

# Das Kraftwerk Innertkirchen, die zweite Stufe der Oberhasliwerke

Autor(en): **Kaech, A. / Juillard, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **119/120 (1942)**

Heft 3

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-52395>

## **Nutzungsbedingungen**

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

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

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

## **Haftungsausschluss**

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

INHALT: Das Kraftwerk Innertkirchen, die zweite Stufe der Oberhasliwerke. — Vom Studentenheim an der E. T. H. — Die neue Schlachthofanlage in Schaffhausen. — Mitteilungen: Vereinigung Schweizerischer Strassenfachmänner. Stählerne Bogenbrücke von 345 m Spannweite.

Wasserkräfte im Oberwallis. Persönliches. — Nekrologe: Josef Zemp, Arnold Bosshard. — Literatur. — Wettbewerbe: Neubau der Zentralbibliothek Solothurn. Motta-Denkmal in Bern. Billige Wohnhaustypen für Luzern. — Mitteilungen der Vereine.

Band 120

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich  
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 3



## Das Kraftwerk Innertkirchen, die zweite Stufe der Oberhasliwerke

Nach Angaben der Bauleitung der Kraftwerke Oberhasli, insbesondere von Direktor Dr. h. c. A. KAECH und der Oberingenieure H. JUILLARD und F. AEMMER zusammengefasst von Ing. W. Jegher

### I. Allgemeines

Nach Gründung der Kraftwerke Oberhasli A.-G. (KWO) als Tochtergesellschaft der Bernischen Kraftwerke (BKW) am 20. Juni 1925 hat diese Unternehmung die erste Stufe, Grimselsee-Kraftwerk Handeck, vom Frühjahr 1925 bis zum Herbst 1932 zur Ausführung gebracht. Die Kenntnis dieser Anlagen, über die verschiedene Veröffentlichungen<sup>1)</sup> bestehen, ist unerlässlich zum Verständnis der nunmehr im Ausbau begriffenen zweiten Stufe Handeck-Innertkirchen.

**Energiewirtschaft, Hydrologie, Erfahrungen.** Schon während der Bauzeit der ersten Stufe (1929—32) wurden in der Zentrale Handeck 372 Millionen kWh und in der neunjährigen Betriebszeit seither (1933—41) bis Ende 1941 2215 Mio kWh, zusammen also 2587 Mio kWh (ab den Generatorklemmen) erzeugt. Im Projekt vom Mai 1924 war die Energieproduktion zu 223 Mio kWh jährlich berechnet worden; in der Praxis sind im Mittel jährlich 235 Mio kWh produziert worden. Die bessere Kenntnis, die durch direkte Messungen im Betrieb sowohl über die hydrologischen Verhältnisse als auch über den Nutzeffekt gewonnen worden ist, hat gezeigt, dass die theoretische Produktionsmöglichkeit 250 Mio kWh gleichmässige Jahresenergie beträgt.

Die Eigenart der Energieproduktion des Kraftwerkes Handeck und damit auch ein grosser Teil seines wirtschaftlichen Wertes beruht auf zwei wichtigen Umständen: 1. Die Energieproduktion ist dem Konsum sehr gut angepasst, weil im Winter das Produktionsvermögen ebenso gross ist wie im Sommer. 2. Im Gegensatz zu den meisten Hochdruck- und Flusskraftwerken, bei denen die Produktionsmöglichkeit je nach der Wasserführung in den einzelnen Jahren um 20 bis 30 und mehr % schwankt, sind auf der Handeck alljährlich praktisch gleich grosse Wassermengen zur Ausnützung verfügbar. In sehr heissen, trockenen Sommern (wie z. B. 1911 oder 1921, wo die Flüsse im Unterland schon sehr früh stark zurückgegangen sind), ist auf der Handeck sogar eine besonders günstige Wasserführung vorhanden. Aber auch bei Hochwasser in den Unterläufen ist die Produktionsmöglichkeit auf der Handeck immer voll vorhanden. Diese Energiequelle ist also eine sehr zuverlässige. Die Gründe hierfür sind einfach: grosse Vergletscherung des Ein-

zugsgebietes und günstige Bedingungen, die der Gletschertrog auf der Grimsel für die Anlage eines grossen Stausees geboten hat. Ein ähnlich günstiges Staubecken lässt sich im ganzen Alpengebiet nicht mehr finden.

