
1920	36,610	24,296	46,859	—	107,765	11,040[5])	85,565	96,725	
1921	26,010	153,231	56,826	—	236,067	101,040[6])	82,817	135,027	
1922	35,010	167,424	60,976	—	263,410	101,040[6])	117,420	162,370	
1923	35,010	173,814	145,977[8])	—	354,801	171,040[7])	148,921	183,761	

Das Feather-River Kraftwerk in Californien.

Von Conr. J. Centmaier, konsultierender Ingenieur.

Im äußersten Westen der Vereinigten Staaten Nordamerikas zieht sich, parallel mit der Küste des Stillen Ozeans, der großartige Gebirgszug der Sierra Nevada dahin, der sich vom Mount San Jacinto bis zum Mount Shasta in einer Länge von etwa 1000 km erstreckt.

Teilweise vulkanischen Ursprungs, zerrissen und voller Ueberlagerungen, bietet es für den Alpinisten ein noch vielfach unerschlossenes Gebiet.

Zwischen dem der Sierra Nevada vorgelagerten Gebirgszug des „Coast Range" und dem ersteren fließen verschiedene bedeutende Wasserläufe, die sich vereinigt in die Bay von San Francisco ergießen. Der nach Gefälle und Wassermenge größte Wasserlauf des Sacramento-Rivers wird zum größten Teil gespiesen von dem zweitgrößten Flußlauf des Feather-River. Aus den Sierra-Nevada-Bergen kommend, zuerst nach Westen und dann nach Süden sich wendend, besitzt er eine Länge von ca. 225 km bis zur Mündung in den Sacramento-Fluß, in dessen breitem und sanft abfallendem Flußtal er dann vereinigt seine Wasser in die Bay ergießt.

Die Gebirgsstrecke des Feather-River, die etwa ein ausnützbares Gefälle von 1500 m besitzt, läßt sich auf etwa 640,000 PS ausbauen.

Die Great Western Power Company beabsichtigt, die ganze Gebirgsstrecke des Feather-Rivers in sieben Einzelanlagen auszunützen und hat als vorbereitende Arbeit bereits ein Stauwehr im Oberlaufe errichtet, das gegenwärtig einen Stau von ca. 375,000,000 m³ = 300,000 acre-feet ermöglicht.

Die Gestaltung des Schluchtbettes an der Stelle der Errichtung dieses Staudammes ist derart, daß eine Erhöhung des Dammes um 8,5 m den Inhalt des Stau-Reservoirs auf 1,540,000 (= 1,250,000 acre-feet) bringt mit einer Wasserfläche von ca. 110,000,000 m². Der mittlere jährliche Abfluß aus dem hier 1300 km² betragenden Einzugsgebiet ist ca. 1,040,000,000 m³ (= 842,000 acre-feet), der Abfluß-Koëfficient ist somit bei einer mittleren Regenmenge von 1400 m/m im Jahr = 0,6.

Von den sieben Kraftwerken des Feather-River ist das wirtschaftlich günstigste bereits erstellt und dem Betrieb übergeben. Es ist dies das Caribou-Werk im Bezirke Plumas des Staates Californien, etwa 320 km nördlich von San Francisco gelegen. Die Entfernung von dem vorstehend erwähnten Staudamm beträgt etwa 16 km.

Zum Werke führt eine etwa 15 km lange Interimsbahn, die an die Western-Pacific Railway angeschlossen ist.

Bemerkenswert ist die Wasserführung von dem Stau-Reservoir zum Turbinenhaus, indem außer Stollenbauten auch das Bachbett eines im Zuge der Wasserführung liegenden Creeks benützt wird.

