

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 75 (1957)
Heft: 43

Artikel: Der Bau des Kraftwerkes und der Staumauer Roxburgh am Clutha in Neuseeland: Vortrag
Autor: Pfenniger, Richard
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-63439>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 30.01.2025

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

Der Bau des Kraftwerkes und der Staumauer Roxburgh am Clutha in Neuseeland DK 627.8.002

Vortrag, gehalten im Zürcher Ing.- u. Arch.-Verein am 9. Jan. 1957 von Dipl. Ing. **Richard Pfenniger**, Mauvoisin

Nach neuseeländischer Gesetzgebung ist die Nutzbarmachung der Wasserkräfte und die Verteilung der elektrischen Energie eine Aufgabe des Staates. In den Nachkriegsjahren konnte die Nachfrage der Industrie und Bevölkerung mit der Produktion der bestehenden Wasserkraftanlagen nicht mehr gedeckt werden und Neuinstallationen erwiesen sich als dringend notwendig. 1950 konsumierte die Bevölkerung von 1,8 Millionen rund 3 Milliarden kWh, wovon der Grossteil, nämlich 2,9 Mrd. kWh auf die Ausnützung der Wasserkräfte entfiel (1610 kWh pro Kopf). Die jährliche Konsumzunahme wird z. Zt. mit rund 9 % angegeben.

Um auf der Südinsel (Bild 1) eine genügende Energieversorgung herbeizuführen, leitete die Regierung eine umfassende Untersuchung über die vorhandenen Wasserkräfte ein. Als sich der Ausbau des Clutha-Flusses in Roxburgh wegen den relativ kurzen Uebertragungsdistanzen zu den Industriezentren Dunedin und Christchurch als lohnend erwies, wurden die Einzeluntersuchungen energisch an Hand genommen. Am 16. August 1948 kamen sie zum Abschluss, und die Anlage wurde der Regierung zur Ausführung empfohlen.

Das Amt für öffentliche Arbeiten nahm sofort die Projektierung im eigenen Büro in Angriff, und noch im gleichen Jahr begann es auch die Arbeiten für die Erschliessung der Baustelle. Da seit Kriegsende ein Mangel an gelernten Bauarbeitern herrschte, den auch stark erhöhte Einwandererkontingente (besonders aus Grossbritannien und Holland) nicht wettmachen konnten, wurde grosser Wert auf eine möglichst anziehende Gestaltung des neu zu erstellenden, während der Bauzeit vermutlich bis zu 3000 Einwohnern zählenden Dorfes gelegt. Damit waren auch Schulen, Sportanlagen, Unterhaltungsstätten und Einkaufsläden vorzusehen. Im weitern umfassten die Erschliessungsarbeiten den Bau neuer und den Ausbau bestehender Zufahrtstrassen zur Baustelle sowie die üblichen Vorkehrungen für Wasser- und Energieversorgung. Ferner hat die selbe Staatsverwaltung das Baustelleninventar beschafft und die Installationen in Angriff genommen, da anfänglich beabsichtigt war, auch die eigentlichen Bauarbeiten in eigener Regie auszuführen.

Andere grosse Bauvorhaben, Personalmangel und Verschreibungen in der politischen Leitung des Landes veranlassten 1952 die Regierung jedoch zur öffentlichen Ausschreibung dieses Objektes auf internationalem Markt, worauf anschliessend im August 1952 die Arbeitsgemeinschaft der Firmen *Holland & Hannen and Cubitts Ltd.*, London und *AG. Conrad Zschokke*, Genf und Zürich, mit der Weiterführung aller Arbeiten beauftragt wurde, mit Ausnahme der Montage der Turbinen, Generatoren, Transmissionen und der elektromechanischen Ausrüstung. Zu diesem Zeitpunkt waren die Zufahrtsstrassen gebaut, Unterkunft für rund 700 Mann und Personal vorhanden, die Bauplatzinstallationen grösstenteils montiert und die Aushubarbeiten im (später beschriebenen, siehe auch Bild 12) Umleitkanal weit fortgeschritten.

Zur Anwendung gelangte ein sogenannter «Target estimate»-Vertrag, der auf der totalen Bausummenschätzung anhand von Einheitspreisen der Unternehmung beruht. Die Abrechnung erfolgt nach den tatsächlichen, ausgewiesenen Kosten. Der Unterschied zwischen der nach effektivem Ausmass berichtigten Bausummenschätzung und den tatsächlichen Kosten (= Gewinn oder Verlust) wird in einem vertraglich festgelegten Verhältnis bei Beendigung der Arbeiten zwischen Bauherr und Unternehmung geteilt.

Diese Vertragsform wurde z. Zt. politischer Unruhen im Pazifik (Korea, Indochina, Formosa) wohl teilweise mit der Absicht der Risikoverminderung für die Unternehmung gewählt, hauptsächlich aber auch, um die Uebergabe der bereits in Staatsregie angefangenen Arbeiten und Installationen zu erleichtern. Es sind denn auch acht Angebote eingegangen, zum Grossteil von amerikanischen Firmen.

Schwierigkeiten in der Durchführung des «Target estimate»-Vertrages führten im April 1954 zu einer Umwandlung in einen «Einheitspreis»-Vertrag. Dieser neue Vertrag brachte der Unternehmung eine grössere Bewegungsfreiheit und erwirkte eine einfachere Abgrenzung der Kompetenzen zwischen Bauleitung und Unternehmung. Gleichzeitig wurden ebenfalls die örtlichen Verhältnisse besser berücksichtigt durch Beiziehen einer neuseeländischen Firma — die Unternehmung *A. Downer & Co. Ltd.*, Wellington — in die Arbeitsgemeinschaft.

Das Ziel des Vertrages war, zwei Maschinengruppen von je 40 000 kW am 2. Februar 1957 und zwei weitere Gruppen am 1. August 1957 betriebsbereit zu erstellen. Für die Gruppen 5 bis 8 waren vorerhand nur die Fundamente vorzubereiten. Der Baufortschritt konnte jedoch so gefördert werden, dass die ersten zwei Gruppen bereits Mitte Juli 1956, also mit rund 6½ Monaten Vorsprung gegenüber dem Programm, in Betrieb genommen werden konnten, was sich sofort vorteilhaft auf die Rationierung der elektrischen Energie, die zu diesem Zeitpunkt auf der Südinsel befohlen war, auswirkte.

Die Gesamtkosten der Anlage wurden auf 265 Mio Schweizerfranken veranschlagt. Davon entfielen auf die Tief- und Stahlbauten rd. 145 Mio.

Klima, Topographie und Geologie

Das Einzugsgebiet des KW Roxburgh (Turbinkote 85 m ü. M.) umfasst 16 000 km², was, zum Vergleich, rund einen Drittel der Oberfläche der Schweiz darstellt. Da sich entlang der Westküste der Südinsel eine Gebirgskette auf 2000 bis 3000 Meter ü. M. erhebt, erreicht nur sehr wenig Niederschlag aus Richtung des tasmanischen Meeres den Distrikt. Niederschläge fallen im Frühling der südlichen Hemisphäre (Sept., Okt., Nov.), wenn die Ostwinde vorherrschen, und sie verursachen, zusammen mit dem Schmelzwasser, oft ein rasches Anschwellen des Clutha. Die karge Busch- und Steppenvegetation, die über grösste Gebiete nur Schafzucht zulässt, sowie das Fehlen von Wäldern begünstigt das rasche Abfließen des Wassers. Im Jahre 1940 z. B. lag die Abflussmenge in Roxburgh während des Winters konstant um 300 m³/s, doch nahm sie Mitte Oktober rapid auf 1900 m³/s zu, wobei der Fluss um 6,50 m anstieg.

Durch den Ausbau von drei Seen im wenig bevölkerten Hinterland ergibt sich die Möglichkeit des Speicherns von 2,8 Milliarden m³ Nutzwasser für die trockenen Sommer-, Herbst- und Wintermonate, was wesentlich zur Wirtschaftlichkeit der Anlage beiträgt. Bereits ist der Wakatipu-See (310 m ü. M., 285 km² Seefläche) durch ein Schützenwehr regulierbar. Am Auslauf des Hawea-Sees (325 m ü. M., 115 km²) ist ein Erdamm im Entstehen begriffen. Bis zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeiten sollen in Roxburgh nur vier der acht möglichen Generatoren installiert werden.

Der aus den drei Seen und einigen Nebenflüssen gespeisene Clutha durchschneidet in seinem 350 km langen Lauf zum Süd-

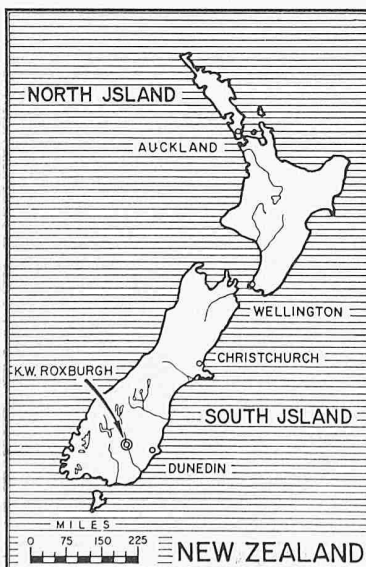


Bild 1. Neuseeland, Übersicht 1:25 Mio

pazifik mehrere Gebirgszüge in tiefen Schluchten. Die dazwischen liegenden Ebenen nehmen nur wenig vom Gesamtgefälle in Anspruch. In der Gefällsstufe Roxburgh kommen 47 m Bruttogefälle zur Ausnützung. Der Stausee hat eine Länge von 50 km, jedoch erlaubt er selbst keine wesentliche Wasserspeicherung, da die Einlaufbauwerke im Damme hoch angeordnet sind und die Schlucht eng ist.