Im Folgenden seien die Erfahrungen, die beim Betrieb dieses Wasserspeichers gemacht worden sind, kurz dargelegt. Der Einstau des Gletschers durch den See hat seinerzeit zu ersten Bedenken Anlass gegeben; das war mit ein Grund, weshalb der erste Projektant das Stauziel wesentlich tiefer gewählt hatte. Man hegte die Befürchtung, dass der Gletscher durch grosse Abbrüche, sogenannte Eiskälber, Schwierigkeiten bereiten könnte, indem starker Wellenschlag Zerstörungen auslösen würde. Ein weiteres Bedenken war, dass der Gletscher von etwa 1920 an nochmals in den See vorstossen und einen Teil von dessen Nutzvolumen ausquetschen könnte. In der natürlichen Entwicklung hat sich das Gegenteil eingestellt. Nachdem die Gletscher in den 60er und 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts den grössten Vorstoss aufwiesen, sind sie nachher zurückgegangen, auch in den letzten 10 bis 20 Jahren noch. Beim Oberaargletscher ist nun noch eine ganz besondere Erscheinung zu verzeichnen: statt wie vorher normal etwa 8 bis 10 m pro Jahr zurückzugehen, hat er sich seit dem Einstau jährlich um 20, 30, ja 60 m zurückgezogen, durch Abschmelzung. Statt Stauvolumen zu verlieren, hat man seit den früheren Aufnahmen etwa 2 1/2 % an Volumen gewonnen.

Eine der grössten Sorgen bildete die Energieübertragung Handeck-Guttannen. Bekanntlich war damals die Technik der Kabelübertragung gerade so weit entwickelt, dass sie die gewählte Lösung mit der Zentrale in Handeck überhaupt erlaubte. Nun ist aber die Energieübertragung auf dieser Kabelstrecke gar nie unterbrochen worden in den 14 Jahren, seitdem sie im Gang ist.

**Projektierung der zweiten Stufe.** Im Projekt vom Jahre 1924 für die Ausnützung des Talabschnittes Handeck-Innertkirchen war vorgesehen, das Gefälle in zwei Stufen zu konzentrieren, in den Kraftwerken Boden und Innertkirchen. Dieser Vorschlag war unter den damaligen Verhältnissen zweckdienlich, weil sich damit weitere Diskussionen über die erste Baustappe erübrigen liessen, indem für die beiden untern Werke die Verhältnisse sowohl in geologischer als auch in technischer Hinsicht sehr einfach waren. Man hätte auch mit der zweistufigen Unterteilung des Gefalles Handeck-Innertkirchen die Energieproduktion besser der damals voraussehbaren Bedarfsentwicklung anpassen können; für die Möglichkeiten des Stromabsatzes konnte man nur mit den BKW als alleinigem Aktionär der KWO rechnen. Schon während der Erstellung des Handeckwerkes sind dann aber noch die Stadtgemeinde Bern und der Kanton Baselstadt und im Jahre 1939 auch noch die Stadtgemeinde Zürich den KWO als Aktionäre mit zusammen der Hälfte des Aktienkapitals und der Hälfte des Energiebezugs beigetreten, sodass für die Weiterentwicklung eine breitere Basis geschaffen worden ist, als sie ursprünglich für das Handeckwerk vorhanden war. Die weiteren Studien, die die Bauleitung schon während des Baues des Handeckwerkes in geologischer und bautechnischer Hinsicht angestellt hat, haben dann gezeigt, dass es möglich ist, diese ganze Gefällsstrecke in einer Stufe, also in einem einzigen Werk in Innertkirchen zu konzentrieren.

Die Baukosten dieser einstufigen Ausnützung werden erheblich kleiner als diejenigen beim zweistufigen Ausbau, weil mit dem einstufigen Ausbau die Produktion der gesamten Energie unmittelbar neben der Schaltstation Innertkirchen erfolgen kann, während beim Kraftwerk Boden noch eine komplizierte und daher

<sup>1)</sup> In der Schweiz. Bauzeitung:

Darstellung des Bauprojektes Bd. 85, S. 13\*, 28\* (1925); Darstellung der Bauausführung Bd. 92, S. 155\* (1928). Ferner: «Die Hochspannungsleitung Guttannen-Innertkirchen», von W. Dietrich, Bd. 97, S. 314\* (1931). — «Wassermessungen in der Zentrale Handeck», von W. Dietrich, Bd. 99, S. 1\*, 20\* (1932). — Bilder vom fertigen Werk, Bd. 100, S. 256\*, 258\* (1932). — Wirkungsgrade der Peltonurbinen, Bd. 101, S. 171 (1933). — «Die Spittalamm-Sperre», von H. Juillard, Bd. 107, S. 229\*, 254\*, 268\* (1936).

