

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 33 (1942)
Heft: 20

Artikel: Der zweite Ausbau der Oberhasli-Kraftwerke
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061680>

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: 24.04.2025

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

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:

Sekretariat des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Zürich 8, Seefeldstrasse 301

ADMINISTRATION:

Zürich, Stauffacherquai 36 ♦ Telefon 5 17 42
Postcheck-Konto VIII 8481

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXXIII. Jahrgang

N^o 20

Mittwoch, 7. Oktober 1942

Der zweite Ausbau der Oberhasli-Kraftwerke

621.311.21(494.246.1)

Die Oberhasli-Kraftwerke gehören zu den grössten Energie-Erzeugungsanlagen der Schweiz; ihre installierte Leistung beträgt beim Vollausbau gesamthaft rund 290 000 kW. Im Jahre 1932 wurde der Betrieb im Maschinenhaus Handeck, in welchem die Wasserkraft der ersten Gefällstufe ausgenützt wird, aufgenommen. Zurzeit wird die zweite, grössere Gefällstufe ausgebaut, für welche vorerst 3, später 5 Generatoren zur Elektrizitätserzeugung aufgestellt werden. Das Werk bietet nicht allein wegen seiner Grösse Interesse, sondern vor allem infolge des als Kaverne in natürlichem Fels unterirdisch angelegten Maschinenhauses Innertkirchen. Die Anlagen wurden von den Teilnehmern der letztjährigen Generalversammlung des SEV besucht. Inzwischen sind die Arbeiten an Bauten und Maschinen soweit gefördert worden, dass mit der Aufnahme des Betriebes auf Ende dieses Jahres gerechnet werden kann.

Les Forces Motrices du Oberhasli comptent parmi les plus grandes installations de production d'énergie de la Suisse. Quand elles seront complètement aménagées, elles pourront fournir 290 000 kW. L'usine de Handeck, qui utilise l'énergie hydraulique du premier palier, a été mise en service en 1932. On travaille actuellement à l'aménagement du second palier, plus puissant que le premier et où seront installés tout d'abord 3 alternateurs, puis 5. Cet ouvrage est intéressant non seulement par ses dimensions, mais surtout par le fait que l'usine d'Innertkirchen est logée dans une gigantesque caverne creusée à même le roc. Ces installations ont été visitées par les participants à la dernière assemblée générale de l'ASE. Depuis lors, les travaux de construction et l'installation des machines ont été poussés activement, de sorte que cette usine pourra probablement être mise en service à la fin de cette année.

1. Einleitung

Von der der Kraftwerke Oberhasli A.-G. vom Regierungsrat des Kantons Bern erteilten Konzession auf Ausnützung der Wasserkräfte im Oberhasli wurde bisher die erste Stufe, d. h. die Errichtung der Stauanlage auf Gelmer und Grimsel und das Kraftwerk Handeck ausgeführt¹⁾.

Der Weiterausbau²⁾ zunächst der gesamten Gefällstufe Grimsel-Innertkirchen war von vornherein vorgesehen, da auf diese Weise natürlich die Wirtschaftlichkeit der Anlage und besonders der Stauvolumina bedeutend vergrössert wurde, steht doch zwischen Handeck und Innertkirchen für die zweite Ausnützung des zufließenden Wassers ein Gefälle von 672 m zur Verfügung gegenüber nur 545 m der ersten Stufe.

Die Ausnützung der Oberhasli-Wasserkräfte schaut, wie alle derart grossen Unternehmungen, auf eine langjährige Entwicklung zurück, wobei Projekte für 1-, 2- und 3-stufigen Ausbau des gesamten Gefälles studiert, ja sogar wiederholt für baureif erklärt worden waren. Noch zu Beginn des Baues der 1. Stufe, Handeck, lag ein 3-stufiges Projekt vor mit Kraftwerken in Boden, etwas unterhalb Guttannen und in Innertkirchen. Dies beeinflusste die

Projektierung der elektromechanischen Anlagen der 1. Stufe nicht unwesentlich und rückte namentlich das Problem der zentralen Fernsteuerung aller drei vorgesehenen Kraftwerke in den Vordergrund.

Schon während des Baues der 1. Stufe ergaben sorgfältig durchgeführte Untersuchungen über die komplizierten geologischen Verhältnisse im unteren Haslital, dass die Ausnützung des restlichen Gefälles doch in einer Stufe möglich sei. Man verliess deshalb die Ausnützung in zwei Stufen (dreistufiger Ausbau) wieder, da sie an sich unwirtschaftlicher ist als die einstufige und neben der Rücksicht auf die geologischen Verhältnisse eigentlich nur durch die schrittweise Anpassung der disponiblen Energie an die Erfordernisse des Energiemarktes bedingt war.

Die Ausnützung der Wasserkräfte des Oberhasli geht aus dem Längenprofil (Fig. 1), hervor. Der Vollständigkeit halber seien die Verhältnisse noch einmal tabellarisch zusammengestellt (Tabellen I und II).

Die Stauanlagen der Kraftwerke Oberhasli

Tabelle I.

Staumauern	Spitallamm	Seeuferegg	Gelmer
Max. Höhe über Fundament . .	114 m	42 m	35 m
Mauerkubatur . .	340 000 m ³	70 000 m ³	81 000 m ³
Staubecken	Grimselsee		Gelmersee
Stauziel	1912,0 m ü. M.		1852,0 m ü. M.
Nutzb. Stauinhalt	100 000 000 m ³		13 000 000 m ³
Max. Seeoberfläche	2,46 km ²		0,63 km ²

¹⁾ Bull. SEV 1927, Nr. 10, S. 638.

» » 1928, Nr. 8, S. 258; Nr. 22, S. 740.

» » 1929, Nr. 6, S. 179; Nr. 18, S. 643; Nr. 22, S. 753.

» » 1930, Nr. 19, S. 635.

» » 1931, Nr. 23, S. 579.

» » 1932, Nr. 18, S. 491; Nr. 20, S. 533.

²⁾ Bull. SEV 1940, Nr. 5, S. 128.

» » 1941, Nr. 9, S. 213; Nr. 12, S. 282.

Die maschinelle Ausrüstung der Kraftwerke Oberhasli

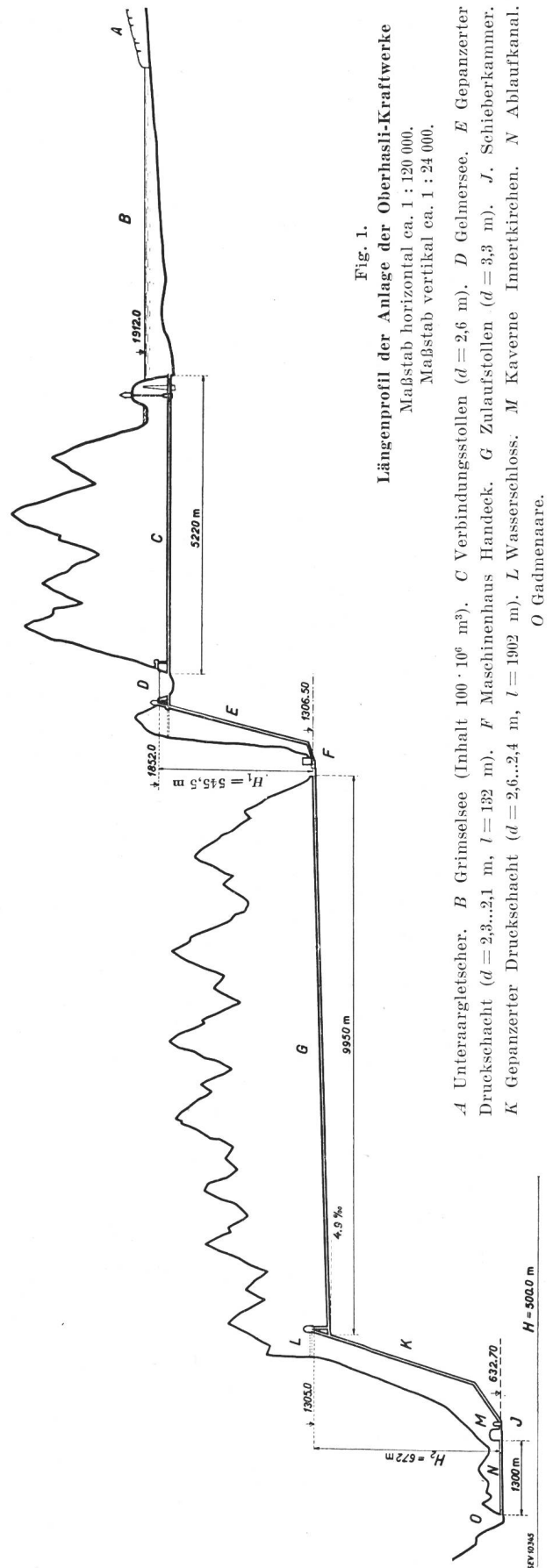
Tabelle II.

		Maschinenhaus	
		Handeck	Innertkirchen
Bruttogefälle	m	545	672
Ausbau			
Freistrahlturbinen (Vollausbau)		4	5
Einzel-Leistung	kW	22 000	41 000
Gesamt-Leistung (install.)	kW	88 000	205 000
Drehzahl	U./min	500	428,6
Wasserkonsum,			
einzeln	m ³ /s	5	7,5 ... 7,2
total	m ³ /s	20	36
Drehstrom-Generatoren		4	5
Einzel-Leistung	{ kW	28 000	47 500
	{ kW	22 000	41 000
Gesamt-Leistung (install.)	{ kW	112 000	237 500
	{ kW	88 000	205 000
Spannung	kV	11	13,5
Maximale Leistungsfähigkeit loco			
150 kV	kW	82 000	185 000
Ausgeglichene mittlere Jahresproduktion (Dauerenergie)	kWh	240 · 10 ⁶	355 · 10 ⁶ *)
Zusätzliche Sommerenergie (unkonstant)	kWh	—	74 · 10 ⁶ *)
Winterenergie	kWh	120 · 10 ⁶	180 · 10 ⁶ *)
Energiegleichwert	kWh/m ³ Wasser	1,2	1,5

*) 1. Ausbau mit 3 Einheiten.