Für die hydrologischen Untersuchungen standen Statistiken der letzten 20 Jahre zur Verfügung. Sie gaben für den Clutha in Roxburgh die nachstehend angeführten extremalen Abflussmengen an:

1. Minimale Abflussmenge ohne Seenregulierung	185 m ³ /s
2. Minimale Abflussmenge, alle Seen reguliert	425 m ³ /s
3. Höchstes HW während Bau (einmal in 15 Jahren)	1900 m ³ /s
4. Höchstes Hochwasser (einmal in 500 Jahren)	4200 m ³ /s

Ziffer 3 war für die Dimensionierung der provisorischen Fangdämme massgebend, während Ziffer 4 bei der Bemessung des Grundablasses und des Ueberlaufes berücksichtigt wurde.

Durch den Aufstau des Clutha wurden nur wenige Kohlenruben und Goldminen und wenig landwirtschaftlich nutzbares Land überflutet.

Der Fels ist ein mit stark markierten horizontalen Quarzbändern durchzogener Schist. Seine winderodierte Oberfläche ist öfters das charakteristische Merkmal in der Landschaft. Physikalische Untersuchungen im Laboratorium bestätigen seine gesunde Struktur und Fähigkeit, die Lasten der Gewichtsmauer zu tragen. In Sondierstollen und Schächten auf der Baustelle lassen sich starke Verwerfungen in allen Richtungen feststellen, die auf die gewaltigen seismischen Störungen in der Frühzeit des Landes zurückzuführen sind. Aus der Gegenwart sind jedoch nur leichtere Beben bekannt. Immerhin wur-

den beim Projektentwurf die dynamischen Kräfte mit 1/6 g in Rechnung gestellt.

Beschrieb der Bauteile

Die Gesamtanordnung dieser Anlage (Bild 2, Tafel 45, und Bild 3) gliedert sich funktionsmässig in verschiedene Objekte, deren bauliche Gestaltung hier beschrieben werden soll.

a) Die Staumauer

In die Gewichtsmauer (Bilder 4 bis 9) sind 450 000 Kubikmeter Beton eingebaut. Die Wasserseite ist vertikal, die Luftseite unter 10:7 geneigt. Die Mauer ist durch Querfugen in 23 Blöcke von normalerweise 15 m Breite unterteilt. Die Kronenlänge beträgt 370 m und die Kronenhöhe über der generellen Fundationsquote 57 m.

In 4,50 m Abstand von der Wasserseite weiten sich die Fugen zu 1,50 m breiten Spalten, die nach vollzogener natürlicher und künstlicher Kühlung des Massenbetons auf mittlere Jahrestemperatur (10° C) in einem zweiten Betoniergang auszufüllen waren. Die grösste Basislänge der Blöcke beträgt 48 m. Um Schwindrisse während dem Abkühlen des Betons zu vermeiden, wurde in Längsrichtung der Mauer und ungefähr in Blockmitte eine 1,50 m weite Längsspalte vorgesehen. Ein im Studienbüro der AG. Conrad Zschokke ausgearbeiteter Vorschlag für das Weglassen dieser Spalte wurde von der Bauherrschaft akzeptiert. Zur Hauptsache wurden die Vorschriften für die künstliche Kühlung soweit verschärft, dass Schäden nicht eintreten konnten. Die monolitische Ausführung der Blöcke garantiert nun eine statisch einwandfreie Umlenkung der horizontalen Wasserdruckkräfte durch das Betongewicht in die Felsunterlage.



Bild 3. Flugbild der Baustelle (Gullet bezeichnet die tiefste Zone der Erosionsrinne)