Andere Veröffentlichungen:

Denkschrift über den Bau des Kraftwerkes Handeck, herausgegeben anlässlich der Kollaudation, 1./2. Oktober 1932, bearbeitet von Fürsprecher W. Jahn, Direktionssekretär der BKW; Bern 1932. — Von den Wasserkräften des Oberhasli, von W. Jahn, in der Broschüre «Grimsel»; Innertkirchen 1939, Herausgeber KWO.

teure Energieübertragung nach Innertkirchen nötig geworden wäre. Man kann mit dem einstufigen Ausbau an Baukosten rd. 15 Mio Fr. ersparen, ohne an Energieproduktion etwas einzubüssen.

Ein entsprechendes Studienprojekt hat die Bauleitung im Mai 1929 der Verwaltung der KWO vorgelegt. Zur Prüfung dieses Projektes haben damals die KWO gemeinschaftlich mit der Berner Regierung eine Expertenkommission bestellt, bestehend aus den Ingenieuren Dr. H. E. Gruner (Basel) und Prof. Dr. E. Meyer-Peter (Zürich), sowie den Geologen Prof. Dr. E. Hugli (Bern) und Prof. Dr. M. Lugeon (Lausanne). Nachdem auch dieses Gutachten den einstufigen Ausbau befürwortet hatte, wurde eine entsprechende Konzessionsänderung beantragt. Am 23. April 1938 bewilligte der Verwaltungsrat der KWO 350 000 Fr. für Konzession und Vorarbeiten. Gemäss diesem Beschluss wurde alsbald die erforderliche Organisation für die Projektierung und Ueberwachung der Bauarbeiten getroffen. Deren Leitung wurde Ing. Dr. A. Kaech übertragen, als seine Mitarbeiter wurden Ing. H. Juillard für den baulichen und Ing. F. Aemmer, Betriebsleiter KWO, für den elektro-mechanischen Teil bestellt. Unterm 22. August 1939 ist die frühere Konzession für die Kraftwerke Boden und Innertkirchen zu einer einheitlichen Konzession für das Kraftwerk Innertkirchen zusammengefasst worden.

**Ausbaugrösse.** Gegenüber dem Projekt 1929 ist das hydraulische Leistungsvermögen der Anlage im *Bauprojekt vom Dezember 1939* vergrössert worden. Das Werk Innertkirchen wird nämlich so angelegt, dass es mit seinem Bruttogefälle von 672 m nicht nur das Abwasser der Zentrale Handeck (rd. 20 m<sup>3</sup>/s beim jetzigen Ausbau), sondern 36 m<sup>3</sup>/s verarbeiten kann. Es ist nämlich möglich, in einer spätern Etappe sowohl die Akkumulieranlagen zu vergrössern, als auch den Abfluss vom Gauligletscher auszunützen. Die Kosten für die Offenhaltung dieser spätern Entwicklung, die der jetzigen grössern Absatzbasis der KWO entspricht, sind verhältnismässig gering, sie betragen etwa 2,5 Mio Fr. und machen sich übrigens schon durch eine bessere Gefällsausnützung beim heutigen Ausbau bezahlt.

Beim jetzt vorgesehenen Ausbau des Kraftwerks Innertkirchen, bei dem vorläufig nur das Abwasser der Zentrale Handeck und das Wasser des Zwischeneinzugsgebietes (namentlich Bächlisbach und Aerenbach) zur Verfügung steht, können an gleichmässiger Jahresenergie rd. 240 Mio m<sup>3</sup> verarbeitet und damit rd. 350 Mio kWh produziert werden. Daneben sind in den Sommermonaten aus den nicht akkumulierten Zuflüssen der Zwischen- und Nebeneinzugsgebiete noch weitere rd. 70 Mio kWh Saisonenergie produzierbar. Schon dieser erste Ausbau bringt also eine Energieproduktion, die rd. 50 % grösser ist als diejenige des Handeckwerkes.