Das gegenwärtige Einzugsgebiet der beiden Stauseen beträgt 111,5 km², das Zwischeneinzugsgebiet des Kraftwerks Innertkirchen allein 39,1 km². Aus Tabelle II geht hervor, dass das Kraftwerk Innertkirchen für einen grösseren Wasserfluss (sekundlicher Wasserkonsum), nämlich 36 m³/s, als das Werk Handeck vorgesehen wird. Dieses kann jedoch später noch ausgebaut werden, wenn dem Grimselsee das Wasser weiterer Einzugsgebiete zugeleitet und der See höher gestaut wird. Ferner kann das im Zwischeneinzugsgebiet Grimsel-Handeck von 39,1 km² zufließende Wasser ohne Saisonspeicherung im Maschinenhaus Innertkirchen ausgenutzt werden, wozu oberhalb des Werkes eine Wasserfassung mit Ausgleichweiher angelegt wird. Schliesslich werden auch drei Seitenbäche der Aare zwischen Handeck und Innertkirchen mit einem Einzugsgebiet von 10,3 km² dem Stollen des Kraftwerkes Innertkirchen zugeleitet. Die Anlagen für die Wasserzuleitung in Innertkirchen wurden deshalb von vornherein für die maximale Leistung gebaut; eine spätere Erweiterung würde unverhältnismässig hohe Kosten verursachen. Das Bruttogefälle von 672 m reduziert sich bei maximaler Beaufschlagung der Turbinen, d. h. bei einem totalen Wasserfluss von 36 m³/s, auf 600 m Nutzgefälle, im Jahresmittel auf 658 m, so dass sich eine maximale Gesamtleistung aller Turbinen von rund 185 000 kW ergibt.

Um eine elastische Betriebsführung und eine wirtschaftliche Belastung jedes der beiden Kraftwerke, die durch den gemeinsamen Wasserzufluss hydraulisch verbunden und deshalb stark voneinander abhängig sind, zu erzielen, ist die Erstellung eines Ausgleichweihers von 120 000 m³ Inhalt beim Maschinenhaus Handeck vorgesehen.



Es ist möglich, die Betriebswassermenge des Kraftwerkes Innertkirchen, die heute während der

7-monatigen Absenkungsperiode 120...138 Millionen m³ beträgt, durch Beizug des Abflusses des Gauligletschers und weiterer Zuflüsse der Aare um etwa 80 Millionen m³ zu vergrössern. Für das Kraftwerk Innertkirchen ergibt sich dadurch ein gesamtes Einzugsgebiet von rund 200 km². Ein weiterer zukünftiger Ausbau der Oberhasli-Kraftwerkanlagen wird ferner noch möglich sein bei Ausnützung des Einzugsgebietes der Gadmenaare, im Ausmasse von 152,8 km². Dafür müsste allerdings ein drittes Maschinenhaus erstellt werden.

2. Wasserschloss und Druckschacht

Der Unterwasserkanal des Maschinenhauses Handeck bildet den Beginn des Zulaufstollens des Kraftwerkes Innertkirchen und wurde daher, um spätere Erschütterungen der Bauwerke zu vermeiden, schon beim Bau der ersten Stufe ein Stück weit rückwärts in den Berg ausgesprengt.

Dieser *Zulaufstollen* liegt auf seiner ganzen Länge von 10 km tief im rechtsseitigen Berghang, durchwegs im Urgestein Gneis und Granit. Fast überall weist das Gestein genügende Festigkeit und Dichtigkeit auf, um den Wasserdruck auszuhalten. Trotzdem wird der Stollen auf seiner ganzen Länge (im Gegensatz zum Verbindungsstollen Grimsel-Gelmer) innen mit einem glatten Betonmantel von 10...20 cm Dicke ausgekleidet, wodurch die Druckverluste erheblich vermindert werden können. Je nach Beschaffenheit des Felsens wurden verschiedene Betonierungsverfahren angewandt. An einigen Stellen, die vorher durch Sondierungen genau untersucht worden sind, musste die Auskleidung verstärkt werden, da der Stollen dort weichere Gesteine und teilweise geologische Verwerfungen durchfährt. Das Stollenprofil ist kreisförmig mit 3,3 m lichtem Durchmesser (8,5 m² Querschnitt); das Gefälle beträgt 4,9 ‰ und ergibt bei grösstem Wasserdurchlass (36 m³/s) eine Geschwindigkeit von 4,22 m/s. Einige Seitenbäche der Aare werden direkt dem Stollen zugeleitet, womit dessen Wasserfluss namentlich im Sommer erhöht wird und gleichzeitig Entlastungsstellen für Druckstösse geschaffen werden. Im Stollen wird ein Rollbahngleise von 60 cm Spurweite fest eingemauert, so dass Materialtransporte und spätere Revisionen über die 10 km lange Strecke leicht ausgeführt werden können. Der Zulaufstollen ist das grösste und teuerste Objekt der neuen Anlage. Der Stollenbau begann von den beiden Enden aus im November 1940; ausserdem wurden 4 Baufenster angelegt, zu welchen je eine Luftseilbahn führt. Der Durchschlag der letzten Teilstrecke erfolgte am 28. November 1941, 18.30 Uhr. Gleichzeitig mit dem Vortrieb wurde auch an der Erweiterung und der Ausmauerung gearbeitet, so dass auf Ende 1942 mit der Fertigstellung dieses die längste Bauzeit erfordernden Anlageteiles gerechnet werden kann.

Beim Stolleneinlauf, also beim Maschinenhaus Handeck, ist vorläufig ein Ausgleichsweiher von 120 000 m³ Inhalt projektiert. Da aber die Projekte dort noch nicht ganz abgeklärt waren und

dieser Weiher für den ersten Betrieb, da die beiden Maschinenanlagen in «Tandembetrieb» verbunden sind, d. h. die untere zu jeder Zeit die Wasserabgabe der obern aufnehmen soll, noch nicht benötigt wird, wird dieser Bauteil erst etwas später vollendet werden. Er verlangt als Hauptbaubjekt die Errichtung einer Staumauer unterhalb des Maschinenhauses Handeck.

Das *Wasserschloss* am Ende des Zulaufstollens ist ganz im Felsen eingebaut. Dieses Wasserschloss, das bei der ersten Stufe nicht nötig war, da dort der Druckschacht direkt in den Gelmersee mündet, ist hier ein besonders interessantes und kostspieliges Bauobjekt. Es war so auszubilden, dass die Druckstösse beim plötzlichen Abstellen der Turbinen den sehr langen Zulaufstollen nicht gefährden können. Es besteht aus zwei Schächten mit kreisrundem Querschnitt, einem schräg liegenden von 3,1 m Durchmesser in der direkten Verlängerung des Druckschachtes und aus einem vertikalen von 8,5 m Durchmesser und 65 m Höhe, welcher das eigentliche Wasserschloss darstellt (Fig. 2). Die Anlage

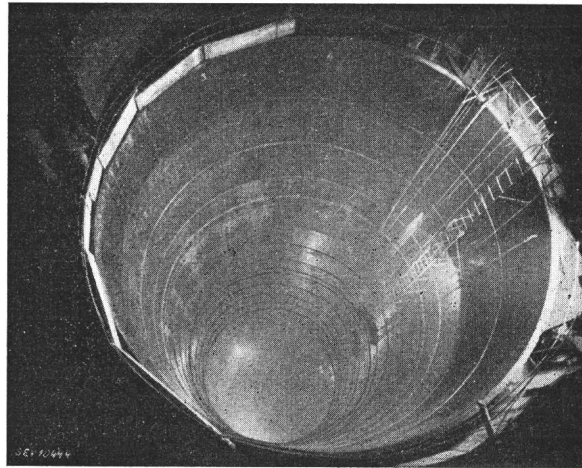


Fig. 2.

Blick in den Vertikalschacht des Wasserschlosses

wird ergänzt durch eine obere Wasserkammer, deren Dimensionen schon durch die Bedürfnisse der Bauausführung so gross sind, dass das bei plötzlichen Abschaltungen der Turbinen aus dem Zulaufstollen zufließende Ueberlaufwasser aufgenommen werden kann. Alle Bestandteile für die Panzerung des Druckschachtes können von dieser Wasserkammer aus durch den erwähnten Schrägschacht in den Druckschacht hinabgelassen werden. Die Wasserkammer wird zu diesem Zwecke mit einer Krananlage ausgerüstet, die auch bei späteren Revisionen gute Dienste leisten wird, z. B. zum Einführen des Triebwagens in den Zulaufstollen. Auch die Panzerung des vertikalen Wasserschlossschachtes erfolgte von der Wasserkammer aus; sie besteht aus Stahlblech von 8 bis 12 mm Stärke und ist mit Beton hinterfüllt. In einer Nebenkammer des Wasserschlosses wurde für die Fortbewegung von Materialien im Stollen und Druckschacht eine Förderwinde aufgestellt.

Der Zulaufstollen erhält einen Sicherheitsabschluss durch eine Drosselklappe. Sie erlaubt das Abschliessen des Stollens bei Rohrbrüchen, wie auch die Ausführung von Revisionen oder Reparaturarbeiten an der Turbinenzuleitung ohne Entleerung des Zulaufstollens. Der Sicherheitsabschluss wird ebenfalls von der Wasserkammer aus betätigt, wobei zudem eine automatische Steuerung und Fernbetätigung vom Kraftwerk aus vorgesehen ist.

Wie üblich, wurde das Wasserschloss für die beiden Grenzfälle berechnet, nämlich für den Schliessvorgang unter der Annahme, dass die gesamte Maschinenleistung bei 36 m³/s Wasserzufluss in der Zeit Null abgeschlossen werde, wobei kein Wasserüberfall und keine unzulässigen Druckstösse im Stollen auftreten dürfen, und für den Öffnungsvorgang unter der Annahme, dass die ganze Maschinenleistung momentan von der Leerlaufwassermenge von 2 m³/s auf die Vollast-Wassermenge von 36 m³/s anwachse, ohne dass Luft in den Druckschacht nachgesogen werden darf. Das Wasserschloss arbeitet als Differentialwasserschloss nach dem Prinzip kommunizierender Röhren, wobei im grossen, senkrechten Schacht eine Drosselung des Wassereintrittes durch Löcher im Zulaufstollenrohr, das ihn durchdringt, erfolgt. Durch Modellversuche im Wasserbaulaboratorium der ETH ist das einwandfreie und zweckmässige Arbeiten dieser Anordnung bestätigt worden.

Das Wasserschloss auf der Höhe des Kapf am Benzlauistock ist mit einer Standseilbahn mit der Talstrasse bei der Urweid verbunden, welche am 26. Oktober 1941 auch die Besucher des SEV zu diesem gewaltigen Bauobjekt brachte, an dem besonders der grosse vertikale Schacht mit der «Blechrohr»-Auskleidung imponierte. Diese Standseilbahn wird auch nach Vollendung des Bauwerkes bestehen bleiben, währenddem eine dazu parallel geführte Luftseilbahn später abgebrochen wird.