In etwa 76 m Tiefe unter Normalwasserspiegel wird das Reservoir, nahe am Boden, angezapft und mittels eines 3,2 km langen Stollens dem erwähnten Creekbett zugeführt, in dem das Wasser etwa 9,6 km läuft, bis eine offene, breite Sumpfstelle erreicht ist, die kurz vor einem tief eingeschnittenen Canyon liegt. Hier ist ein einfacher Erddamm errichtet worden, der einen kleinen Stau zum Ausgleich ermöglicht. Dieser Erddamm ist 9,2 m hoch, der von hier ausgehende zweite Stollen, 3,2 km lang, führt direkt zum Wasserschloß und dem Kraftwerk.

Der erste Stollen wurde durch die verschiedensten Gesteine, alle in Trümmern, getrieben, durch vulkanische Asche, Lava, zertrümmerten Schiefer und Sandsteine und schlüpfrigen Seifenstein. Das Vortreiben der Stollenteile und der Schächte war infolge starken Wasserandranges außerordentlich schwierig. Zeitweise mußten 19,000 Liter Wasser per Minute gegen einen Druck von 7—8 at weggepumpt werden. Infolge des nassen Gesteins wurde die Auskleidung mittels Holzzimmerung belassen und diese durch festgefügte Bretter ausgeschalt. Nur der Boden wurde in Beton erstellt, um eine größere Widerstandsfähigkeit, die bei dem stark sandführenden Triebwasser notwendig ist, zu erhalten.

Beton-Krägen, konzentrisch an geeigneten Stellen um die Zimmerung gelegt, dienen als Wasserbrecher.

Der von dem erwähnten Erddamm ausgehende zweite Stollen wurde, in Hinsicht auf die stark drückende Natur des Gesteins, vollständig in Beton ausgemauert, zum größten Teil ohne Eisenarmierung jedoch mit ausreichend dicken Wänden, um dem verhältnismäßig hohen äußeren Druck widerstehen zu können.

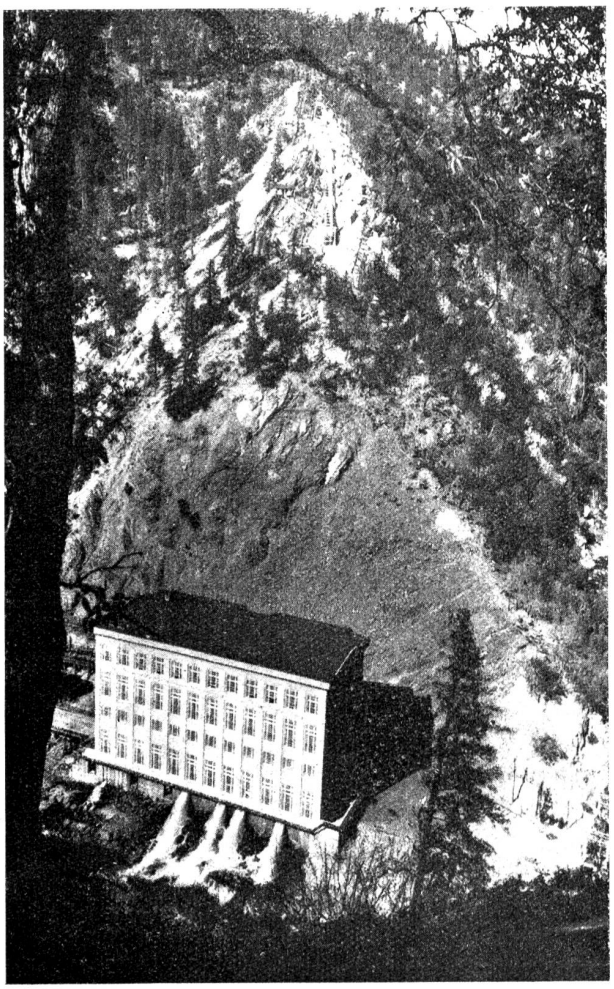
Nahe dem Rande des Absturzes der Schlucht, in dem das Kraftwerk liegt, endet der Stollen, nach einem kurzen offenen Uebergangsstück, in einem Druckstollen mit 2,96 m lichtem Durchmesser, der aus stark armiertem Beton erstellt ist und gegen hohen äußeren und inneren Druck dimensioniert wurde.