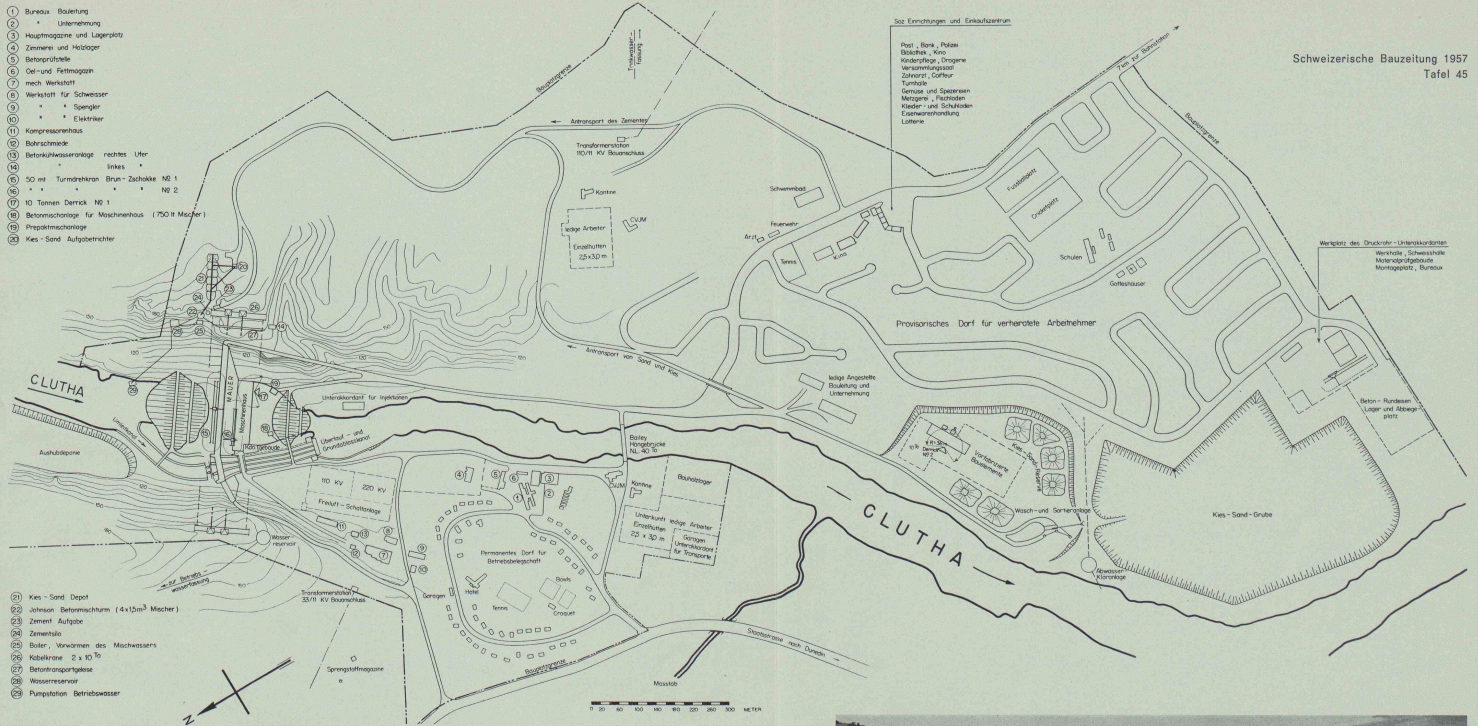


Bild 2. Kraftwerk Roxburgh, Installationsplan 1:9000

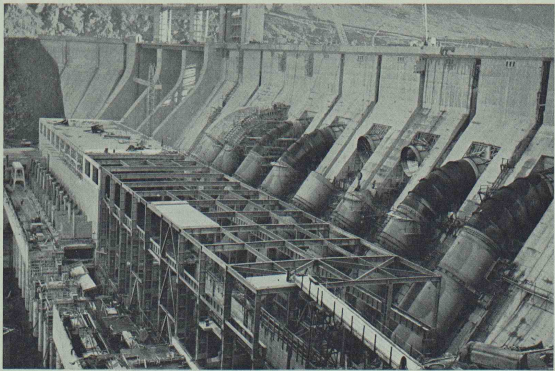


Bild 10 (links). Staumauer und Maschinenhaus am 8. Juni 1956

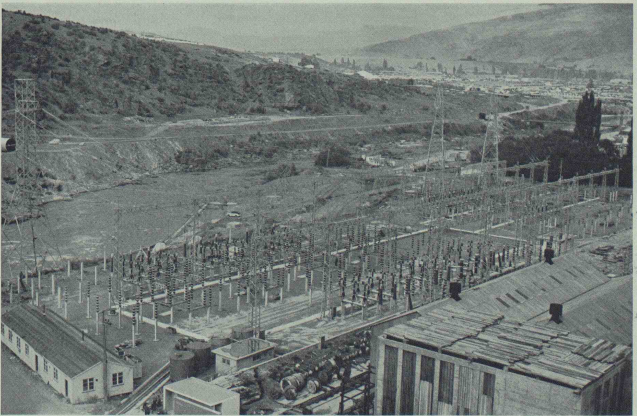
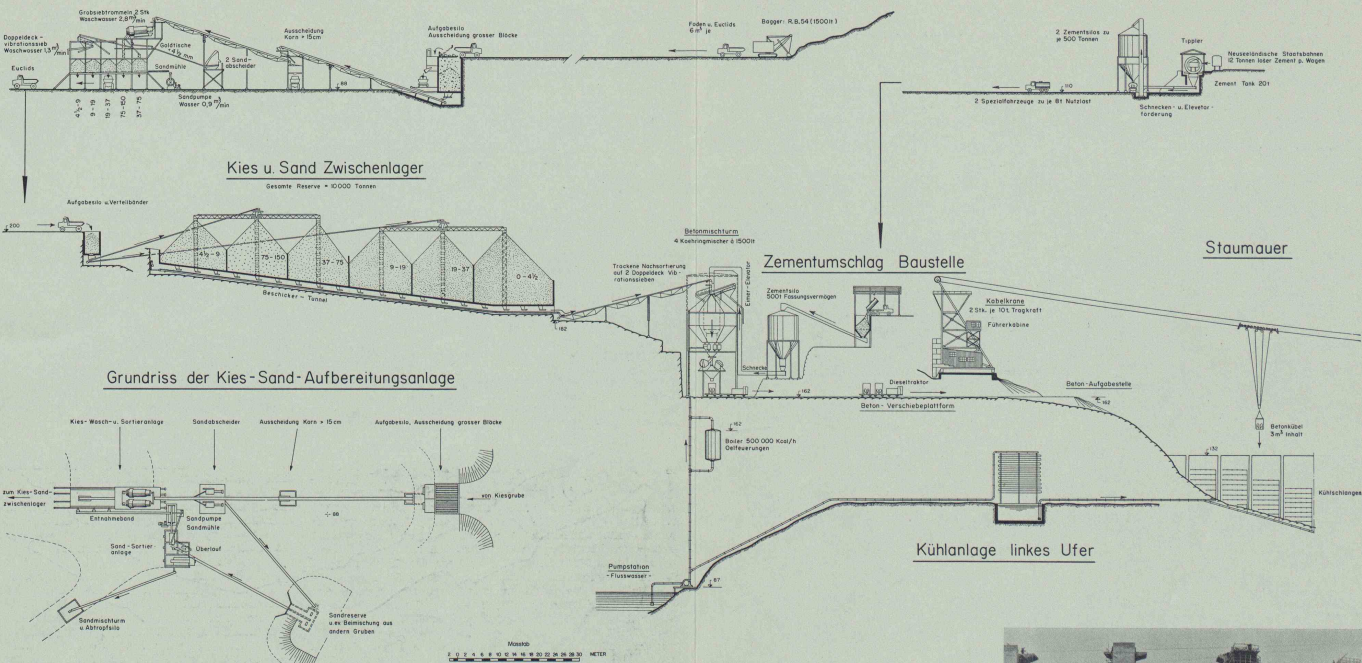


Bild 11 (rechts). Freiluft-Schaltanlage



Grundriss der Kies-Sand-Aufbereitungsanlage

Bild 14. Betonfabrikation, Schema 1:1000

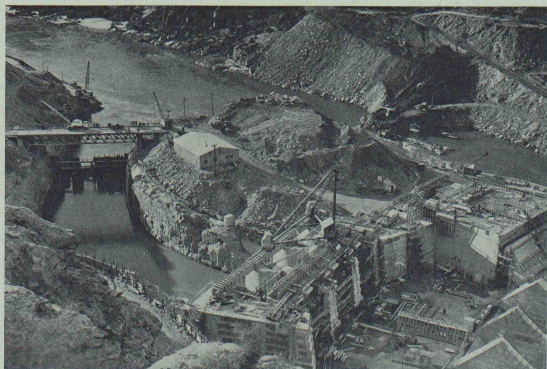


Bild 12 (links). Umleitung des Clutha

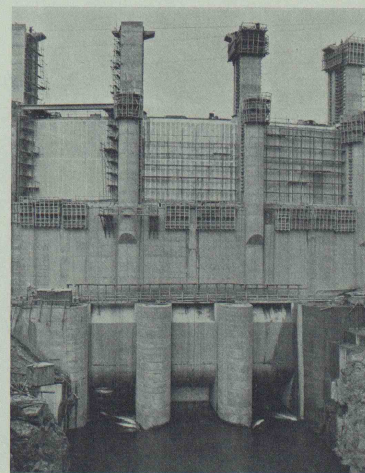


Bild 13 (rechts). Ueberlauf und Grundblass, Oberwasserseite

Der Einbau des Grundablasses, des Ueberlaufes und der Wasserfassungen in den Staukörper ist durch die Topographie des umliegenden Geländes bedingt. Ihrer Ausbildung entsprechend ergeben sich, vom linken Widerlager beginnend: 6 Widerlagerblöcke (links); 8 Wasserfassungsblöcke mit vorgebauter Einlauftrumpete, enthaltend Rechen, Dammbalkenführung und Abschlusschütze; 2 Zwischenblöcke mit Turmaufbau für Personenlift; 4 Blöcke mit Ueberlauf und Grundablass; 3 Widerlagerblöcke (rechts).

An der Sperrstelle war der Fels nur teilweise mit losem Material überdeckt. Die fortgeschrittene Verwitterung machte eine Aushubtiefe von rund 15 m unumgänglich. In der Flussrinne ist der Fels um weitere 18 m (unter die generelle Fundationskote der Mauer) erodiert. Ein 15 000 m³ umfassender Betonzapfen ersetzt hier das fehlende Fundament.

Die ganze Standfläche der Mauer wurde im Anschluss an die Aushubarbeiten auf eine Tiefe von 6 m durch Zementinjektionen konsolidiert. Von der untersten Injektionsgalerie und ihren beidseitigen Verlängerungen in den Widerlagerfels aus kam nach Aufbringen von mindestens 15 m Beton ein unter 75° geneigter Dichtungsschleier von $\frac{3}{4}$ H Tiefe zur Ausführung (H = Staukote — Fundationskote = max. 57 m). Ferner wurden von dieser Galerie aus Drainagelöcher von 10 cm Durchmesser bis 10 m tief in den Fels gebohrt zwecks Verminderung des Auftriebes unter der Mauer. Anzahl und Tiefe dieser Löcher wurde am Modell durch Vergleich mit dem elektrischen Potentialfeld bestimmt.

Aehnliche vertikale Drainagelöcher im Innern der Betonmasse, in 5,0 m Abstand von der Wasserseite, wirken als Ablauf für das Porensickerwasser. Für einen Schnitt in beliebiger Höhe wird der Auftrieb talseits dieser Drains stark vermindert. Die Entleerung geschieht direkt in die Galerien.

Die Mauerkrone ist als 7,50 m breite Fahrbahn ausgebildet, mit beidseitigen Gehwegen, in welche auf die Länge der Wasserfassungsblöcke die Schienen des Dammbalkenkranes und der Rechenreinigungsmaschine versetzt sind. Die Öffnungen der drei Schussrinnen des Ueberlaufes sind mit Betonplatten auf Stahlträgern überbrückt. Die Hubwinden der Ueberlaufschützen stehen auf vier 15 m hohen Aufbauten; die Hubzylinder der Grundablassschützen hängen in Revisionskammern im Innern der Blöcke. Mittels eines kombinierten Personen- und Materiallifts von 2 t Tragkraft sind die verschiedenen Inspektionsgalerien zugänglich.

b) Ueberlauf- und Grundablasskanal (Bilder 6 und 13)

Da die ganze Sohlenbreite des Tales vom Maschinenhaus beansprucht wird, ist die Rückgabe des Ueberschusswassers an den Flusslauf in der Nähe des Staumauerfusses nicht möglich. Es war daher ein Kanal von 200 m Länge und 30 × 15 m Querschnitt in den Fels auf der rechten Talflanke einzuschneiden. Seine Sohle und Seitenwände sind mit Beton verkleidet. Zwei Zwischenwände bezwecken eine gute Stromlinienführung und erlauben eine Teiltrockenlegung für Unterhalt. Hierfür ist folgende Anordnung getroffen: ein Schwimmponton wird auf dem Stauee mittels am Ufer installierter Winden über den Dammbalkennuten des Grundablasses in Stellung gebracht. Durch Füllen einiger Kammern mit Wasser stellt sich der Ponton in die vertikale Lage und sinkt in die Dammbalkennute ab. Eine ähnliche Anordnung erlaubt die Inspektion der Ueberlaufschützen. — Am unteren Ende des Kanals ist ein üblicher Dammbalkenabschluss vorgesehen.

Da dieser Bauteil während einer bestimmten Bauphase als Umleitkanal für den Clutha diente, so ist er oberwasserseits in einem sanften Bogen bis zum alten Flusslauf weitergeführt.