Vom Wasserschloss aus führt der Druckschacht anfänglich mit 60 ‰ Gefälle nach unten. Dieser 1086 m lange Abschnitt erhielt einen lichten Durchmesser von 2,60 m, was eine Wassergeschwindigkeit von 6,8 m/s beim maximalen Durchlass von 36 m³/s ergibt. Im zweiten Abschnitt des Druckschachtes mit 2,40 m lichtigem Durchmesser und einer Länge von 816 m beträgt die maximale Wassergeschwindigkeit 8,0 m/s, das Gefälle 12,5 ‰. Der Druckschacht liegt vollständig in gesundem Granit, er wurde mit einer Stahlblechpanzerung versehen, wobei zwischen Stahlrohr und Fels ein mindestens 15 cm dicker Mantel von Beton eingepumpt und zur guten Verdichtung pneumatisch vibriert und schliesslich durch Zementinjektionen unter hohem Druck weiter verfestigt wird. Diese Hinterbetonierung der Panzerbleche wurde z. T. nach neuen Verfahren ausgeführt. Sie muss sehr sorgfältig vorgenommen werden, weil bei einem Wasserdruck von gegen 70 kg/cm² sich Hohlräume hinter der Panzerung schlimm auswirken müssten, da die Eisenauskleidung eigentlich nur als Dichtungshaut wirken kann. Die Stahlrohre erhielten im oberen Teil des Druckschachtes 12 mm Stärke, mit zunehmender Verdickung bis auf 20 mm im untersten Teil. Bei weicheren Gesteinspartien wurden Blechverstärkungen oder Bandagen angebracht. Die Einführung der Panzerrohre für den steilen Schacht und für einen Teil des flachen Schachtes erfolgte vom Wasserschloss aus. Für den Bau des Druckschachtes wurden drei Baufenster angelegt; das tiefstgelegene erhält eine Zufahrtsstrasse von der Grimselstrasse her, zum mittleren führt eine Luftseilbahn. Ausserdem wurde der Schachtbau natürlich auch von beiden Enden aus begonnen.

Der Druckschacht ist so angelegt, dass ein im Urgestein eingesprengter Kalkkeil unterfahren werden konnte. Die Gegend von Innertkirchen weist eine interessante geologische Eigenheit auf: Der Talboden besteht aus Urgestein (Erstfelder Gra-

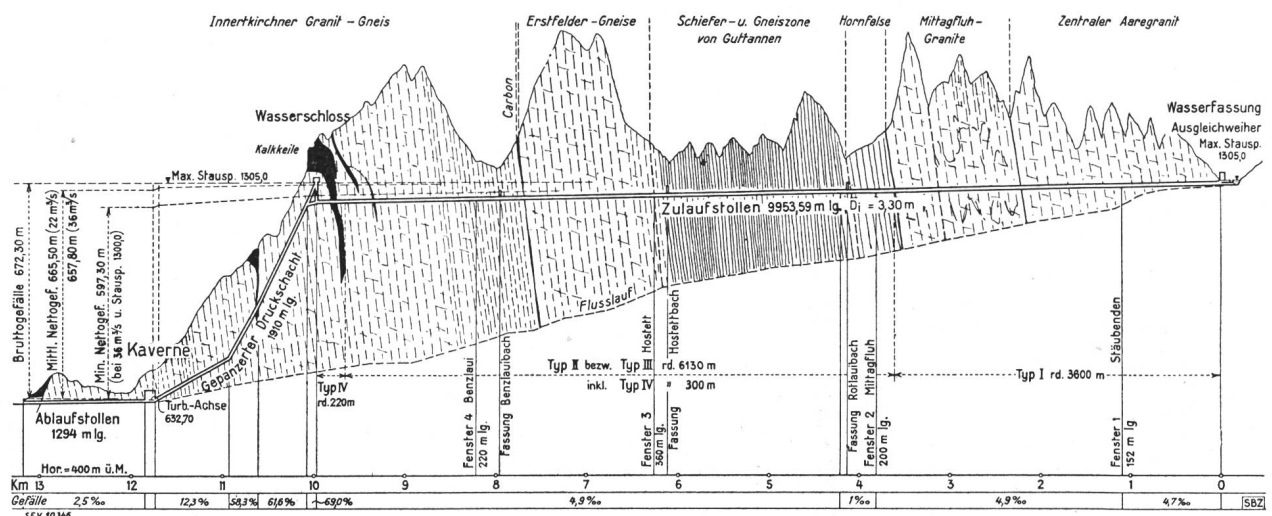


Fig. 3.

(Aus Schweiz. Bauztg., Bd. 120 (1942), Nr. 3)

Geologisches Längenprofil der unteren Kraftwerkstufe

Maßstäbe: Längen 1 : 84 000, Höhen 1 : 24 000.

Stollenauskleidungen. Typ I: Reine Betonauskleidung von min. 10 cm Stärke mit Anstrich gegen Angriff des kalkarmen Wassers. Typ II: Auskleidung mit Betonplatten und Hinterfüllung mit verdichtetem Beton. Die Platten sind mit Pech imprägniert und stützen sich auf eiserne Schalungsringe in Abständen von 1 m; ihre Fugen werden mit Bitumen geschlossen. Typ III: Stark armierter Gunitmantel. Typ IV: Panzerrohrauskleidung. — Der innere Stollendurchmesser beträgt beim Typ I 3,40 m, bei den anderen Typen 3,30 m.

gefährdet ist oder gar unter Wasser gesetzt würde (Fig. 7). Für die Aufnahme der Maschinen musste eine gewaltige Kaverne von 99 m Länge, 17 m Breite und 26 m Höhe (bis zum Gewölbescheitel), also von über 45 000 m³ Raum ausgebrochen werden. Die Besucher hatten Gelegenheit, diese gewal-

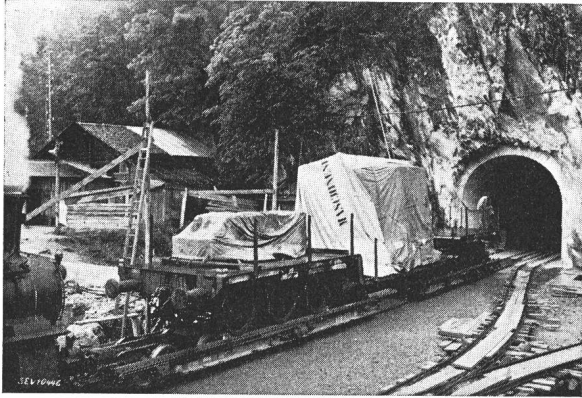


Fig. 6.

Transport einer Statorhälfte auf Normalspur-Tiefgangwagen und Schmalspur-Rollschemel vor dem Stollen-Hauptportal

tigen Ausmasse festzustellen (Fig. 8, 9), wobei besonders daran erinnert werden musste, dass man bei einem freistehenden Kraftwerk eigentlich nie die ganze Höhe des Baues sieht, da dieser immer durch den Maschinensaalboden unterteilt ist, so dass

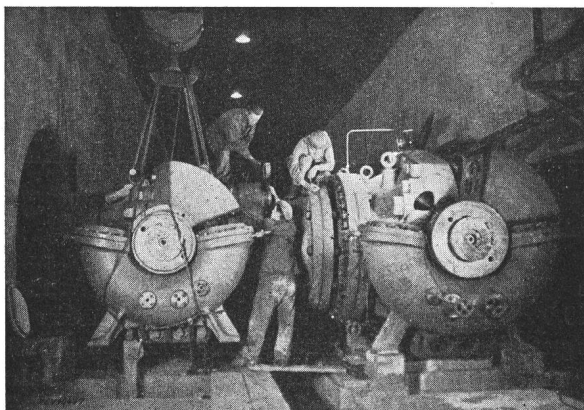


Fig. 7.

Schieberkammer

Montage zweier Kugelschieber (Fabrikat Von Roll) mit zwischengeschaltetem Venturirohr.

mindestens $\frac{1}{3}$ der Höhe unter diesem Boden liegt. Unter dem Turbinenboden wurden weitere Gruben von 4 m Tiefe ausgehoben für die Ablaufwannen der Turbinen. Natürlich musste die Kaverne für das Kraftwerk, wie übrigens auch die Schieberkammer und die Verteilleitung, für den vollen Ausbau mit 5 Maschineneinheiten vorgesehen werden, obschon vorläufig nur 3 Maschinen eingebaut werden. Der gesamte Aushub für Maschinenkaverne, Schieberkammer, Nebenräume und Stollen für Zugänge, Kabel, Ventilation und Turbinenabläufe beträgt etwa 60 000 m³. Deckengewölbe und Wände des Maschinen-«Hauses» wurden ausgemauert; die Auskleidung liegt jedoch nicht überall am Fels an,

sondern es sind am Umfang verteilt Hohlräume (teils begehrbar) angeordnet, wodurch die Betriebsräume stets trocken bleiben. Vom Dachraum aus führen zwei getrennte Stollen mit eingebauten Ventilatoren an die Oberfläche, wodurch alle Ventilationsräume und die Betriebsräume entlüftet

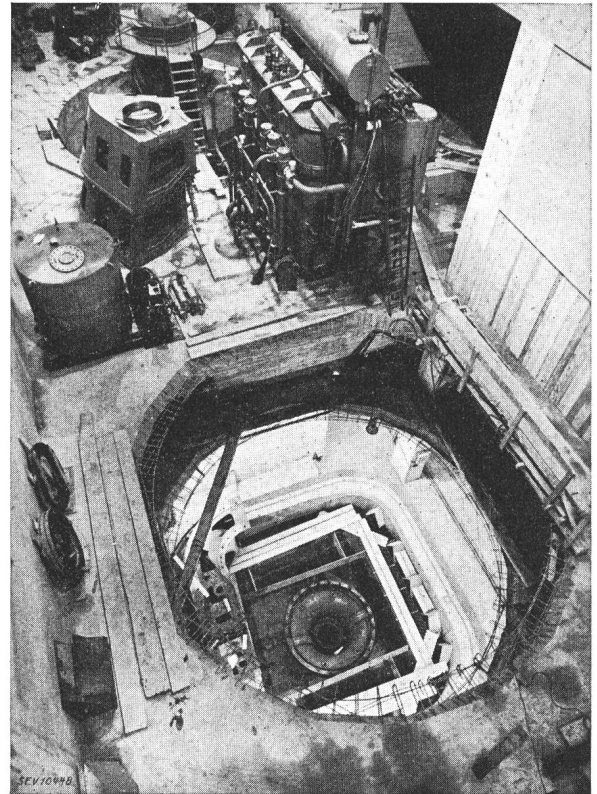


Fig. 8.