Um hier absolute Wasserdichtigkeit zu erlangen, was bei der Natur des Gehänges sehr wichtig war, ist in die Betonwände, außer der Armierung, eine dünne genietete Blechröhre von 4,8 m/m Wandstärke eingelegt worden, die sich gut bewährt hat und praktisch das System einer dünnen Blechrohrleitung mit äußerer und innerer armierter Betonverkleidung darstellt.

Die vorgenannte Blech-Betonröhre mündet in zwei Stahlröhren mit Wandstärken von 14,3 bis 28,6 m/m.

An der Uebergangsstelle des zweiten Stollens und des Druckstollens ist ein senkrechter Ausgleichsschacht von 9,2 m innerem Durchmesser vorgesehen, dessen oberste Kante 34,5 m über der Mittellinie der Turbinendüsen liegt. Eine Erhöhung um 11 m ist möglich und vorgesehen.

Cliché: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband



Zentrale des Feather-River Kraftwerkes.

Die Abbildung zeigt das mehrstöckige Kraftwerk mit den in Amerika üblichen Auslässen der Turbinen ins Freie, sowie das kurze Stück des offenen Stollens vor Eintritt des Wassers in den Druckschacht.

Das Kraftwerk in seinem gegenwärtigen Ausbau enthält zwei 30,000 PS Generatoren-Einheiten, wobei Platz für ein drittes Aggregat vorgesehen ist.

Jede Einheit besteht aus einem Generator von 30,000 PS Aufnahme und zwei Pelton-Turbinen von je 15,000 PS, die zusammen nur zwei Lager be-

sitzen. Der Generator sitzt hierbei in der Mitte und die Peltonräder sind fliegend angeordnet. Der Platzbedarf jeder Einheit ist etwa 9 × 12 m.

Jedes Peltonrad, ohne die Welle, wiegt 25,500 kg und ist mit 21 Löffeln ausgerüstet, die je 1000 kg wiegen und 1100 m/m breit sind, somit die größte Ausführung darstellen, die je versucht worden ist.

Die Stahlwelle ist hohl und aus bestem Puddle-Material, unter hohem Druck geschmiedet und längere Zeit im Glühofen behandelt. Die Festigkeit ist etwa 5300 kg/cm². Die Welle ist ca. 9,2 m lang und besitzt einen maximalen Durchmesser von 760 m/m. Die beiden Lager haben je 90,000 kg zu tragen, die sind selbsteinstellbar, mit Lagerschalen, schweren Oelringen und Wasserkühlung versehen. Ferner sind sie mit Druckölzuführung versehen, die entweder für den Notfall oder für den Normalbetrieb eingeschaltet werden kann. Die Umdrehungszahl der Turbineneinheiten ist 171,4 Touren in der Minute.

Die Regulierung weicht von der gewöhnlichen Art stark ab. Jedes Peltonrad besitzt eigene Regulierung der Düsennadel, die durch einen Oeldruckregler betätigt wird. Die die Betätigung auslösenden Zentrifugal-Regulatoren werden von der gleichen Welle aus angetrieben. Die Regler können entweder von Hand oder mittels Fernsteuerung vom Hauptschaltbrett aus eingestellt werden.

Eine Einrichtung, Load-limiting-derice genannt, erlaubt die Einstellung konstanter Belastung, unabhängig von den Energieanforderungen des Netzes. Ferner sind die üblichen Sicherheitsvorrichtungen vorgesehen, so zum Beispiel Düsenschlußvorrichtungen im Falle des Reißens der Regulatorriemen.