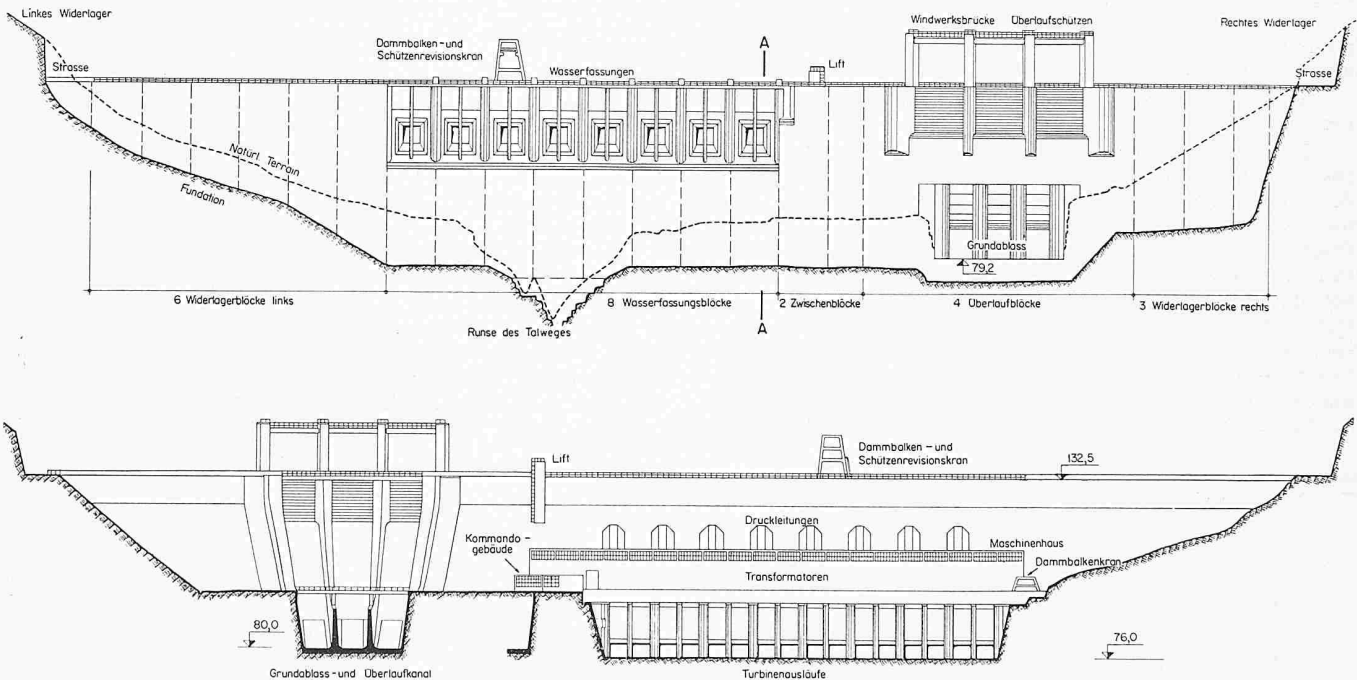


Bild 4 (oben) Oberwasserseite und Bild 5 Unterwasserseite der Staumauer mit Maschinenhaus, 1:2250

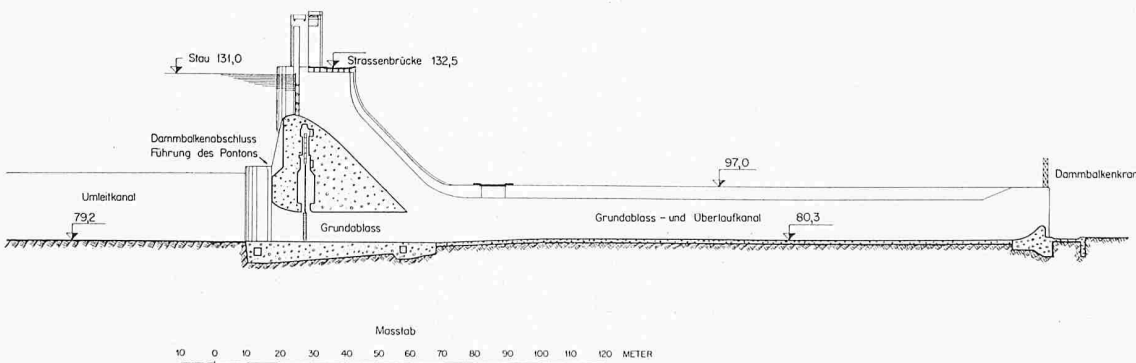


Bild 6. Längsschnitt 1:2250 durch den Umleit- und Ueberlaufkanal

Dieses Teilstück, für zeitlich beschränkten Gebrauch, bleibt unverkleidet.

c) Das Maschinenhaus, Bilder 9, 10 (Tafel 45) und 19 (S. 689)

Dieses liegt in der Zone des ehemaligen Flusslaufes und ist, getrennt durch eine Dilatationsfuge, der Staumauer direkt vorgelagert. In den $L = 130$ m, $B = 28,5$ m, $H = 20$ m messenden Unterbau sind die acht vertikalen Francisturbinen eingebettet, denen vom Oberwasser her durch acht Druckleitungen $\varnothing 5,50$ m und anschließende gepanzerte Spiralen je $56,6$ m³/s Betriebswasser zugeführt werden. Der Ablaufstutzen ist ebenfalls eine geschweisste Stahlkonstruktion, während der Saugkrümmer unverkleidet bleibt. Jedes Turbinenfundament bildet ein Massiv für sich, ist jedoch mit den Nachbarmassiven verzahnt.

Für den Oberbau, d. h. den Maschinensaal ($L = 153$ m, $B = 19,50$ m, $H = 17$ m) wurde auf Vorschlag der Unternehmung eine Konstruktion aus Stahlrahmen, vorgefertigten Wandtafeln und ebensolchen Deckenplatten gewählt. Diese Konstruktion überdeckt nebst den acht Gruppen, die je 15 m Gebäudelänge in Anspruch nehmen, auch 10 m Lagerfläche am linken und 23 m Montageplattform am rechten Gebäudeende. Zwei Laufkrane von je 118 t Hubvermögen, die mittels eines Waagbalkens gekoppelt werden können, bedienen die volle Saallänge. Die Dachhaut besteht aus zwei Lagen Dachpappe, einer imprägnierten Isolationsplatte Patent «Duroid» und einer bekiessten Asphaltenschicht und wird von den vorgefertigten Deckenplatten getragen.

In einem Keller unter der Montageplattform sind die zwei den Eigenbedarf deckenden Gruppen von je 500 kW, Oelkompressoren, Luftkühler und Magazinräume angeordnet. Auch die Standfläche des Maschinenhauses ist auf 6 m Tiefe durch Injektionen konsolidiert und mittels Bohrlöchern von 10 cm \varnothing drainiert.

Eine Eisenbetonbrücke mit 7,50 m breiter Fahrbahn und zwei Gehwegen verbindet das Maschinenhaus über den Kanal mit der Zufahrtstrasse auf dem rechten Ufer.

Im gesamten wurden in das Maschinenhaus 50 000 m³ Beton eingebracht.

Die Lieferung der vier Turbinen (56 000 PS bei 45 m Gefälle und 136,5 Uml/min) der ersten Ausbautappe wurde von der Dominion-Engineering Co. Ltd., Montreal (Canada) übernommen, während The British Thomson Houston Co. Ltd., Rugby (England) mit der Fabrikation der dazugehörigen Generatoren von 44 400 kVA 50 Perioden betraut war. Die entlang der unterwasserseitigen Front des Maschinenhauses aufgestellten Transformatoren (drei Einphasentransformatoren pro Generator) erhöhen die Maschinenspannung von 11 kV auf 110 kV bzw. 220 kV, und von ihnen aus führen die Hochspannungsleitungen zunächst zu Ankerstellen auf dem Dach des Gebäudes und dann zur Freiluftschaltanlage. Die Fabrikation

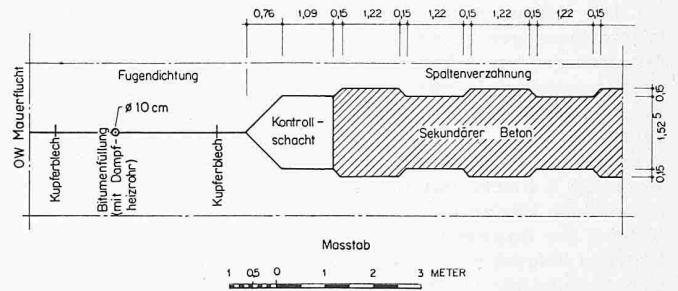


Bild 8. Fugenausbildung zwischen den Staumauerblöcken, Horizontalchnitt 1:150

der Transformatoren wurde an Ferranti Ltd., Hollinwood, Lancashire (England) vergeben.

d) Das Kontrollgebäude steht am rechten Flügel des Maschinenhauses und überdeckt 530 m² Grundfläche. Die einstöckige armierte Betonkonstruktion umfasst den Kontrollsaal (200 m²), die Büros des Personals (250 m²) sowie Vestibul, WC und Abstellräume. In den Galerien der Unterkellerung sind die vom Maschinenhaus und der Freiluftstation her einlaufenden Kabel übersichtlich und leicht zugänglich verlegt. Als Flachdachisolierung kam auch hier wieder das Patent «Duroid» zur Anwendung.

e) Die Freiluftstation (Bild 11, Tafel 45) überdeckt ein Gelände von rund 200 x 100 m, wovon die 220 kV- und die 110 kV-Abgabenanlagen je einen Drittel einnehmen. Auf dem restlichen Teil stehen die Werkstatt, das Oelfilter- und das Kompressorenhaus. Für das Abfließen des Regenwassers und des allfälligen Oeles aus den Autotransformatoren sorgen zwei getrennte Röhrensysteme. Die Leitungen der Feuerbekämpfungsanlage, des Kühlwassers und der Beleuchtung sind im Boden verlegt.