Maschinensaal Innertkirchen

Oben: Generator 2 fertig montiert, daneben Transformator 13/150 kV. Unten: Blick in Maschinengrube 3.

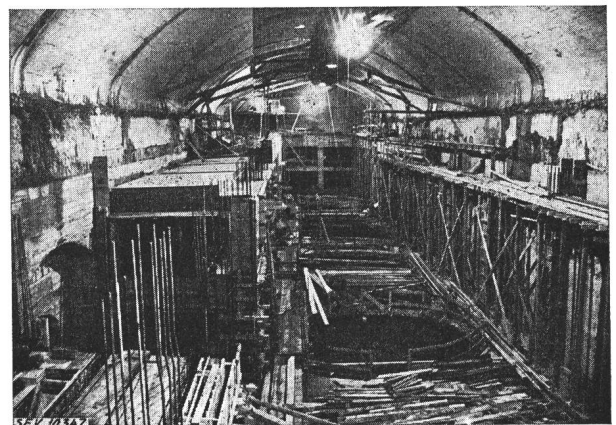


Fig. 9.

Maschinenkaverne Innertkirchen im Bau.

werden können. Die Anordnung und Disposition der Maschinenhausanlage geht am besten aus den Querschnitt- und Grundriss-Zeichnungen (Fig. 10 u. 11) hervor. Grundsätzlich werden die Maschinen und Apparate gleich angeordnet wie im Maschinenhaus Handeck. Interessant ist der Zusammenbau der ver-

ticalachsigen Generatoren und Turbinen. Zwischen Generator und Turbine ist kein Trägerboden eingebaut, sondern die Generatoren stützen sich direkt auf das besonders durchgebildete Turbinengehäuse ab, welches seinerseits auf dem Bord der Turbinenwannen aufliegt. Dadurch wird die Generatorlast unmittelbar auf den Felsgrund übertragen, was den Vorteil hat, dass die bedeutenden baulichen Aufwendungen für einen schweren Maschinensaalboden, der die grossen Gewichts- und Kurzschlusskräfte aufzunehmen hätte, wegfallen können. Ferner werden die Turbinenregler bei den Turbinen selbst aufgestellt, wodurch die langen Gestänge und mehrere heikle Schmierstellen wegfallen. Ueber dem Maschinensaalboden sind im wesentlichen nur Erreger- und Hilfserregermaschine und der Pendelgenerator des Turbinenreglers sichtbar. Vorläufig werden drei vertikalachsige Pelton-turbinen von je ca. 41 000 kW eingebaut; sie werden bei Escher-Wyss, Zürich, hergestellt. Die Wasserzufuhr erfolgt durch zwei einander gegenüberliegende Stahldüsen auf Kote 632,70 m. Der Strahldurchmesser beträgt 208 mm, der maximale Wasserfluss jeder Turbine 7,5 m³/s, so dass sich die respektable Wassergeschwindigkeit von 110 m/s im Strahl ergibt. Wie üblich sind die Düsen mit Strahlablenker ausgerüstet (Fig. 12). Das in einem Stück gegossene Laufrad (12 t Gewicht) ist direkt auf die Genera-

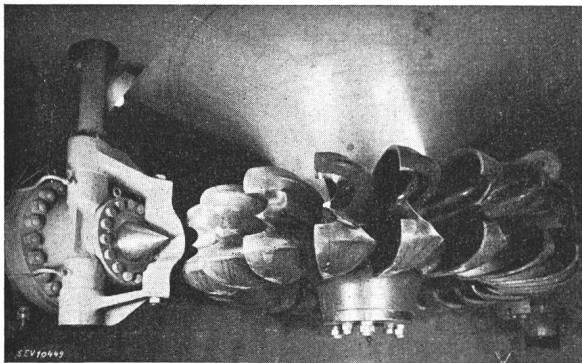


Fig. 12.
Turbinenlaufrad mit Düsennadel und Strahlablenker
(Escher-Wyss).

torwelle aufgekeilt und hat bei einem Teilkreis-Durchmesser von 2300 mm 22 Doppelschaufeln. Hervorzuheben ist, dass, im Gegensatz zu bisherigen Ausführungen, der Turbinenregulator ganz für sich arbeitet. Weder Pendel noch Ölpumpe für das Drucköl zur Betätigung der Düsennadeln und Ablenker sind mechanisch von der Turbinenwelle angetrieben, sondern alle diese Organe werden durch einen doppelten Satz Elektromotoren betätigt, die einerseits vom Spannungswandler an den Generatorklemmen, anderseits von den Sammelschienen der Eigen-Energieversorgung des Kraftwerkes gespeist werden. Dadurch wurden bedeutende Kosten und viel Platz erspart, und der ganze Reguliermechanismus wurde sehr einfach.

Auf dem Turbinengehäuse aufgesetzt steht der Drehstrom-Generator, geliefert von der Maschinenfabrik Oerlikon³⁾, der folgende Daten aufweist:

³⁾ Bull. SEV 1942, Nr. 3, S. 75.

Nennleistung	47 500 kVA
Leistung bei um 10 % erhöhter Spannung . .	52 250 kVA
Wirkleistung	41 000 kW
Leistung bei $\cos \varphi = 0$, kap.	31 000 kVar
Normalspannung	$3 \times 13\,500$ V
Frequenz	50 Hz
Polzahl	14
Umdrehungszahl	428,6/min
Durchbrenndrehzahl	790 /min
Wirkungsgrad bei Vollast und $\cos \varphi = 0,8$ ind.	97,4 %
Wirkungsgrad bei Vollast und $\cos \varphi = 1$. .	98,1 %
Verluste bei Vollast und $\cos \varphi = 0,8$ ind. . .	ca. 1000 kW
Bohrung des Stators	3400 mm
Statorlänge (Eisenlänge)	1900 mm
Luftspalt	25 mm
Rotorgewicht	115 t
Totalgewicht	250 t
Schwungmoment (GD^2)	600 000 kgm ²

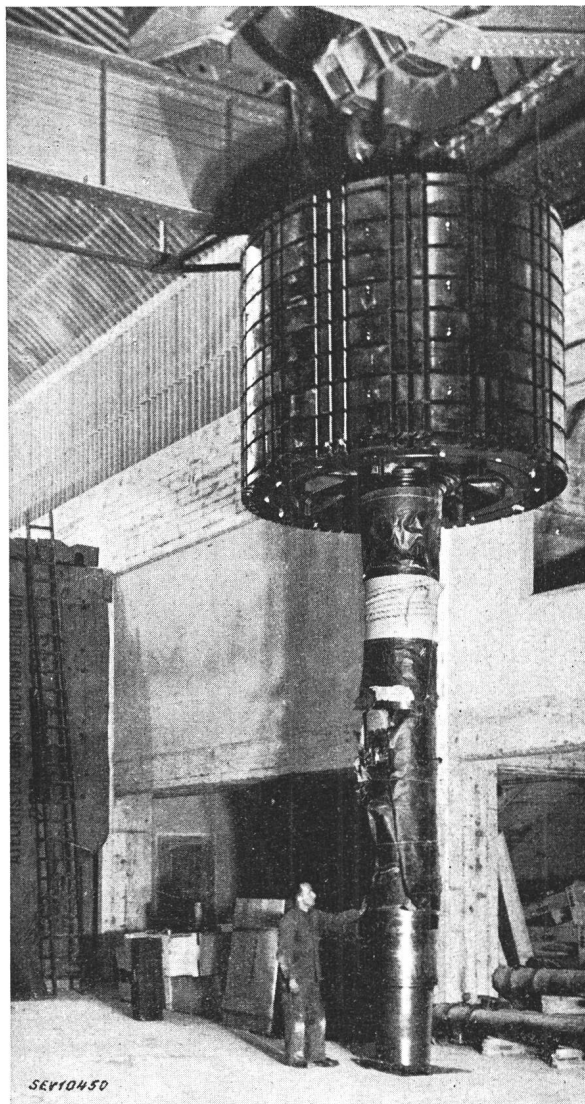


Fig. 13.
Rotor mit Welle am Kran
(Maschinenfabrik Oerlikon).

Die Generatorwelle von 12,1 m Länge wiegt 23 000 kg. Unmittelbar über dem Polkörper ist der obere Teil der Welle angeflanscht, womit erheblich an Kranbahnhöhe und damit an Bauhöhe überhaupt gespart wurde (Fig. 13). Dieser obere Wellenteil wird vom ersten Halslager geführt und trägt den Spur-