Der *Kostenvoranschlag* des mit drei Maschinensätzen von je 56 000 PS ausgebauten Projektes bezieht sich auf 44,86 Millionen Fr., Preisbasis 1939. Die voraussichtlichen Gesteungskosten der Energie betragen rd. 1 1/4 Rp./kWh für diese untere Stufe (bzw. 2 Rp./kWh für beide Stufen zusammen). Dieser Preis ist in Anbetracht der Qualität der Energie (regulierbare Energie, die nach Stunden ausgeschöpft werden kann und die man der Tageskurve sehr gut anpassen kann, die auch das ganze Jahr hindurch sehr gleichmässig vorhanden sein wird) günstig, für schweizerische Verhältnisse sogar aussergewöhnlich günstig. Es sind nur im hohen Norden Anlagen bekannt, wo man zu ähnlich günstigen Bedingungen elektrische Energie aus Wasserkraft fördern kann. Die günstigen Gesteungskosten der Energie rühren davon her, dass die Akkumulieranlagen bereits mit der obern Kraftwerkanlage ausgeführt worden ist und ferner davon, dass mit 1 m<sup>3</sup> Wasser zufolge des grösseren Gefalles und der direkten Transformierung auf Transitspannung im Kraftwerk Innertkirchen statt 1,14 nunmehr 1,49 kWh erzeugt werden können.

**Uebersicht über das Projekt.** Die Abb. 1, 2 und 3 geben diese in grossen Zügen. Das Betriebswasser tritt unmittelbar aus dem Ablaufkanal der Zentrale Handeck in den Zulaufstollen der zweiten Stufe am rechten Talhang. Zum Ausgleich allfälliger

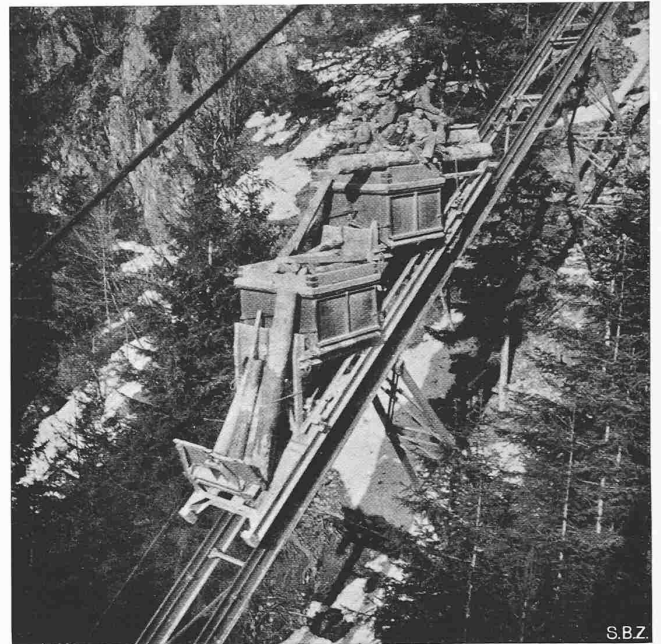


Abb. 4. Standseilbahn Urweid-Kapf

Tagesschwankungen zwischen den Verbräuchen der beiden Zentralen Handeck und Innertkirchen ist ein Ausgleichweier vorgesehen. Der Zulaufstollen von 8,5 m<sup>2</sup> lichtigem Querschnitt und 9,95 km Länge zwischen Handeck und Wasserschloss wird gebaut von seinen beiden Enden und von vier Stollenfenstern aus: Stäubenden, Mittagfluh, Hostett und Benzlauri. Unterwegs nimmt er drei kleinere Seitenbachfassungen auf: Rotlaubibach, Hostettbach und Benzlauribach. Das Wasserschloss im Kapf, 600 m oberhalb der Urweid an der Grimselstrasse, ist nach ganz neuen Prinzipien geformt und stellt eigentlich nur einen Punkt des Gefällsbruches (dem die nötigen Entlastungs- und Reservewasserräume usw. schlank angefügt sind) in der kontinuierlichen Wasserzuleitung dar, die oberhalb des Wasserschlosses mit rd. 4,9 ‰, unterhalb desselben mit 61,6 ‰ Gefälle verläuft. Sie wird vom Wasserschloss an als Druckschacht bezeichnet. Für dessen Bau hat man drei Stollenfenster vorgetrieben: Schratzen, Mittelegg und Rieseten. Im letztgenannten sind Versuche über die Auskleidung der Stollen vorgenommen worden. Zum Bau des Wasserschlosses und des Druckschachtes sind von der Urweid aus sowohl eine Luftseilbahn als auch eine Standseilbahn nebeneinander erbaut worden; die zweite, eine sehr interessante Konstruktion, bleibt auch später bestehen. Auf die genannte, 1094 m lange Steilstrecke des Druckschachtes folgt ein 816 m langer Abschnitt von nur mehr 12,3 ‰ Gefälle, an den sich die Verteilungen anschliessen. Diese liegen vollständig im Fels, ebenso die ganze Zentrale, die eine Kaverne von 100 m Länge, 19,5 m Breite und 26 m Höhe beansprucht<sup>2)</sup>. Der 1,3 km lange Unterwasserkanal schliesslich verläuft ebenfalls als Stollen bis zu