Die Leistung der acht Generatoren, 320 MW, wird von hier aus durch eine doppelte 220-kV-Ueberlandleitung nach dem Industriezentrum Christchurch (400 km) und durch je eine 110-kV-Leitung nach Dunedin (120 km) und Gore (100 km) übertragen. Die Lieferung der kompletten Schaltapparatur und der Autotransformatoren wurde der AG. Brown, Boveri & Co., Baden, Schweiz, übertragen.

f) Für das ständige Betriebspersonal wurde eine Siedlung auf der dem Werke naheliegenden Talterrasse angelegt. Die Ringstrasse erschliesst 1,5 km² Fläche und bietet Zufahrt zu 61 Familienhäusern, einer Herberge für ledige Angestellte und einem Hotel für Besucher. Die Parzellen für die später zu errichtenden kommunalen Gebäude und das Einkaufszentrum sind reserviert. Tennisplätze, Bowls- und Croquetanlagen bieten Gelegenheit zur sportlichen Betätigung. Die Bauart der

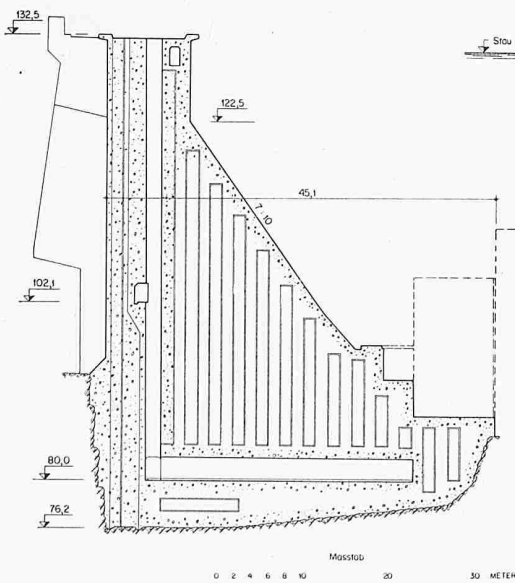


Bild 7. Staumauerschnitt (Fugenansicht Zwischenblock) 1:850

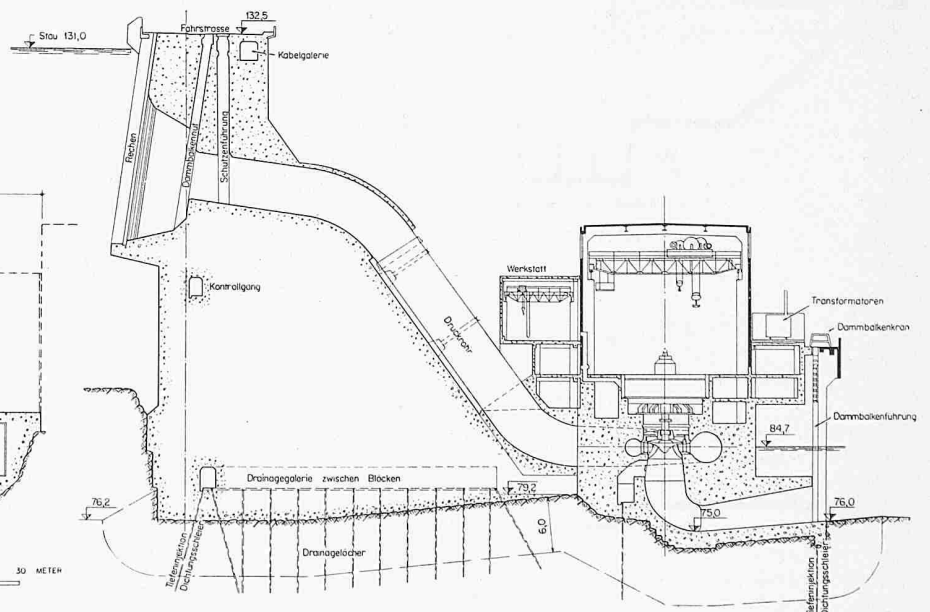


Bild 9. Querschnitt A-A (vgl. Bild 4), Maschinenhaus und Wasserfassungsblock

Wohnhäuser kann als eine mit Ziegelsteinmauerwerk umschlossene Holzrahmenkonstruktion beschrieben werden. Die Zwischenwände bestehen aus gepressten Holzfasertafeln, und gewelltes Aluminiumblech bildet die Dachhaut.

Installationen

a) Für die Betonfabrikation (Bild 14, Tafel 46)

Der Betonkies konnte durch Baggern in einer rund 3 km von der Sperrstelle entfernten Ablagerung auf dem linken Flussufer gewonnen werden. Von dort führten Euclids (6 m³) und Fodenlastwagen (6 m³) stündlich 150 m³ Kies zur Aufbereitungsanlage. Hier fiel der Kies zunächst durch einen Stahlrost von 15 cm Lochweite und gelangte anschliessend auf einem 90 cm breiten Transportband zu den beiden Siebtrommeln, die das Ausscheiden der Komponenten 150 mm und 75 mm besorgten. Zugleich wurde durch Bespritzen mit Wasser aller Sand (max. 6 mm) weggespült und in Rinnen über die Goldrückhalteteppiche geleitet. Der Rückstand lieferte auf einem Doppeldecksieb die Komponenten 37 mm, 19 mm und 9 mm. Hinter den Goldrückhalteteppichen besorgten zwei in Serie angeordnete Absetzbecken eine weitere Zerlegung des Sandes in drei Unterkomponenten. Durch genaues Proportionieren und Wiedervermischen dieser Teile entstand ein sehr regelmässiges Produkt, und die Variation des Feinheitsmoduls blieb innerhalb zulässiger Grenzen.

Der lose Zement wurde in Wagenladungen von je 12 t in der Bahnstation Roxburgh angeliefert. Das Entladen in je 500 Tonnen fassende Silos geschah mittels eines Tipplers, der einzelne Bahnwagen auf den Kopf drehte, wobei der Zement durch den Trichter im Wagendach in einen Elevator ausfloss. Zwei Lastwagen mit geschlossenem Behälteraufbau besorgten ab Silo den Transport über die restlichen 10 km zum 500-Tonnen-Silo beim Betonmischturn.

Im fünften Stock des Mischturns (C. S. Johnson Co., Champaign, Ill., USA) wurden die Komponenten 150, 75, 37, 19, 9 mm nochmals über zwei Doppeldeck-Vibriersiebe geleitet, um ihnen die während des Transportes durch Bruch entstandenen zu kleinen Körner zu entziehen. Der Sand gelangte jedoch direkt in einen Silo im vierten Stock, wo sich auch die Silos der anderen fünf Komponenten befanden. Im gesamten war hier eine Vorratshaltung von 750 m³ Kies und Sand möglich. Zentral angeordnet waren ein 100-t-Zement- und ein 50-t-Puzzolanbunker.

Die vollautomatische Wägevorrichtung zum genauen Dosieren der sechs Kiessandkomponenten, des Zementes, des Puzzolans, des Wassers und der luftporenbildenden Flüssigkeit belegte den dritten Stock. Zwölf verschiedene Mischungsverhältnisse, jedes bestehend aus den zehn obgenannten Variablen, konnten auf dem Vorwählbrett eingestellt werden. Der Druck auf einen Knopf löste den Mischprozess aus unter gleichzeitiger Eintragung der Mischdauer, Konsistenz und Tageszeit sowie auch der einzelnen Gewichte von Kies, Sand, Zement, Puzzolan und Wasser in ein Diagramm.

Vier doppelkegelförmige und zur Entleerung kippbare Koehringmischer, 1500 l, waren im zweiten Stock angeordnet. Darunter lag der Aufgabetrichter, von dem aus der Beton in 3 m³ enthaltende Kübel abgefüllt wurde, die ihrerseits auf Plattenwagen standen. Zwei Dieseltraktoren von je 40 PS besorgten das Verschieben auf Schienen unter die Kabelkrane.

Zur Betonaufbereitungsanlage gehörte auch ein ölgefeuerter Kessel von 500 000 kcal/h maximaler Leistung zum Vorwärmen des dem Flusse entnommenen Mischwassers im Winter.

Zwei von BRECO (British Ropeway Engineering Co. Ltd., London) gelieferte Kabelkrane von je 10 t Tragkraft arbeiteten auf gemeinsamen, geraden Fahrbahnen und bedienten die gesamte Mauer sowie das Maschinenhaus. Da diese Kabelkrane einen Flaschenhals im Produktionsapparat der nach den Ausschreibungsbedingungen zur Verfügung gestellten Installationen bildeten, schlug die Unternehmung schon in ihrem Angebot eine Verstärkung der vorgesehenen Kranleistung vor. Dieses Ziel wurde durch die Anordnung von zwei Dienstbrücken, ober- und unterwasserseitig, erreicht, sowie durch den Einsatz von zwei 50-m-Turmdrehkränen Brun-Zschokke, eines mobilen «Lorrain»-Kranes von 14 t Tragkraft und von zwei «Henderson»-Derricks von je 10 t Tragkraft in 30 m Auslegerstellung.

b) Die übrigen Einrichtungen

Diese sollen hier nicht weiter beschrieben werden. Ihre Anordnung ist dem Installationsplan (Bild 2) zu entnehmen. Es sei nur darauf hingewiesen, dass die grosszügige Planung dieser Einrichtungen durch das Amt für öffentliche Arbeiten öfters mithilfe, Störungen im Baufortschritt zu verhindern. In der mechanischen Werkstatt z. B. konnten praktisch alle Arbeiten ausgeführt werden. Die Beschaffung von Ersatzteilen aus England oder den USA erforderte im günstigsten Falle 3—4 Monate, von Flugfracht abgesehen.

Bauausführung

Eine Reihenfolge von acht in Bild 15 bezeichneten Hauptarbeiten kam zur Ausführung, von deren Gelingen die Verwirklichung des Vertragszieles, d. h. die Inbetriebnahme zweier Generatoren nach 52 Monaten Bauzeit, direkt abhängig war. Die Planung der quantitativ überwiegenden restlichen Arbeiten erfolgte so, dass:

1. den Installateuren des elektromechanischen Teiles sowie den Unterakkordanten gewisse Arbeitsplätze frühzeitig zur Verfügung gestellt werden konnten;
2. sie die Bauinstallationen nur soweit in Anspruch nahmen, dass die Ausführung der Hauptarbeiten dadurch nicht beeinträchtigt war.

Folgende Arbeiten wurden an lokal ansässige Firmen im Unterakkord vergeben: Architektonische Arbeiten im Maschinenhaus, Siedelung für ständiges Personal und architektonische Arbeiten im Kontrollgebäude, Transport aller Güter (einschl. Zement) ab Bahnstation, Elektrische Installationen (definitive Beleuchtung), Farbanstrich der Stahlkonstruktionen, Injektionen.