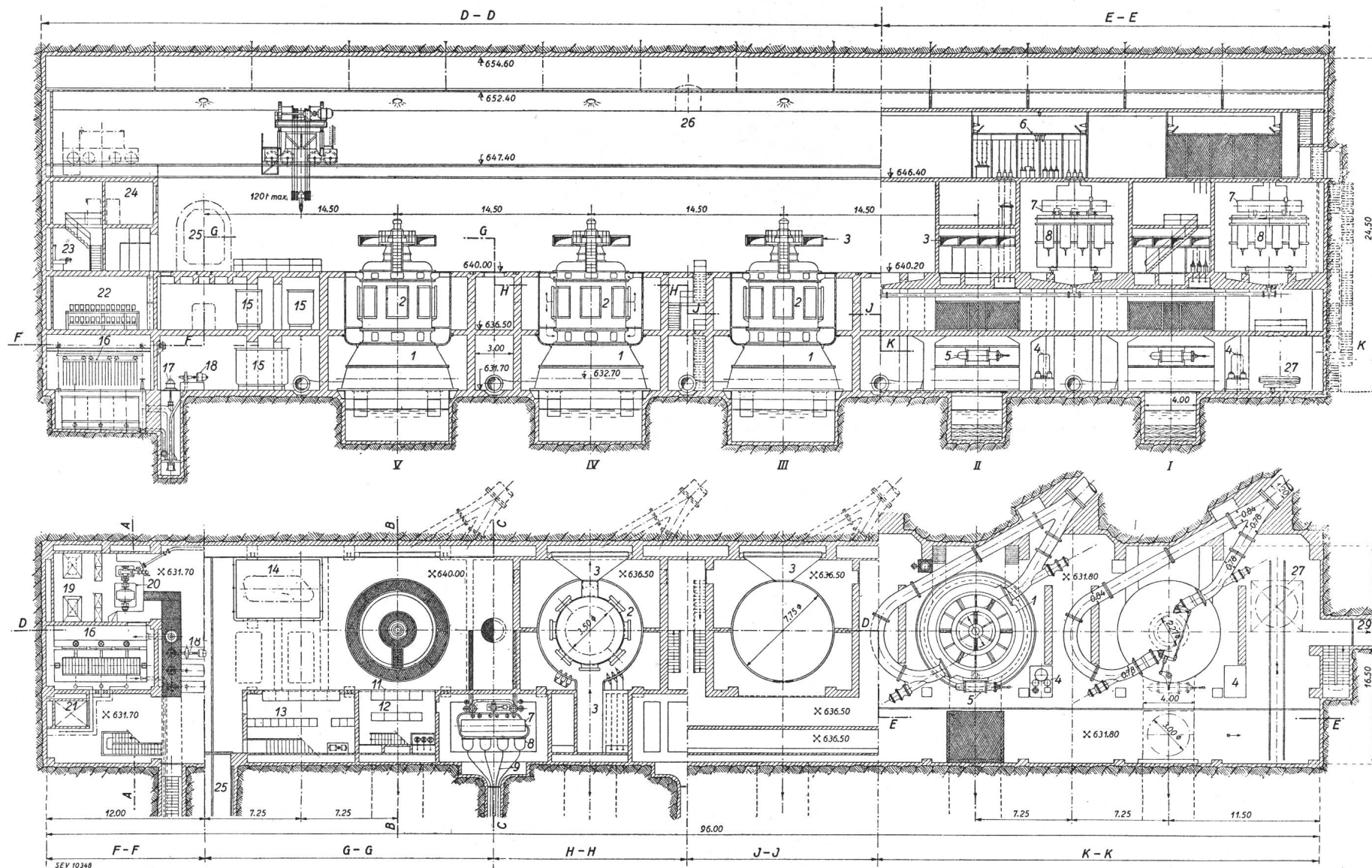


Fig. 10.

kranz für das Spurlager, durch welches das Gewicht des Rotors auf das Generatorgehäuse abgestützt wird. Das zweite Haslager befindet sich unterhalb des Polkörpers und das dritte unmittelbar über dem Turbinenlaufrad. Ueber dem Spurlager ist der Haupterreger und darüber ein Hilfserreger und der Pendelgenerator zum Antrieb des Turbinenpendels aufgebaut. Das Pendel wird durch einen stark überdimensionierten Asynchronmotor mit ganz geringem Schlupf angetrieben, der vom Pendelgenerator gespeist wird (Fig. 14).

Da infolge der unterirdischen Ausführung des Maschinenhauses die Zu- und Ableitung der nötigen gewaltigen Kühlluftmengen sehr kostspielig geworden wäre, wurden die Generatoren — eine Neukonstruktion — mit Wasserkühlung versehen. Die Kühlvorrichtungen an der Aussenseite des Stators bestehen aus Rohrbündeln, durch die das Kühlwasser fliesst. Der Generator ist von einem Mantel umgeben, innerhalb welchem die Kühlluft einen Kreislauf ausführt, wobei sie die Kühlkörper durchströmt, wo ihr die im Stator und Rotor aufgenommene Wärme entzogen wird. Mittels eines Klappensystems kann aber die Luft auch teilweise durch besondere Kanäle dem Maschinensaal zur Heizung und Lüftung zugeführt und aus diesem wieder abgesogen werden. Das ganze Kühlsystem ist, wie in neuen Anlagen üblich, mit einer Kohlen säurelöschvorrichtung, System «Sifrag», versehen, für die es sich ganz besonders eignet.

Im Gegensatz zu den Maschinen des Kraftwerks Handeck müssen die Generatoren in Innertkirchen nicht die volle Leistung bei kapazitiver Belastung

abgeben, so dass sich bedeutend günstigere Verhältnisse und namentlich ein relativ kleiner Luftspalt ergaben. Die Generatoren müssen bei $\cos \varphi = 0$, kapazitiv, «nur» noch 31 000 kVA = 65 % der

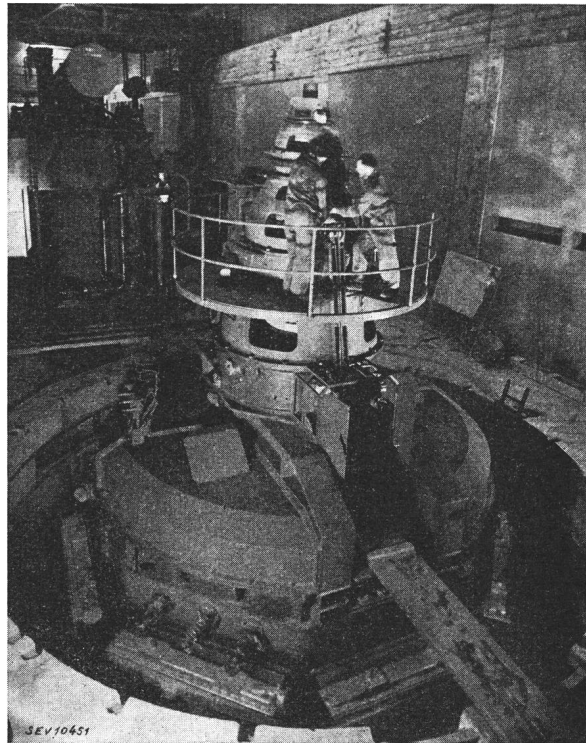


Fig. 14.
Generator-Montage
(Maschinenfabrik Oerlikon).

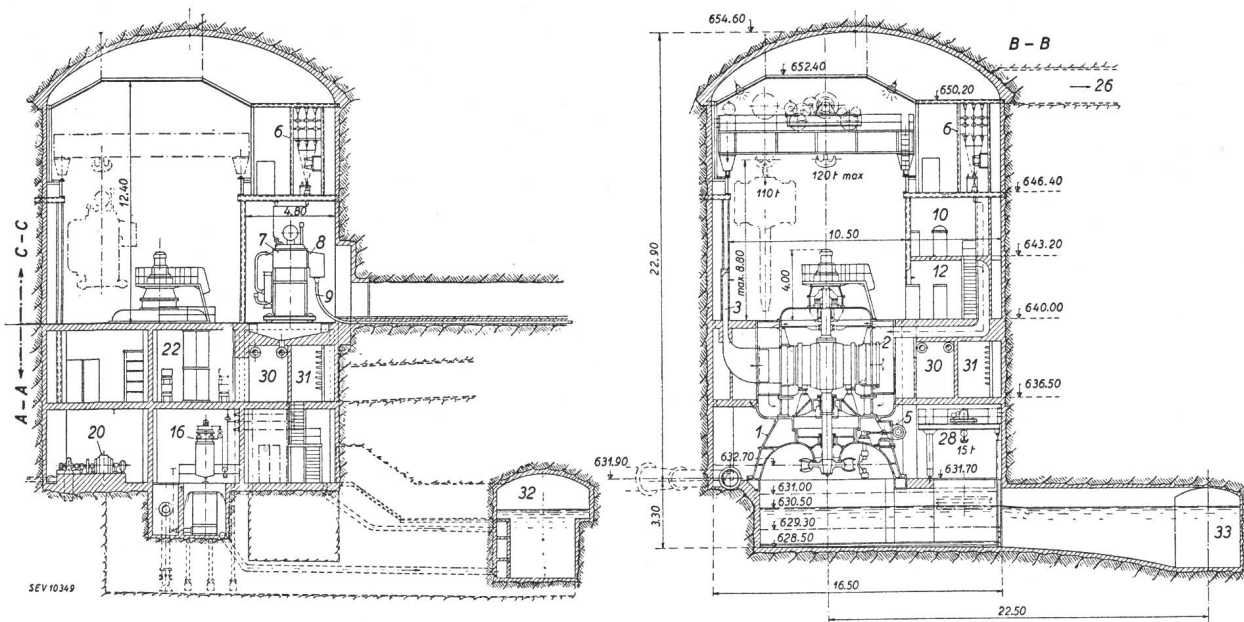


Fig. 11.

Maschinenkaverne Innertkirchen

Fig. 10: Längsschnitt und Grundriss.

Fig. 11: Querschnitte.

1 Turbinengehäuse. 2 Generatoren mit Mantel und Kühlkörpern. 3 Heiz- und Lüftungskanäle. 4 Turbinenregler. 5 Druckzylinder für Strahlableiter. 6 13-kV-Schaltanlage. 7 Transformatoren 13/150 kV. 8 Angebaute Endverschlüsse. 9 150-kV-Oelkabel. 10 Oelgleichgefäß für 150-kV-Kabel. 11 Maschinen-Schalttafeln. 12 Apparateraum. 13 Kraft- und Licht-Verteilung. 14 Transformatorgrube. 15 Behälter für Rein- und Schmutzöl. 16 Wasserwiderstand. 17 Pumpe für Wasserwiderstand. 18 Kühlwasserpumpe. 19 Haupttransformator 16 000/220/380 V. 20 Gruppe für Eigenverbrauch, 480 kW. 21 Lift. 22 Batterieraum. 23 Werkstatt. 24 Bureau. 25 Zugangstollen, mit eingezeichnetem Normalprofil für Rollschmel. 26 Entlüftung. 27 Transportwagen für Turbinen-Laufräder. 28 Hilfskran für Turbinen-Revisionen. 29 Stollen zur Schieberkammer. 30 Wasser- und Oelleitungen. 31 Niederspannungskabel. 32 Messkanal. 33 Unterwasser-Kanal.

Vollastleistung abgeben. Auch wird eine andere Art der Erregung gewählt und entsprechend den neuen Fortschritten und Erkenntnissen die Schnellentregung durch Regulatoren im Hauptschluss-Stromkreis erreicht.