<sup>2)</sup> Diese Disposition wurde nicht allein wegen des drohenden Krieges mit Rücksicht auf Sicherheit gegen Luftangriffe, sondern schon lange vorher wegen ihrer übrigen Vorteile gewählt: Verteilungen im Fels eingebettet, der sich an der Druckaufnahme beteiligt, daher Materialersparnis und Sicherheitsgewinn, ferner Schutz gegen Steinschlag, Erhaltung eines unberührten Landschaftsbildes. Als ältestes schweizerisches Beispiel einer Kavernen-Zentrale sei das Werk Pissevache (Vernayaz) der Lonza erwähnt. Pioniere auf diesem Gebiete waren die Skandinavier (Porjus 1910/14), die Franzosen (Bâton 1919/25, Brommat 1933) und Italiener (Coghinas 1925/27 bis Ponte Gardena 1938). Eine ausführlich illustrierte Zusammenstellung über Kavernen-Zentralen veröffentlichte «Energia Elettrica», Heft 2/1935, S. 94 bis 116.

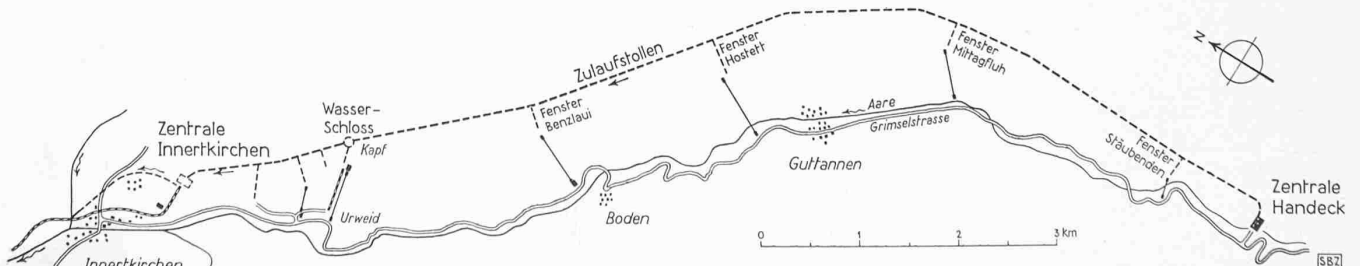


Abb. 2. Lageplan 1:70 000 der Stufe Handeck-Innertkirchen

Abb. 2 und 4 bis 7 bew. Nr. 6057 BRB 3. 10. 39



Abb. 5. Obere Endstation (Wasserschloss im Kapf) der Standseilbahn

seiner Ausmündung in das Gadmerwasser, kurz oberhalb der Stelle, wo dieses sich mit der Aare vereinigt. Die durch vorläufig drei, später maximal fünf vertikalaxige Maschinengruppen erzeugte Energie wird von den Generatoren, bzw. den ihnen zugeordneten Transformatoren über Kabel der nahen Freiluft-Schaltstation Innertkirchen zugeführt, die bereits seit mehr als zehn Jahren als Steuer- und Verteilanlage der Zentrale Handeck in Betrieb steht und nur entsprechend erweitert werden musste.