Die Düsen besitzen Stahl- und Bronce-Abnützungsringe, wobei die Spitze der Düsennadel sowie die Halsringe der Düse leicht auswechselbar angeordnet sind. Das Gehäuse der Düse ist aus Stahlguß und wurde auf 18 at inneren Druck geprüft. Die Düsenöffnung ist 330 m/m und der austretende Wasserstrahl kontrahiert auf 280 m/m an der Stoßstelle der Löffelflächen.

Drucksteigerungen und Wasserschläge werden durch automatische Druckregulatoren unschädlich gemacht. Diese stehen mit den Geschwindigkeitsregulatoren in direkter Verbindung und arbeiten mit ihnen synchron.

Die Generatoren sind für 22,223 KVA Abgabe bei cos. $\varphi = 0{,}9$ (20,000 kW-Type) gebaut, 3phasig für 11,000 Volt Phasenspannung. Die Stern-Wicklungen sind herausgeführt und an einen Differentialschutz angeschlossen, um gegen innere Ueberspannungen gesichert zu sein.

Die Transformatoren sind in der üblichen Ausführung als Oeltransformatoren mit Wasserkühlung vorgesehen. Jeder der 2 × 3 Transformatoren ist für 7500 KVA gebaut, wobei je drei Transformatoren in Dreieck auf der Niederspannungsseite für 11,000 Volt geschaltet sind. Die Hochspannungsseiten sind in Sternschaltung angeordnet mit 165,000 Volt verketteter Spannung. Der Nullpunkt der Hochspannungswicklungen ist über Anzeige- und Alarm-Einrichtungen zuverlässig geerdet. Die Transformatoren sind ferner mit einem Oel-Konservator versehen und haben Temperaturwicklungen eingebaut, die an Fernthermometer angeschlossen sind.

Für die Erregung sind zwei 600 kW - Gleichstrommaschinen vorgesehen, die einzeln ausreichen, um drei Generatoren zu speisen. Sie sind als Dreimaschinen-Aggregate gebaut, d. h. mit je einer Turbine und einem Induktionsmotor. Die dritte, später zur Aufstellung gelangende Erregermaschine wird nur Drehstrom - Motorantrieb erhalten.

Sowohl die Spannung der Erregermaschinen wie auch die der Generatoren wird durch Tirrell-Regulatoren auf der gewünschten Höhe erhalten. Die Leistung der Generatoren für die Erregung dürfte ungefähr das Maximum sein, das noch direkt durch Tirrel - Regulatoren bewältigt werden kann. Erregermaschinen mit Leistungen über 600 kW erfordern Hilfserreger.

Die Schaltanlage enthält doppelte Systeme von Sammelschienen und zwar sowohl auf der 11,000 Voltseite, wie auch auf der 165,000 Voltseite.

Die Kraftübertragungsleitung für die Stadt San Francisco hat eine Länge von 295 km. Die Leiter und Türme sind in zwei Typen gebaut. Für die Gebirgsstrecke von etwa 1200 m Meereshöhe bis herab zu 90 m, in einer Länge von ca. 80 km ist Aluminium-Stahlseil von 21,9 m/m Durchmesser verlegt, die Leiter liegen hierbei in einer horizontalen Ebene mit je 6,75 m Entfernung. Für die restliche Strecke ist Aluminium-Stahlseil von 18,8 m/m in Dreieckanordnung vorgesehen. Die Leiter haben hier einen Seitenabstand von 5,8 m. Es sind die jetzt üblichen Scheibenisolatoren verwendet worden und zwar je zehn Isolatoren in Serie für die Aufhängungen und 2 × 12 Isolatoren (2 Serien zu 12 Isolatoren parallel) für Abspannungen.

Die ganze Anlage wurde von der bekannten Ingenieurfirma Storre & Webster, Tuc. in Boston, Mass., unter der Leitung ihres Chefingenieurs Albert A. Morthrop, projektiert und ausgeführt, sie stellt ein typisches Beispiel moderner, amerikanischer Ingenieurkunst dar.