Jeder Generator arbeitet direkt auf einen Transformator von 47 500 kVA mit dem Uebersetzungsverhältnis 13,5/160 kV. Eine einfache Schaltanlage über den Transformatoren erlaubt jedoch beliebiges Zusammenschalten der Generatoren mit den Transformatoren in spannungslosem Zustand. Diese Transformatoren von Brown, Boveri sind mit Oelumlauf und äusserer Wasserkühlung ausgerüstet. Oel-Pumpen und -Kühler sind direkt an die Transformatorgehäuse angebaut, wie auch — als erstmalige Ausführung in der Schweiz — die Endverschlüsse der 150-kV-Oelkabel, so dass keine blanken Leitungen der Oberspannung im Maschinenhaus sichtbar sind. Diese direkte Verbindung von Generator und Transformator ohne Zwischenschaltung eines Leistungsschalters wurde bereits bei der Anlage Handeck angewandt; sie hat sich dort gut bewährt. Bei jener Anlage befindet sich bei jedem Generator ein Transformator zur Spannungsübersetzung 11/50 kV und in der Freiluftstation Innertkirchen nochmals je ein Transformator zur weiteren Spannungserhöhung von 50 auf 150 kV. Erst auf der 150-kV-Seite des Transformators, rund 12 km vom Generator entfernt, befindet sich der erste Maschinenschalter, der unter Last betätigt werden kann. Beim neuen Kraftwerk Innertkirchen hingegen liegt zwischen dem unterirdischen Maschinenhaus und der Freiluftanlage nur eine Distanz von einigen hundert Metern, so dass auch schon aus diesem Grunde bei der neuen Anlage noch weniger Befürchtungen am Platze wären, als bei der bestehenden Kraftübertragung Handeck-Innertkirchen. Diese Lösung hat sich durch eine Reihe von Untersuchungen und Ueberlegungen als sehr vorteilhaft erwiesen. Einmal werden die Leiter grosser Stromstärke zwischen Generator und Transformator äusserst kurz und deshalb die Verluste auf der Unterspannungsseite gering. Andererseits sind auch die Transformatoren bombensicher untergebracht, so dass also nur noch Zerstörungen an der Freiluft-Schaltanlage und an den Uebertragungsleitungen vorkommen können, die aber relativ rasch zu beheben sind. Jeder Transformator ist in einer feuersicheren Zelle mit Oelablauf aufgestellt, so dass ein allfälliger Brand sich nicht weiter ausbreiten kann (Fig. 15).

Die Transformatoren haben folgende Daten:

Nennleistung	47 500 kVA
Nennspannungen	13,5/160 kV
Schaltung	Δ/Δ
Wirkungsgrad bei Nennleistung	99,2 %
Leerlaufverluste	84 kW
Gewicht	97 t
Kurzschlußspannung	13,5 %

Sie wurden in der Fabrik von Brown, Boveri vollständig zusammengebaut, mit getrockneter Luft gefüllt und so nach Innertkirchen transportiert. Der erste dieser Transformatoren war bei unserem

Besuch am 26. Oktober 1941 bereits angeliefert und stand in Innertkirchen vorläufig gleich neben den alten Transformatoren 50/150 kV. Dabei war es besonders reizvoll, festzustellen, dass diese neuen Transformatoren kleiner und etwa 20 t leichter waren als die alten, trotzdem sie fast die doppelte

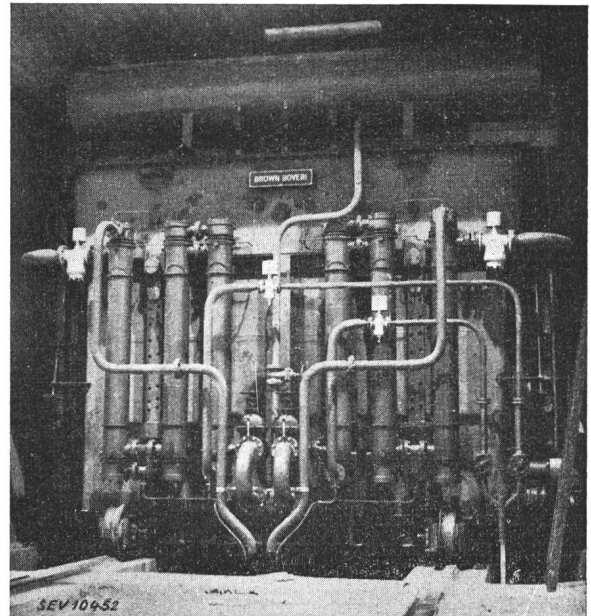


Fig. 15.
Transformator in der Zelle
(Brown Boveri).

Leistung aufweisen. Dies ist nicht nur der günstigeren Disposition (direkter Anbau der Kabel usw.) zuzuschreiben, sondern dem grossen Fortschritt im Bau der Transformatoren und wohl ein schöner

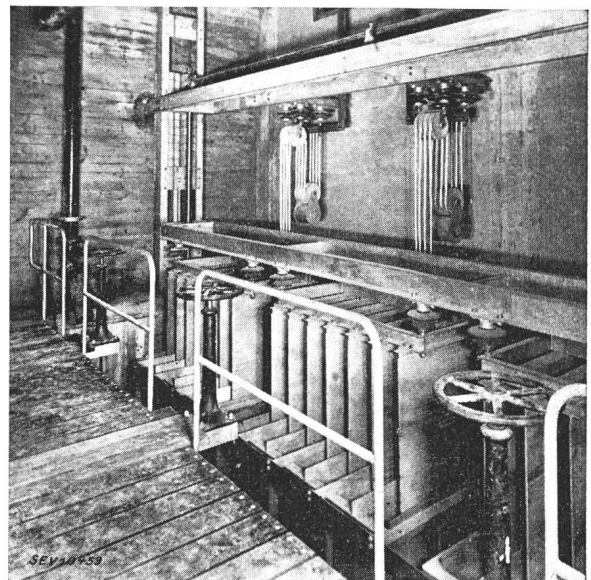


Fig. 16.
Wasserwiderstand für 13 kV, 41 000 kW

Beweis für das erfolgreiche Wirken unseres jüngsten Ehrenmitgliedes, Herrn Obering. J. Kübler.

Auf der Höhe der Turbinen befindet sich ein mit einem Kran von 13 t Tragkraft versehener

Längsgang, von dem aus die Turbinenlaufräder bei Revisionen ausgefahren und hineingebracht werden können. Sie können nachher durch eine besondere Vorrichtung, ähnlich wie in der Handeck, von unten her an der Generatorwelle festgemacht werden.

Unter dem Maschinensaalboden liegen Kanäle für die Niederspannungskabel und für Wasser- und Oelleitungen, da natürlich u. a. auch dafür gesorgt werden musste, dass bei einem — allerdings nicht wahrscheinlichen — Defekt an einem Transformator das ausfliessende Oel gefahrlos abgeleitet wird. Am Ende des Maschinensaaes ist auch noch ein Wasserwiderstand eingebaut, der mit den 13-kV-Sammelschienen durch einen Schalter verbunden

kirchen. Dadurch konnte ein Durchqueren des Dorfes mit dem relativ breiten und tiefen Kanal und damit teurer Landkauf usw. vermieden und, wie schon erwähnt, ein zusätzliches Gefälle von etwa 5 m gewonnen werden. Der Unterwasserkanal ist im Bereich des Kraftwerkes mit einer Ueberfallmesseinrichtung für die Abnahmeversuche versehen und weist einen ungefähr rechteckigen Querschnitt von 13 m² auf. Der Felsstollen wird mit einer dünnen Betonauskleidung versehen und erhält leicht gewölbte Decke. Der Wasserdurchfluss (max. 36 m³/s) erfolgt mit freiem Gefälle (0,2 ‰); der Kanal ist so disponiert, dass auch bei Hochwasser der Aare und des Gadmenwassers der freie Abfluss des Turbinenwassers gewährleistet ist.

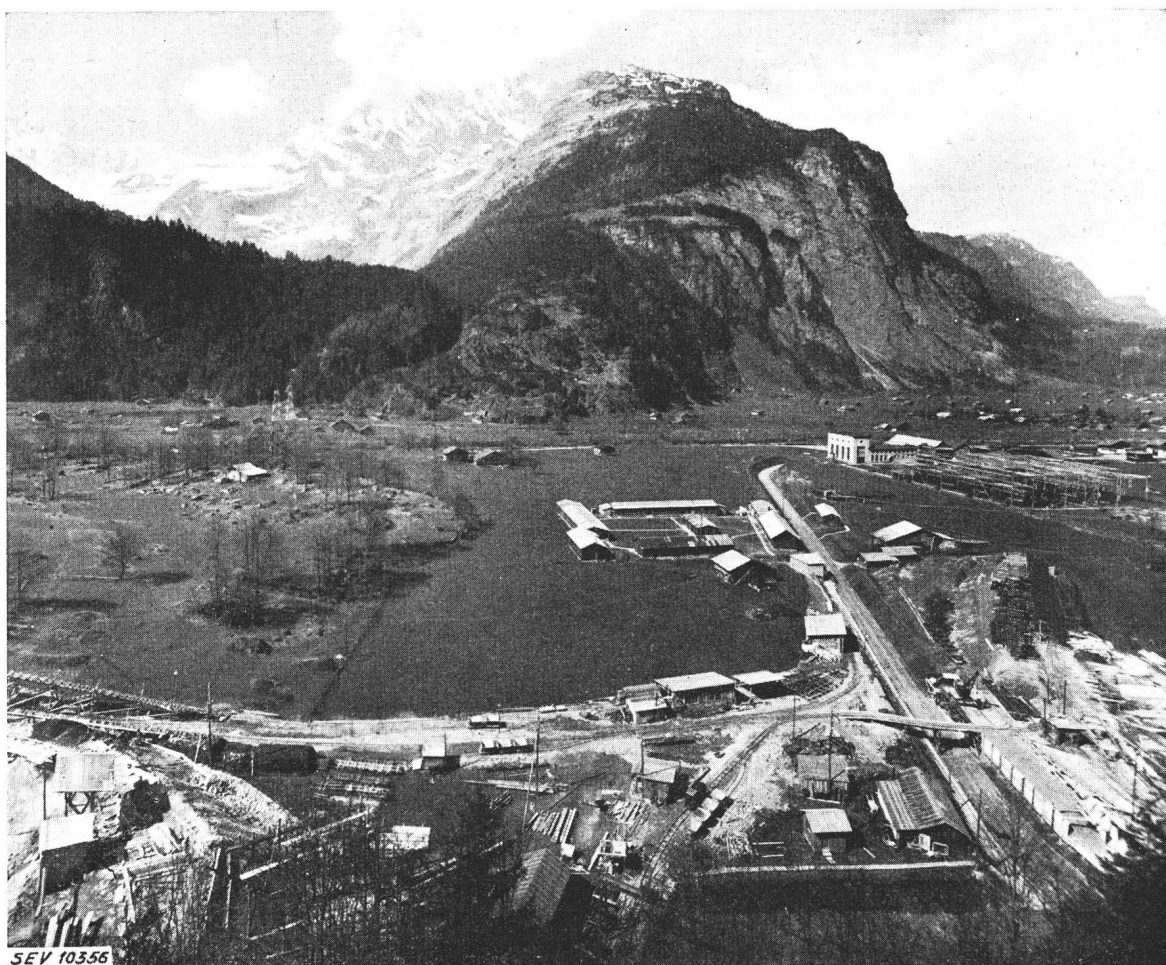


Fig. 17.