Zwei der acht Hauptarbeiten waren für das Einhalten der Bauzeit von spezieller Bedeutung. Sie seien im folgenden beschrieben. Naturgemäss konnten für sie keine bestimmten Angaben über Zeiterfordernis gemacht werden, da diese von der Wasserführung im Clutha abhängig war.

a) Umleiten des Clutha (Bild 12, Tafel 46)

Es erfolgte im Juli 1954, anschliessend an das Fertigstellen des Umleitkanals und des Grundablasses. Um das Wegspülen grösserer Felsblöcke unter die Schützen auszuschliessen, schrieb die Bauleitung den Abbau des oberwasserseitigen Felsriegels im ruhigen und ausgeglichenen Wasser vor. Wohl hätte nach Beendigung der Arbeiten im Umleitkanal dieser unter Wasser gesetzt und dann zunächst der obere und anschliessend der untere Felsriegel abgebaut werden können, doch hätte dieser Vorgang etwa 1½ Monate in Anspruch genommen. Daher entschloss man sich zum Bau eines Spundwandabschlusses halbwegs zwischen oberem Felsriegel und Grundablass. Dies ermöglichte den Abbau des erstgenannten zu einem beliebigen frühen Zeitpunkt. Da das Entfernen der Spundwand in einem Tag geschehen konnte, verminderte sich die totale Bauzeit um 1½ Monate.

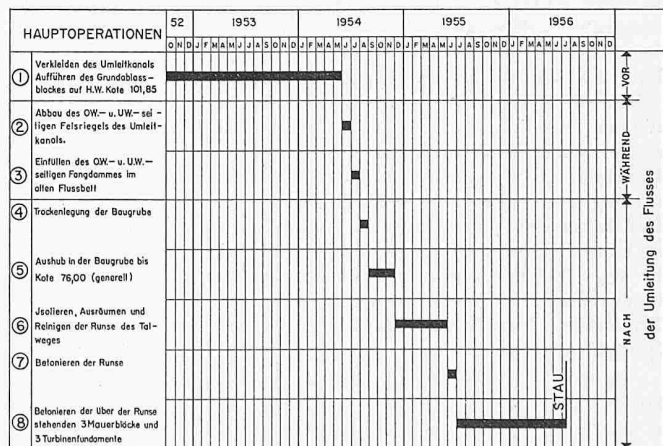
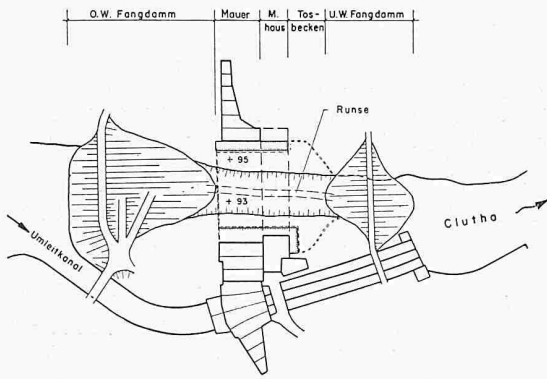
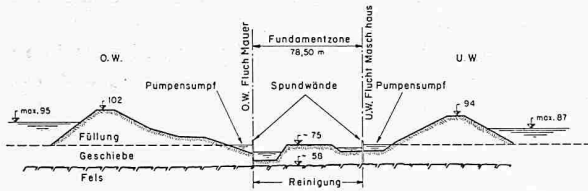


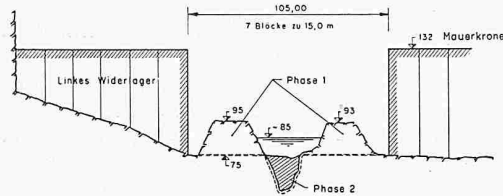
Bild 15. Reihenfolge und effektive Dauer der die Bauzeit bestimmenden acht Hauptarbeiten



a) Grundriss: ----- Umgrenzung Aushub Phase 1



b) Längsschnitt im Talweg



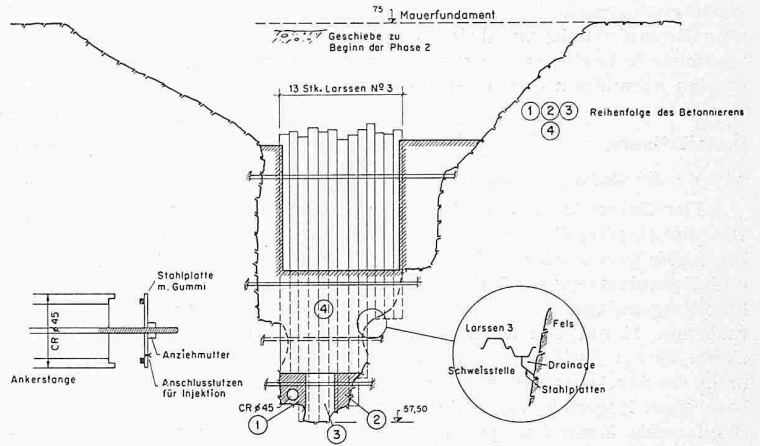
c) Schnitt in Maueraxe: Aushubphasen 1 u. 2

Bild 16. Isolieren der Runse des Talweges, zweite Phase

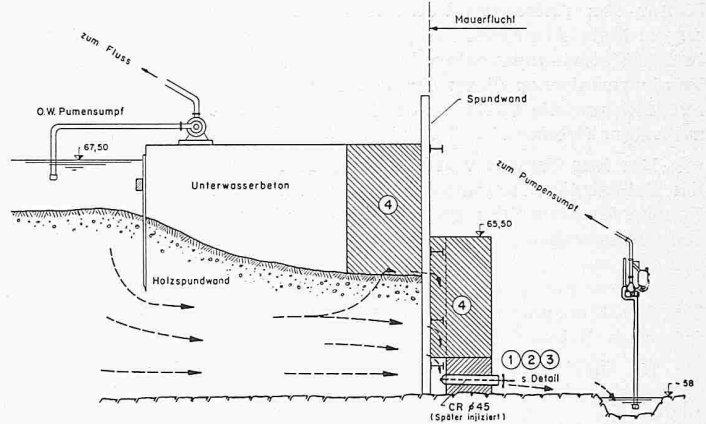
Dies führte aber zu folgendem Problem: Die Sprengung des letzten Teiles des obenerwähnten Felsriegels hatte unter Wasser zu erfolgen. Es war zu erwarten, dass der durch das Wasser sich fortplanzende Explosionsdruck der Grosssprengung die Spundwand beschädigen könnte. Zur Verwendung gelangten nämlich 2,5 t Sprengstoff für 3500 m³ Fels. Die Spundwand wurde daher zur Druckrichtung geneigt aufgestellt. Die Sprengung war erfolgreich; die Spundwand widerstand dem Schlag. (Eine beträchtliche Herabsetzung des Explosionsdruckes könnte auch erreicht werden durch Vorlagern, in einigen Metern Abstand, einer Reihe von gelochten Druckluftrohren, von welchen aus während der Sprengung Luftblasen durch das Wasser aufsteigen und das Medium zu einem gewissen Prozentsatz unterbrechen.)

Nachdem nun der Weg für den Clutha durch den Kanal frei war, konnte mit dem Einfüllen des oberen Fangdammes im alten Flusslauf begonnen werden. Um die während der Umleitung auftretenden Probleme im voraus abschätzen zu können, unternahm das Hydraulic Laboratory Gracefield (NZ) des Amtes für öffentliche Arbeiten eine Reihe von Versuchen am Modell 1:80, gestaffelt nach verschiedenen Abflussmengen, nämlich 280, 350, 420 und 490 m³/s. Bei gegebener Wassermenge liess sich der Prozentsatz weggeschwemmten Materials in Funktion der stündlichen Beschickungsmenge ermitteln, woraus auf die Anzahl Bulldozer und die benötigte Materialreserve geschlossen werden konnte. Dem Wunsche der Unternehmung, auch Versuche für eine Wassermenge von 625 m³/s durchzuführen, wurde entsprochen. Hier führte nur die Verwendung von Senkwalzen von mindestens 4 t Gewicht zum Erfolg. Ein Vorrat von 400 Stück wurde daher auf der Baustelle angelegt.

In einem 18 Stunden dauernden Arbeitsgang schoben bei 580 m³/s Wasserführung von beiden Ufern her elf Bulldozer D 8 im gesamten 12 000 m³ loses Material in den Fluss vor und drängten diesen so vollständig in den Umleitkanal ab. Dann erfolgte der Bau des Unterwasser-Fangdammes im ruhigen Wasser.



d) O.W.-Abschluss, von der Baugrube aus gesehen



e) O.W.-Abschluss, Querschnitt

b) Isolieren der Runse des Talweges (Bilder 16 und 17)

Mit der Umleitung des Clutha wurde eine Baugrube im alten Flusslauf isoliert, in welcher sieben Mauerblöcke sowie das Maschinenhaus zu erstellen waren. Das Absenken des Wasserspiegels mittels Pumpen um rd. 12 m zwischen den Fangdämmen ermöglichte es, als erste Phase den 100 000 m³ umfassenden Felsaushub in einem Arbeitsgang bis Kote 75 durchzuführen. Damit standen die Fundamentflächen von vier der sieben Mauerblöcke sowie aller bis auf zwei der acht Turbinenausläufe zur Verfügung. Mit der Ausführung der Massive wurde sofort begonnen.

Die schwierigere zweite Phase bestand nun noch im Isolieren der Runse des Talweges und im Reinigen bis auf den genudenen Fels. Während der ersten Phase hatte diese Runse als natürlicher Pumpensumpf gedient, doch fiel dieser Vorteil für die zweite Phase dahin. Aushub und Absenken des Wasserspiegels mussten sich in kleinen Stufen abwechselungsweise folgen.