II. Die Vorarbeiten

**Luftseilbahnen.** Um die grösstenteils sehr abgelegenen und schwer zugänglichen Baustellen zu bedienen, sind 1938 die Luftseilbahnen zum Kapf und zum Druckschacht-Fenster Mittelegg und 1939 die vier Seilbahnen zu den Zulaufstollenfenstern gebaut worden. Dazu konnte grösstenteils das Material der grossen Luftseilbahn Innertkirchen-Grimsel aus der Bauzeit der ersten Stufe verwendet werden. Ueber die Daten der einzelnen Bahnen gibt nachstehende Tabelle Auskunft. Alle Bahnen arbeiten im Pendelbetrieb mit elektrischem Antrieb am untern Ende und sind mit automatischen Endausschaltern versehen. Mit Ausnahme der Bahn Hostett, wo ein 150 m langer Horizontalweg das Stollenfensterportal mit der oberen Station (Abb. 6) verbindet, liegt diese jeweils beim Fensterportal. Besonders ausgezeichnet ist die Bergstation Mittagfluh (Abb. 7) dadurch, dass sie direkt in die Felswand eingelassen ist; die andern Bergstationen liegen in sehr steilen, aber immerhin noch mit Vegetation bewachsenen Halden.

Daten der Luftseilbahnen

Bahn :	Mittel-egg	Kapf	Benz-lau	Hostett	Mittag-fluh	Stäu-benden
Länge	m 510	1060	890	600	610	290
Höhenunterschied	m 246	630	402	251	165	58
Nutzlast	t 0,5	0,8	1,5	1,5	1,5	0,8
Fahrtgeschwindigkeit	m/s 2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
Fahrzeit	min 4	7	6	4	4,5	2,5
Anzahl Tragseile	2	2	4	4	4	4
Ø Tragseile	mm 24	36	29,4/34	29,4	29,4	29,4
Ø Zugseile	mm 15/13	22	22	20	20	15/13

**Standseilbahn zum Wasserschloss.** Ihr Tracé verläuft parallel zu der im Jahre 1938 erstellten Luftseilbahn. Sie dient hauptsächlich dem Transport schwerer Lasten, wie es die Panzerung des Druckschachtes und Wasserschlosses mit sich bringt — Rohrschüsse bis zu 10 Tonnen — und ferner dem Transport des Ausbruchmaterials des Wasserschlosses und der anschliessenden Teile des Zulaufstollens und Druckschachtes, da eine Deponie des Schuttes an dieser Steilhalde unmöglich war. Der von der Bahn zu befördernde Felsausbruch auf die Deponie in der Urweid beträgt rd. 65 000 t.

Die Antriebsstation mit der grossen Seilwinde befindet sich am obern Bahnhende. Umladepätze wurden beim obern und untern Wasserschloss-Baufenster errichtet, wie auch für das Fenster Schratzen, das durch einen 150 m langen Weg mit der Seilbahn verbunden ist.

Technische Hauptdaten der Standseilbahnen

Effektive Geleiselänge	1030 m
Höhenunterschied zwischen den Endstationen	608 m
Bahnneigung	12 ÷ 100 ‰
Nutzlast	11,5 t
Fahrtgeschwindigkeit (je nach Last)	1,1 bzw. 1,85 m/s
Fahrzeit	9 bzw. 15 min
Drahtseil mit 6-facher Sicherheit	Ø 35 mm
Motorleistung	205 PS

Damit im Winter keine Schneestörungen eintreten können, durfte kein normaler Bahnkörper auf dem Boden hergerichtet werden. Daher ruht die Bahn auf Brückenkonstruktionen aus Stahl. Die Brücken sind einfache, leichte Vollwandbalken mit Spannweiten von 10 bzw. 5 m auf Pendeljochen, die normal zur Bahn stehen (Abb. 4) und auf einzelnen Betonmassiven fundiert sind, die teilweise in Erde und teilweise auf Fels verankert sind. Die Schienen liegen unmittelbar auf den Längsträgern. Die grösste Brückenlänge beträgt 150 m. Für den ganzen Bahnunterbau wurden 1240 m<sup>3</sup> Beton und 230 t Stahlkonstruktionen und Schienen benötigt.

Der grossen Steilheit des Bahntracé entsprechend waren die Vermessungsarbeiten, die Bauausführungen und die Materialtransporte mit grösseren Schwierigkeiten verbunden. Die bestehende Luftseilbahn erwies sich dabei für Transporte von Kies und Stahlträgern von grösster Nützlichkeit. Gleichzeitig wurden noch einige Hilfsseilbahnen mit Rollwagenbetrieb installiert, die hauptsächlich dem Betontransport dienen.