Nr. 6103 BRB 3. 10. 1939

Blick auf die Baustelle Innertkirchen
Im Hintergrund die Freiluftschaltanlage mit Betriebsgebäude

ist (Fig. 16). Ferner findet sich dort eine Turbinenanlage von 480 kW für den Eigenverbrauch, damit das Kraftwerk von fremder Energiezufuhr ganz unabhängig ist.

4. Der Unterwasserkanal

Auch der 1,3 km lange Unterwasserkanal wurde unterirdisch geführt und nicht in die Aare, sondern in den Bach des Gadmentales eingeleitet, einige hundert Meter unterhalb der Ortschaft Innert-

5. Die Schaltanlage

Vier Einleiter-Oelkabel von je ca. 150 mm² Cu-Querschnitt, von denen eines als Nulleiter dient, aber auch als Reserve-Phasenleiter verwendet werden kann, verbinden jeden Transformator mit dem zugehörigen Schaltfeld der Freiluftanlage. Die bereits erwähnte geringe Distanz zwischen Maschinenhaus und Schaltstation erlaubt die Verwendung muffenloser Kabel, die in den nötigen Längen von 300...420 m in einem Stück fabriziert werden kön-

nen. Diese Kabel wurden in der Schweiz hergestellt.

Bereits bei der Projektierung der *Freiluftschaltanlage* Innertkirchen für das Kraftwerk Handeck wurde darauf Rücksicht genommen, dass eine spätere Erweiterung möglich sei, so dass diese Anlage nun gemäss der damaligen Disposition ohne Schwierigkeiten für den Anschluss des neuen Kraftwerkes Innertkirchen ausgebaut werden kann (Fig. 17).

Um eine möglichst vielseitige Verwendung und Verteilung der Energie zu ermöglichen, sind die Schaltfelder der Maschinengruppen Innertkirchen je zu beiden Seiten der Felder der Handecker-Maschinen disponiert. Die beiden Sammelschienen und das Hilfssammelschienensystem sind samt der Eisenkonstruktion auf beiden Seiten verlängert worden, wobei für die Trenner mit ihrem Antrieb die bisherigen bewährten Modelle der Alpha A.-G. Nidau mit Langenthaler Porzellanisolatoren Verwendung fanden. Es wurde so auch Platz geschaffen für vorerst 2, später 4 neue abgehende 150-kV-Leitungen, die ihrerseits mit «Messkisten», enthaltend die Strom- und Spannungswandler, ausgerüstet wurden, wie das bei den bestehenden Leitungen nach Bickigen geschah.

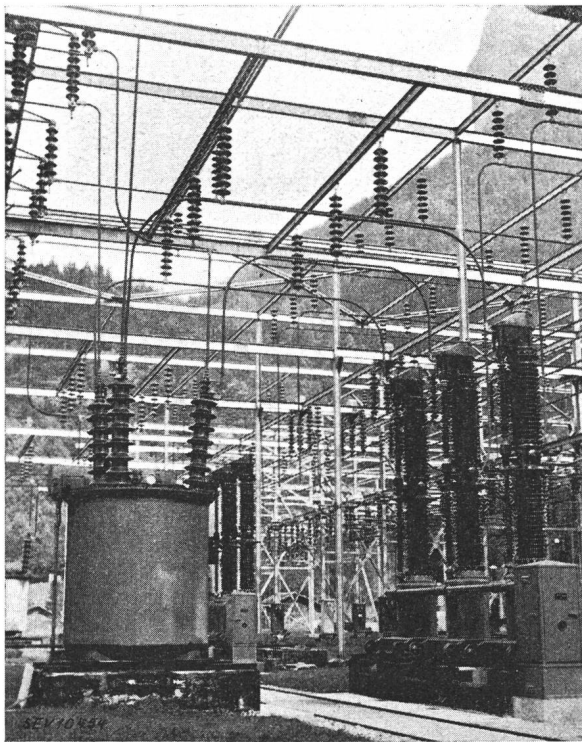


Fig. 18.
Oelstrahlschalter und «Messkiste» (Strom- und Spannungswandler 150 kV)
(Oelstrahlschalter von Sprecher & Schuh, Messkiste von E. Haefely & Cie. A.-G.)

Für die abgehenden Leitungen werden Oelstrahlschalter (Sprecher & Schuh) und Druckluft-Schalter (Brown Boveri) verwendet. Wie bei der Anlage Handeck sind auch hier die 150-kV-Schalter die einzigen Leistungsschalter zwischen den Generatorklemmen und den 150-kV-Sammelschienen (Fig. 18, 19, 20).

Wie erwähnt, wird die Freiluftschaltanlage auch auf der Seite der abgehenden Leitungen erweitert. Die Bernischen Kraftwerke (BKW) bauen eine neue Fernübertragungsleitung (Doppel-Drehstromleitung) auf dem linken Ufer des Brienzer- und Thunersees von Innertkirchen nach der Schaltsta-

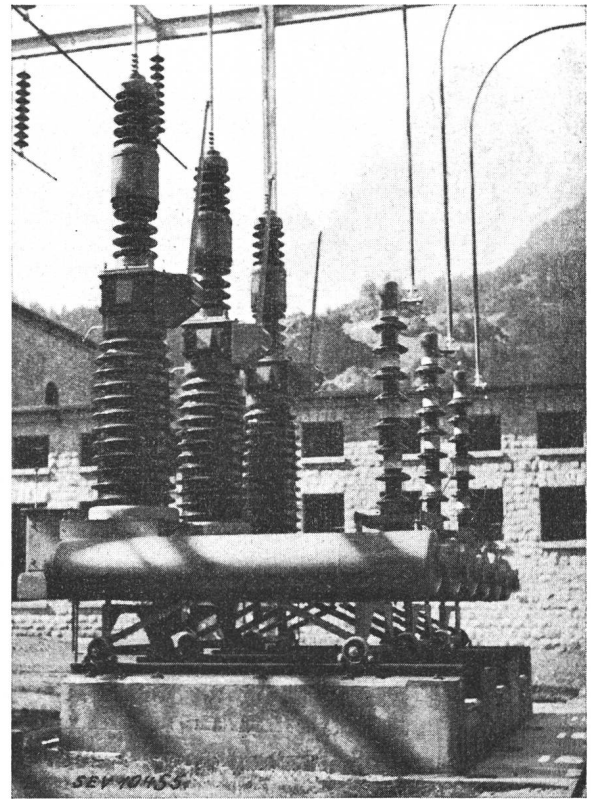


Fig. 19.
Druckluftschalter 150 kV
(Brown Boveri).

tion Mühleberg zum Zusammenschluss mit den bestehenden Anlagen der BKW und denjenigen der Stadt Bern. Zwei weitere neue Drehstromleitungen, auf gemeinsamen Gittermasten verlegt, werden später eine Verbindung von Innertkirchen über den Brünig mit der Schaltstation Rathausen bilden. Die neuen Leitungen nach Mühleberg werden durch die BKW erstellt, wodurch eine vorteilhafte Ergänzung zur bereits bestehenden Verbindung Innertkirchen-Bickigen-Rathausen entsteht. Der andere Leitungsstrang wird seinerzeit vorzugsweise der Stadt Zürich dienen und in Rathausen an die bereits bestehende 150-kV-Leitung Rathausen-Siebnen angeschlossen werden. Dadurch erhielt Zürich eine direkte Energielieferung von den Oberhasli-Kraftwerken über eigene Leitungen.

Wie die Freiluftanlage selbst, war auch der *Kommandoraum* im Betriebsgebäude Innertkirchen gemäss den früher getroffenen Dispositionen zu ergänzen. Er erhielt, wie vorgesehen, eine neue Pultreihe für die Betätigung der 5 Generatoren des neuen Kraftwerkes und die Ergänzungen für die neuen abgehenden Leitungen. Auch das Blindschema wurde nach den bisherigen Prinzipien

aber nach neuen Konstruktionen ergänzt und eine neue Fernsteuerungsanlage für Handeck und Innetkirchen eingebaut, nachdem die bisherige nach fast 15jährigem Dauerbetrieb in den wohlverdienten Ruhestand tritt. Im unterirdischen Kraftwerk

seinen proportionalen Anteil an den Jahreskosten zu tragen.

Für den Absatz der Energie bestehen keine Schwierigkeiten, denn gerade in der heutigen Zeit des Brennstoffmangels erfüllen die Elektrizitäts-

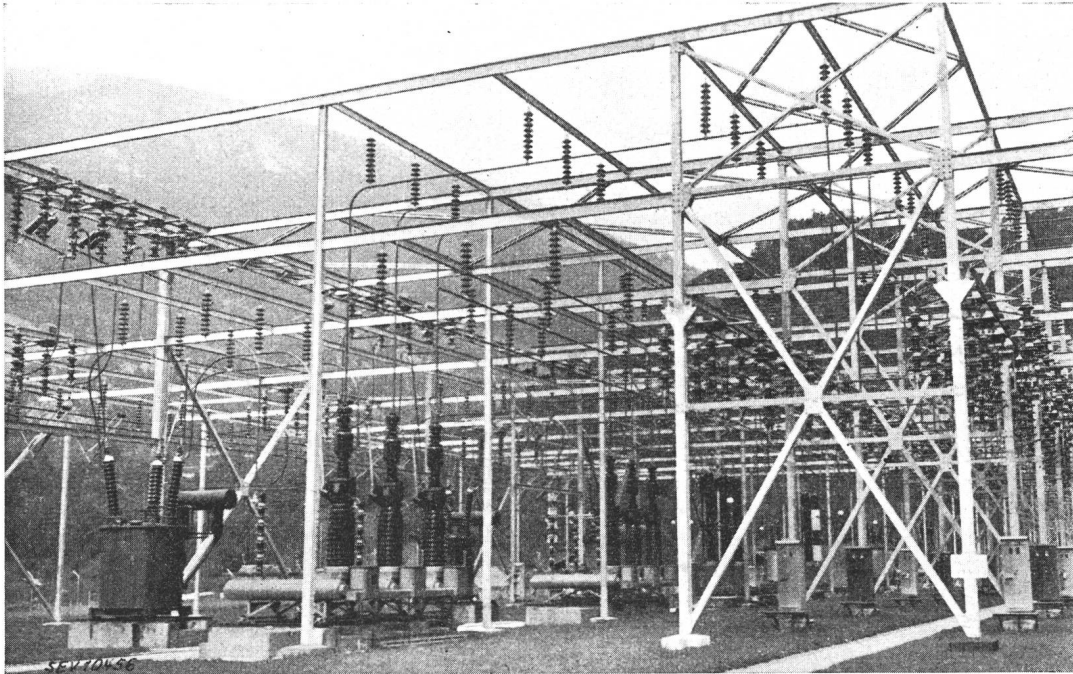


Fig. 20.
Blick in die 150-kV-Schaltanlage

Innetkirchen selbst sind wohl pro Maschine die nötigen Instrumente zu einem richtigen Maschinentableau vereinigt, die Regulierung geschieht aber vom erwähnten Kommandoraum aus durch Fernsteuerung. Die im Kraftwerk anwesenden Maschinenisten haben also nur beim Anlassen und Abstellen der Maschinen mitzuwirken und ihre Bedienungstätigkeit im übrigen auf die Kontrolle und Wartung zu beschränken.