Die Ergebnisse der 1950/51 von Pontons aus durchgeführten Bohrsondagen lieferten nur wenig Anhaltspunkte über Felsprofil und Geschiebezusammensetzung. Sie zeigten generell, dass mit grossen Unregelmässigkeiten zu rechnen war. Dies wurde auch von Leuten bestätigt, die 50 Jahre früher im Zusammenhang mit der Goldgewinnung die Flussstelle mit Schwimmbaggern befahren hatten. Damals war die Strecke geschiebefrei. Erst die Gleichgewichtsstörungen durch Goldbaggern im Alluvium des Oberlaufes brachte das Geschiebe in Bewegung, und zwar in einem solchen Mass, dass sich die 15-20 m tiefe Runse und die Wirbellöcher ganz füllten.

Folgende Arbeitsmethode kam zur Anwendung: In den Ebenen der oberwasserseitigen Mauerflucht und der unterwasserseitigen Flucht des Maschinenhauses wurden Spundwände Larssen Nr. 3 durch den Runsenquerschnitt gerammt, unter Verwendung eines «McKiernan-Terry Nr. 7»-Hammers (2300 kg). Parallel mit dem Rammen hatte der Aushub auf der Innenseite der Baugrube zu erfolgen, so dass Felsblöcke unter den Schneiden der Spundbohlen ständig fortgeschafft

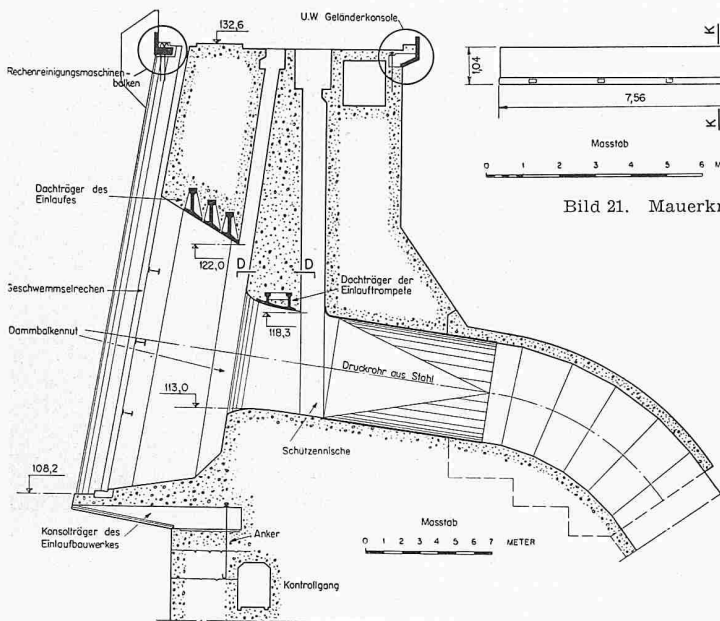


Bild 20. Schnitt 1:400 durch Wasserfassungsblock

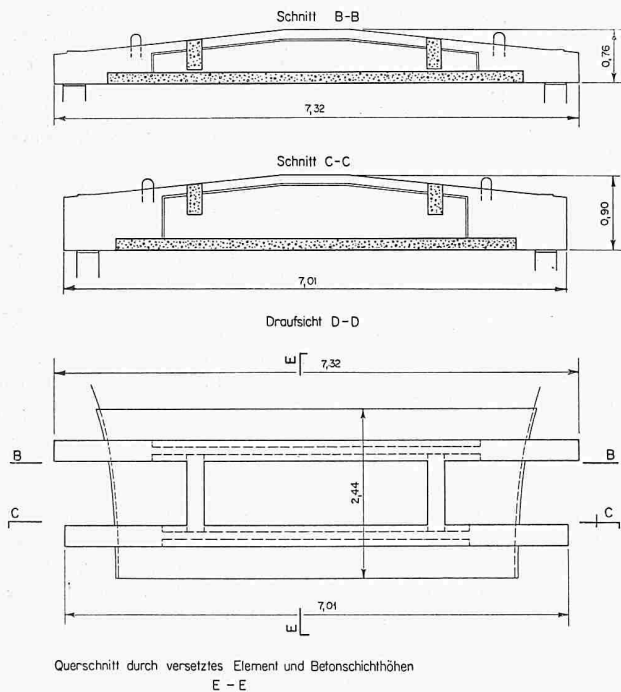


Bild 24. Dachträger der Einlauftrumpete, 1:100

Der Zweck der künstlichen Kühlung war zweifach:
 a) Rissebildung kann erfolgreich bekämpft werden, wenn dafür gesorgt ist, dass in der Zeit kurz nach dem Einbringen einer Betonschicht die Temperaturzunahme infolge Abbinden ein gewisses Maximum nicht überschreitet.
 b) Das Abkühlen der Dammblocke auf mittlere Jahrestemperatur (Endtemperatur des Bauwerkes) war so zu beschleunigen, dass das Ausfüllen der Fugenspalten zwischen den Blöcken frühzeitig erfolgen konnte und kein nachheriges Schwinden der Betonmasse die Dichtigkeit der Mauer in Frage stellte.

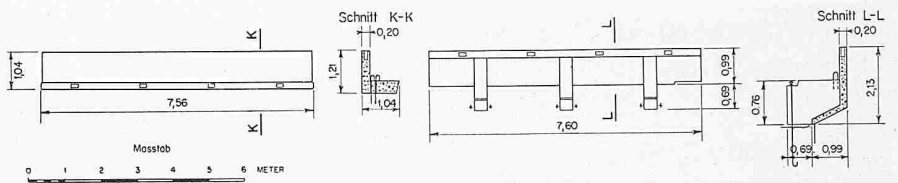


Bild 21. Mauerkrone, Einzelheiten 1:200 (vgl. Kreise in Bild 20)

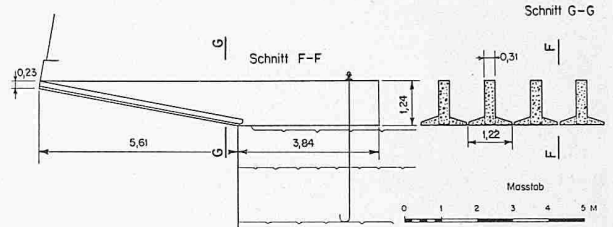


Bild 22. Konsolträger des Einlaufbauwerkes, 1:200

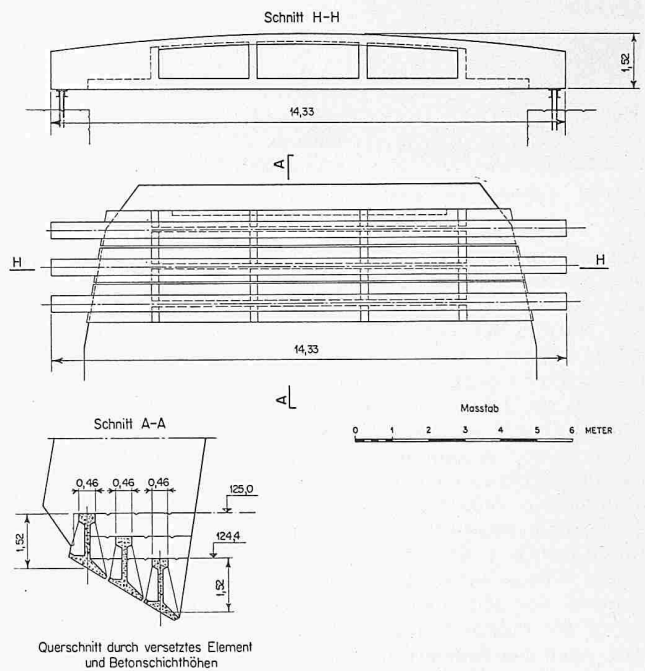


Bild 23. Dachträger des Einlaufes, 1:200

Es würde zu weit führen, die sich aus diesen kurz- und langfristigen Zielen ergebenden Vorschriften im einzelnen zu beschreiben und zu begründen. Es sei hier lediglich am Beispiel gezeigt, dass die unter b) geforderte rasche Abkühlung auch gewissen Einschränkungen unterliegen muss, ansonst es vorkommen kann, dass der Beton bei zu raschem Abfall der Temperatur die Schwindspannungen nicht aufnehmen kann, somit Risse entstehen.

2. Vorfabrizierte Bauteile (Bilder 19 bis 24)

Von der Unternehmung wurde eine Reihe von Vorschlägen ausgearbeitet, die darin bestanden, gewisse Baukonstruktionen in einfache, vorfabrizierbare Elemente aufzulösen. Dabei durfte ein Element bis zu 17,5 t wiegen, da es möglich war, durch einen Waagbalken von 2,5 t die beiden je 10 t Nutzlast tragenden Kabelkrane zu verbinden. Nicht nur wurde dadurch ein zügiger Baufortschritt erreicht, sondern auch die Qualität erfuhr eine Steigerung, da schwierige Einzelheiten, Sichtbetonflächen, schnurgerade Kanten usw. natürlicherweise auf dem flachen Boden des Fabrikationsplatzes besser auszuführen waren als auf Gerüsten, die z. T. eine Höhe von 15 m erreicht hätten.