Mit den Arbeiten für den Bahnunterbau wurde im Juli 1939 begonnen, die Montage-Arbeiten wurden im Dezember 1939 organisiert und unter sehr erschwerenden Umständen, in Frost

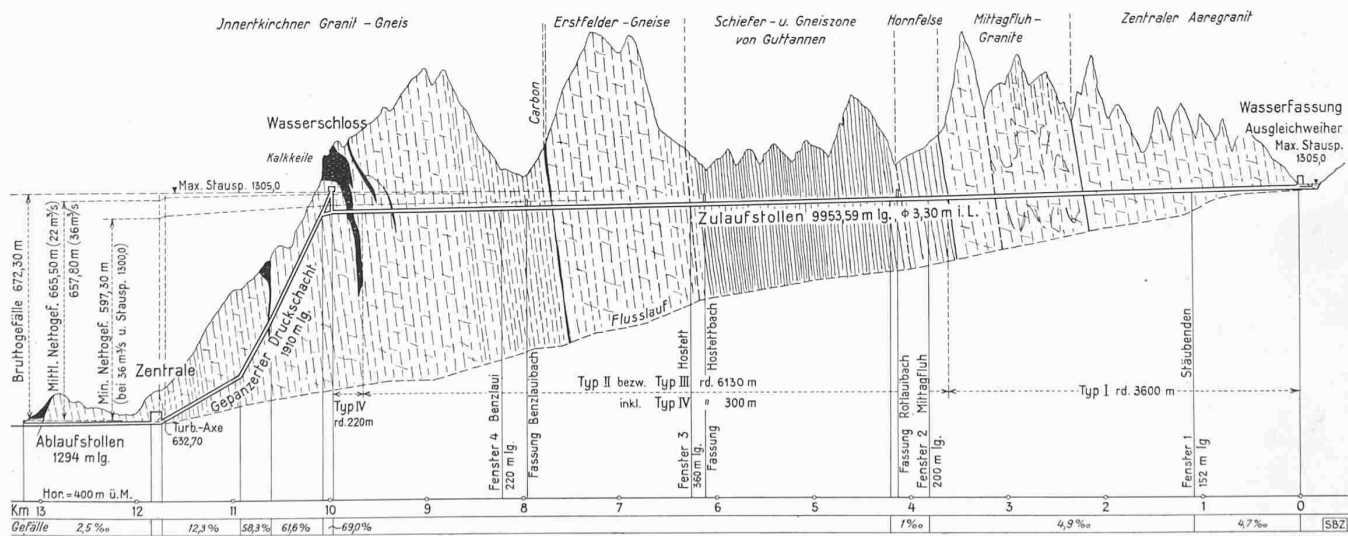


Abb. 3. Längenprofil Handeck-Innertkirchen. Längen 1 : 70 000, Höhen 1 : 20 000. — Römische Zahlen = Stollenauskleidungs-Typen (s. Kap. III)



und Schnee fortgeführt. Alle Betonfundamente sind mit fertig versetzten Fundamentschrauben erstellt worden, was eine ganz sorgfältige Vermessung auf Steilhalden mit einem Gefälle bis zu 80 ‰ und die Anwendung einer besonderen Versetzlehre mit Zielvorrichtung bedingte. Für die Brückenmontage bot es eine grosse Erleichterung, von Anfang an feste Auflager vorzufinden. Bis am 1. Mai 1940 war in der ebenfalls fertigen Windenhalle (Abb. 5) die Antriebsmaschine montiert und auch die weitere mechanische und elektrische Ausrüstung der Bahn installiert, sodass die Betriebsaufnahme erfolgen konnte. Ferner wurde am untern Bahnende für den Umschlag des Ausbruchschuttes ein Aufnahmesilo erstellt.

**Verschiedenes.** *Strassen.* Das unterste Fenster des Druckschachtes (Rieseten), durch das die Panzerrohre der untern Druckschachtstrecke eingeführt werden, ist durch eine Zugangsstrasse mit der Grimselstrasse verbunden. Eine weitere kürzere Zufahrtstrasse war zur neuen Zentrale nötig. In diese Strasse ist ein Geleise eingelegt, das mit dem Bahnhof Innertkirchen verbunden ist.

Die *Energieversorgung* der Baustellen konnte sich zwischen Innertkirchen und Handeck auf die 16 kV Talleitung der KWO stützen, an die bei den Bedarfstellen Transformatoren 16000/380 V angeschlossen wurden.