6. Allgemeines

Die Erstellungskosten des neuen Kraftwerkes (ohne die Freileitungen) sind auf etwa 45 Millionen Franken veranschlagt worden, wobei in diesem Betrage Teuerungszuschläge soweit als möglich berücksichtigt sind. Die Kraftwerke Oberhasli A.-G. nahmen für den Bau der neuen Anlage keine Erhöhung des Aktienkapitals vor. Dieses beträgt 36 Millionen Franken, wobei $\frac{3}{6}$ der Aktien im Besitze der BKW sind, und je $\frac{1}{6}$ der Aktien der Kanton Basel-Stadt, die Stadt Bern und die Stadt Zürich innehaben. Die Stadt Zürich ist dieser Aktiengesellschaft durch Gemeindebeschluss vom 28. August 1938 beigetreten und hat ihren Aktienbesitz von 6 Millionen Franken von den BKW übernommen.

Jeder der 4 Aktionäre hat nach Vertrag entsprechend seinem Aktienbesitz Anspruch auf Leistung und Energie aus der Gesamtanlage der Oberhasli Kraftwerke, und jeder ist auch verpflichtet,

werke, vor allem die Speicherwerke, eine der wichtigsten Aufgaben unserer Volkswirtschaft. Mit dem Ausbau der zweiten Stufe der Oberhasli-Kraftwerke werden aber nicht nur grössere Energiemengen produziert und eine sehr willkommene Steigerung des Angebotes an elektrischer Energie erzielt; mit dem erwähnten Bau der neuen Transportwege der elektrischen Energie erhöht sich auch die Betriebssicherheit der Netze der BKW und der drei angeschlossenen Städte und wachsen die Versorgungsmöglichkeiten der diesen Werken angeschlossenen Konsumgebiete, da diese neuen Uebertragungsleitungen durch andere Landesgegenden führen als die bestehenden Verbindungen.

Mit dieser kurzen Uebersicht dürften die hauptsächlichsten Objekte dieser neuen, wichtigen und interessanten Anlage unsern Lesern und den Teilnehmern der Exkursion in Erinnerung gerufen werden. Wir hoffen, nach Fertigstellung des Werkes noch eine genauere Beschreibung einzelner Teile bringen zu können und wünschen den Kraftwerken Oberhasli, dass es ihnen, wie versprochen, gelingen werde, die Anlage zu Nutz und Frommen unserer bedrängten Energiewirtschaft Ende 1942 fertig zu bringen, was man ihnen um so mehr gönnen möchte, als sie wirklich in grosszügiger Weise dafür gesorgt hatten, das nötige Material — viele tausend Tonnen Eisen und Kupfer — rechtzeitig zu beschaffen.

Die Projektierung und Bauleitung des elektromechanischen Teiles lag in den Händen von Oberingenieur F. Aemmer, Betriebsleiter der Kraftwerke Oberhasli A.-G., und der Ingenieure E. Maurer und H. Ludwig. Die örtliche Montageleitung besorgten die Herren H. Stalder und H. Lienhard. *A. K.-Bz.*

Die Montage der elektromechanischen Ausrüstung des Maschinenhauses Innertkirchen ist so weit fortgeschritten, dass die erste 47 500-kVA-Maschinengruppe bereits am 13. September 1942 und die zweite Gruppe am 27. September zu einem kurzen Probelauf in Betrieb genommen werden konnte. Da die 12 km langen Zuleitungsstollen vom Maschinenhaus Handeck zur Kaverne Innertkirchen in diesem Zeitpunkt noch nicht betriebsbereit waren, konnte der Antrieb der Maschinengruppen zu diesen Probeinbetriebsetzungen allerdings nicht in der üblichen Weise, d. h. durch ihre Wasserturbinen erfolgen, sondern die Generatoren wurden vielmehr als Motoren betrieben, wobei ihnen die Antriebsenergie von einem der 30 000-kVA-Generatoren des Maschinenhauses Handeck zugeführt wurde. Der Anlaufvorgang der Gruppen stellte dabei besondere Probleme, insbesondere da die antreibenden und die angetriebenen Maschinen 12 km voneinander entfernt liegen, wobei die elektrische Verbindung zwischen diesen beiden Maschinen infolge der Zwischenschaltung von drei Transformatoren, sowie von 5 km 50-kV-Kabel, 7 km 50-kV-Freileitung und 0,5 km 150-kV-Kabelleitung, eine hohe Impedanz aufwies (ca. 50 %, bezogen auf 47 500 kVA). Der Anlauf erfolgte nach dem elektrischen Zusammenschluss des Generators Handeck mit dem Generator Innertkirchen synchron vom Stillstand aus, durch langsame Beaufschlagung

der Turbine Handeck, nachdem beide Generatoren schon im Stillstand mit einem Strom entsprechend der Leerlaufspannung erregt waren. Da aber infolge der hohen Impedanz der Verbindungsleitungen das im Generator Innertkirchen verfügbare Drehmoment nicht ausreichte, um die Anlaufreibung des Spurlagers zu überwinden, war es notwendig, die Gruppe Innertkirchen vorerst durch mechanischen Antrieb in langsame Drehung zu setzen. Dies erfolgte durch Anziehen des Laufrades mit Hilfe eines 13-t-Krans, wobei die Gruppe durch sechs am Laufrad treibende Arbeiter in langsamer Drehung gehalten werden konnte, sobald sich zwischen den Laufflächen des Spurlagers der Oelfilm gebildet hatte. Von dieser langsamen Drehung aus gelang dann das Auffahren ohne besondere Schwierigkeiten. Die normale Drehzahl wurde innerhalb von 10 Minuten erreicht. Der während des Anlaufes aufgenommene Statorstrom betrug etwa 15 % des Normalstromes, und er ging nach Erreichung der stationären Drehzahl auf einen bedeutend kleineren Wert zurück.

Der Probelauf jeder Maschinengruppe dauerte mehrere Stunden. Es zeigte sich dabei, dass diese Maschinen trotz ihrer beträchtlichen Höhe von 14 m ohne irgendwelche schädlichen Vibrationen laufen und dass sich sowohl die Spurlager als auch die Führungslager durchaus normal verhalten.

Es ist bemerkenswert, dass vom Zeitpunkt der Inangriffnahme der Ausbrucharbeiten der unterirdischen Kaverne bis zu diesen probeweisen Inbetriebsetzungen der beiden ersten Maschinen weniger als zwei Jahre verflossen sind, eine Zeitspanne, welche beim Umfang der zu bewältigenden Arbeiten als ausserordentlich kurz bezeichnet werden darf. *Ae.*

Die Lebensdauer der Kohleschleifstücke von Trolleybus-Stromabnehmern

Von W. Werdenberg, Winterthur

621.336.324

Die Verkehrsbetriebe der Stadt Winterthur haben eine genaue Statistik über das Verhalten sämtlicher Trolleybuskohleschleifstücke durchgeführt, einmal um die verschiedenen Fabrikate zu vergleichen, dann aber auch, um die zur Verlängerung der Lebensdauer der Kohleschleifstücke nötigen Massnahmen herauszufinden. Es zeigte sich, dass die bisher erreichte Lebensdauer der Kohleschleifstücke für einen wirtschaftlichen Betrieb genügt. Wichtig ist die sorgfältige Ueberwachung der Kontaktleitung und die Verbesserung der Konstruktionen; durch eine Verminderung der Zahl der Querschnittsveränderungen lässt sich die Lebensdauer erhöhen. Es wird empfohlen, Einrichtungen anzubringen, die verhüten, dass die Schleifstücke an vereisten oder mit Rauhreif behängten Fahrdrähten gleiten müssen.

Les services compétents de la Ville de Winterthur ont établi une statistique précise du comportement de tous les frotteurs en charbon des prises de courant des trolleybus, afin de comparer les différentes marques et de rechercher les moyens propres à prolonger la durée de ces frotteurs. La durée atteinte jusqu'ici par ces pièces est suffisante pour assurer une exploitation économique. Il est important de surveiller l'état des fils de contact et d'améliorer les constructions; en réduisant le nombre des changements de sections, la durée des frotteurs est prolongée. On recommande de monter des dispositifs qui évitent aux frotteurs de devoir glisser le long de fils de contact recouverts de glace ou de givre.

1. Einleitung

Am 28. Dezember 1938 wurde von den Verkehrsbetrieben der Stadt Winterthur eine erste, doppelspurige Trolleybuslinie von 3,1 km Länge in Betrieb genommen. Die Gleitschuhe der Stromabnehmer wurden von Anfang an mit Kohleschleifstücken ausgerüstet. Bei der Montage der nach dem System Kummmer & Matter elastisch aufgehängten Kontaktleitung wurde darauf geachtet, dass soweit als

möglich Schläge auf den Gleitschuh vermieden werden. Die Profile des Fahrdrabtes, des Gleitschuhes und der Drahthalter zeigt Fig. 1.

Am 24. Juli 1941 wurde diese erste Trolleybuslinie um 4,2 km Doppelspur verlängert. Die Fahrleitung wurde nach dem bisherigen System aufgehängt. Auch diese Leitung wurde von Anfang an mit Kohleschleifstücken befahren.