3. Betonkontrolle

Das Amt für öffentliche Arbeiten gab anlässlich der Ausschreibung die nominalen Festigkeiten bekannt, welche die ver-

schiedenen, nach w/c-Faktoren klassierten Betonsorten erreichen mussten. Zudem wurde auf Grund von Voruntersuchungen angegeben, welche Zementmengen bei einem Streuungskoeffizienten von 15 diesen Anforderungen entsprachen. Diese Zementmengen waren dem Preisangebot zugrunde zu legen. Für den Vorsatzbeton blieb ein minimaler Zementgehalt vorgeschrieben, da der Zusammenhang Dauerhaftigkeit-Zementgehalt noch weiterer Abklärung bedurfte.

Während der Ausführung war es dann der Unternehmung überlassen, durch geeignete Massnahmen, wie gute Installation, scharfe Ueberwachung des Produktionsvorganges, tüchtiges Personal usw. den Streuungskoeffizienten tiefer zu halten und unter Nachweis genügender Festigkeit den Zementgehalt herabzusetzen, wobei die gesamte Zementersparnis der Unternehmung zugute kam.

Diese Art der Betonkontrolle funktionierte für Bauherren und Unternehmung einwandfrei. Im Massenbeton kam nach etlichen Herabsetzungen 144 kg Zement pro m³ Beton zur Anwendung bei einem w/c-Faktor von 0,65, einer Streuungszahl von 10÷12 (Monatsperiode), einem Sandgehalt (6 mm) von 20 %, einem Luftgehalt der 37-mm-Fraktion von 4½ % + 1½ % und einer nominalen Festigkeit (90 % überschritten, kein Resultat unter 0,8 NF) von 165 kg/cm² (Zylinder Ø 15 cm, h = 30 cm). Die maximale Korngrösse betrug 15 cm, die Verarbeitbarkeit war sehr gut. Mit elektrischer statt Druckluftvibration hätte noch eine weitere Herabsetzung vorgenommen werden können.

*

Es ist erfreulich, dass jetzt, wo die Arbeiten in Roxburgh abgeschlossen sind, eine Arbeitsgemeinschaft, der auch die Firma A.G. Conrad Zschokke angehört, mit dem Bau eines weiteren Kraftwerkes in Neuseeland beauftragt worden ist. Es betrifft dies die geothermische Anlage in Wairakei von 69 000 kW installierter Leistung in der ersten Ausbaustufe.

Adresse des Verfassers: Dipl. Ing. R. Pfenniger, AEBM, Mauvoisin, Kt. Wallis.

NEKROLOGE

† **Walter Custer**, Dipl. Ing. G. E. P., von Rheineck, geb. am 15. Febr. 1882, Eidg. Polytechnikum 1900 bis 1905, ist am 14. August in Wien gestorben, wo er seit 1920 ein Ingenieurbureau und eine Unternehmung für Eisenbetonbau geführt hat. Als Schüler und Mitarbeiter von Prof. Mörsch stand er diesem Fach seit jeher nahe, auch hatte er darin eine umfangreiche Praxis in Mülhausen i. E., Neapel, Mannheim-Waldhof und Triest schon hinter sich, als er sich in Wien selbständig machte. In der österreichischen Hauptstadt war er eine Stütze der Schweizerkolonie und Mitbegründer der Schweiz. Handelskammer.

† **Fritz Ringwald**, Ing., hat seine Jugend in Burgdorf und Basel erlebt und ergriff nach Wanderjahren in der Westschweiz und in Frankreich das Studium der Elektrotechnik am Technikum Burgdorf. Er wurde nach Abschluss seiner Studien und nach verschiedenen Arbeitsaufenthalten in der Schweiz und im Savoyischen im Jahre 1909, 35-jährig, zum Direktor des Elektrizitätswerkes Rathausen berufen. Hier begann sein Lebenswerk. Es galt zunächst, eine Unternehmung, die sich in kritischer Finanzlage befand, wieder auf soliden Grund zu stellen, was Direktor Ringwald, der ebenso sehr Wirtschaftler wie Ingenieur war, dank seiner wirklichkeitsoffenen Einstellung auch rasch gelang. Doch dies genügte ihm nicht. Seinem initiativen Geiste entsprach es, die Erweiterung der Unternehmung vorausschauend zu fördern. Schon im Anstellungsjahr wurde die Interessengemeinschaft mit dem Elektrizitätswerk Altdorf hergestellt, 1913 jene mit dem Elektrizitätswerk Schwyz, und in den Jahren 1912 bis 1919 übernahm das Elektrizitätswerk Rathausen verschiedene luzernische Gemeindewerke, was Anlass bot, ihm den Namen «Centralschweizerische Kraftwerke» zu geben.

Die damaligen Zeiten in der Elektrotechnik und in der Elektrizitätswirtschaft waren Jahre für echte Pioniere, und Ing. Ringwald zählte zu diesen. Phantasievoll und grosszügig packte er die mannigfaltigen Aufgaben an, die sich stellten. Fragen der Bedarfsförderung und der Bedarfsdeckung galt es zu lösen. Bahnbrechend waren seine Anregungen zur Verwendung der Elektrizität zum Kochen, und mit besonderer Vor-

liebe suchte er, die Elektrizität der Landwirtschaft, selbst in den entlegensten Berggegenden, dienstbar zu machen.

Zur Deckung des Energiebedarfes waren neue Elektrizitätswerke nötig. Erwähnt sei das Lungernseewerk, das in den Jahren 1921 bis 1933 in verschiedenen Bauetappen entstanden ist, aber bald nicht mehr genügte. Neue Werke mussten erstellt werden, was jedoch vorwiegend gemeinsam mit andern Partnern geschah, so die Kraftwerke Wasen, Calancasca, Mauvoisin, Göschenen, Isenthal, Alpnach. Der unerschütterliche Optimismus Direktor Ringwalds liess ihn auch vor gigantischen Aufgaben nicht zurückschrecken. Schon 1916, dann wieder 1940, als der Hunger nach elektrischer Energie immer grösser wurde, beschäftigte er sich vornehmlich mit dem Projekt des Ursernkraftwerkes, als dem grosszügigsten, das in der Schweiz hätte erstellt werden können.

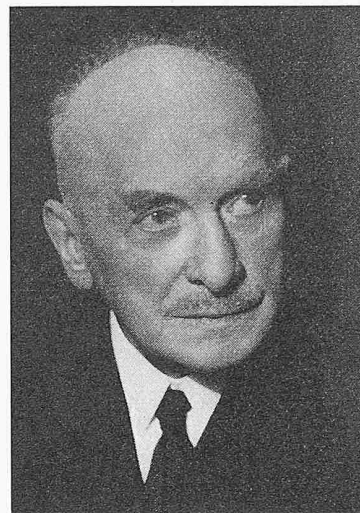
Direktor Ringwald hat in seinem Leben bedeutende Erfolge erzielt. Sie sind nicht nur die Frucht seiner kämpferischen Natur, seiner nie erlahmenden Schaffenskraft, seiner rationalen Arbeitsweise, sondern ebenso sehr auch seiner Menschenkenntnis und Menschenführung. Er war sich klar, dass er die vielen Probleme und Aufgaben, die sich stellten, nicht alle selber lösen konnte, sondern dass er der intensiven und verständnisvollen Mitarbeit seines Personals bedurfte. Es war ihm daher hervorragendes Anliegen, Personalverhältnisse zu schaffen, die die beste Voraussetzung für gute Gemeinschaftsarbeit bilden. Die sozialen Einrichtungen sind vorbildlich. Seine Einstellung zum Personal erschöpfte sich aber nicht in äusseren Institutionen; Untergebenen, die aus irgend einem Grunde von Sorge bedrängt waren, öffnete er ein mitfühlendes Herz, und wo Hilfe geboten war, wurde sie freigebig gewährt. Das Personal hat denn auch seinen Direktor hoch verehrt.

Die Unternehmungen, denen Ringwald vorstand, anerkannten seine ausserordentlichen Verdienste. 1941 wurde Direktor Ringwald zum Delegierten des Verwaltungsrates der Centralschweizerischen Kraftwerke ernannt und 1953 zu dessen Vizepräsidenten sowie zum Präsidenten der Verwaltungsräte des Elektrizitätswerkes Altdorf und des Elektrizitätswerkes Schwyz. Auch die Fachverbände und die Wirtschaft suchten seine Mitarbeit. Es würde zu weit führen, alle diese Verbände, Kommissionen und Verwaltungen aufzuzählen, denen er, sei es als Präsident oder als Verwaltungsmitglied, seine Dienste lieh. Erwähnen wir jedoch, dass Direktor Ringwald den Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke von 1919 bis 1930 präsidierte und dem Vorstand des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes zunächst als zweiter und später bis in die letzte Zeit als erster Vizepräsident angehörte.

Auch der Politik hat sich Direktor Ringwald zur Verfügung gestellt, obwohl sie ihn allerdings mehr als Liberaler interessierte. Von 1919 bis 1943 gehörte er als Liberaler dem Luzerner Grossen Rat an, den er im Jahre 1933 präsidierte.

Das Bild von Ing. Ringwald wäre unvollständig, wenn wir zu erwähnen unterliessen, dass er ein hoher Freund und Gönner von Forschung, Wissenschaft, Kunst und Musik war und auch die edle Jagd liebte. Dem Komitee der Internationalen Musikalischen Festwochen Luzern gehörte er als Vizepräsident an, wo er nicht selten die Gelegenheit wahrnahm, sich für die Musik von Richard Wagner einzusetzen, die er besonders liebte. Noch im Frühling 1956 half er die «Gesellschaft Richard-Wagner-Museum» gründen.

Mit Direktor Ringwald ist eine Persönlichkeit von ausserordentlichem Format von dieser Welt abgerufen worden, ein



FRITZ RINGWALD

Elektro-Ing.

21. 2. 1874

2. 9. 1957