**Sondierstollen.** Obwohl die ganze rechte Talflanke des Oberhasli aus Granit und Gneis aufgebaut ist, der günstige Prognosen für die Bauausführung und den dauernden Bestand der Anlagen stellen liess, macht einzig die *Zone des Wasserschlosses* und der obersten Partie des Druckschachtes hiervon eine Ausnahme. Der sogenannte Pfaffenkopfkeil (vergl. geologisches Profil, Abb. 3) schiebt sich hier als Sedimentgestein der helvetischen Decke zwischen die Urgesteinschichten ein. Die Beschaffenheit und Ausdehnung dieser Einfaltung, sowie der Kontaktzonen, musste in erster Linie durch einen *Sondierstollen Kapf* abgeklärt werden. Rund 40 m über dem Dom des Wasserschlosses und einige Meter unter der Kontaktfläche angesetzt, erwies der 110 m lange, durch einen Querschlag ergänzte Stollen (vergl. unten Wasserschlossplan), dass das Wasserschloss allseits genügende Granitüberdeckung aufweist. Die in der Kalküberlagerung an der Oberfläche vorhandenen Bergschründe zeichnen sich im Granitmassiv durch Ruschelzonen ab, die aber völlig geschlossen sind.

In unmittelbarer Nähe des bedeutendsten Kalkkeils, den der Druckschacht unterfahren muss, wurde der *Sondierstollen Mittelweg* (zugleich Druckschachtfenster) angelegt, ebenfalls mit einem Querschlag.

Einen andern Hauptzweck hatte der dritte *Sondierstollen*, das *Baufenster Rieseten*: er liegt im sogenannten Innertkirchner Granit, dieser Gneiszone, die sich von oberhalb der Benzlaur im Zulaufstollen, über den Druckschacht, Zentrale und den grösseren Teil des Ablaufkanals erstreckt. Dieser Innertkirchner Granit ist partienweise stark zerklüftet und wasserführend. Im Fenster Rieseten sind in einer solchen schlechten Felspartie Versuche über die Verkleidung des Zulaufstollens und des Druckschachtes durchgeführt worden. Auf diese und weitere *Versuche im Bau-fenster Rieseten* werden wir im Abschnitt «Zulaufstollen» bzw. «Druckschacht» zurückkommen. Da das 350 m lange Fenster Rieseten zum Einführen der Panzerrohre der untern Druckschachtstrecke bestimmt war, wurde es mit einem dementsprechend grossen Profil angelegt.

Diese drei Sondierstollen sind schon 1938 ausgeführt worden; 1939 brachte die Ergänzung durch die Ausführung des *Sondierstollens Rotlaur*, mit dessen Hilfe die tatsächliche Tiefe des mit Schutt erfüllten Taleinschnittes des Rotlaurbaches festgestellt wurde. Der Stollen verläuft in der linken Flanke des Rotlauritals im Hornfelsgranit und hat in der Tiefe von 106 m einen ersten, in 190 m einen zweiten Querschlag. Im ersten wurde nach 37 m Länge der Bachschutt erreicht, beim zweiten nicht mehr, sodass dementspre-



Abb. 6. Obere Endstation der Seilbahn für das Baufenster Hostett

chend die Linienführung des Zulaufstollens festgelegt werden konnte. Der Sondierstollen wird jetzt für die Zwischenwasserfassung des Rotlaurbaches ausgenutzt.

Auch in den Felsbuckel der *Zentrale* ist 1939 ein Sondierstollen getrieben worden, in Scheitelhöhe des Gewölbes. Das Baufenster am Südostende der Zentrale, das dem Felsausbruch der Schieberkammer und der untersten Strecke des Druckschachtes diente, folgte 1940. Beide Aufschlüsse ergaben Innertkirchner Granit ähnlicher Beschaffenheit wie in den Sondierstollen des Druckschachtes: Klüfte und Spalten, aber wenig Wasserandrang. Als besonders vorteilhaft hat sich erwiesen, dass der Fels an dieser von der Natur vorgezeichneten Baustelle der Zentrale völlig entspannt ist. Dies ist sonst am Fuss hoher Felswände oft nicht der Fall. So hatte seiner Zeit z. B. der Protogingranit in der Fundamentsohle der Zentrale Handeck Blähungen und Bergschläge gezeigt.

Im Winter 1939/40 schliesslich sind die vier *Fenster des Zulaufstollens* vorgetrieben worden. Sie weisen alle 3,7 m<sup>2</sup> Querschnitt und 5 ‰ Steigung nach innen auf und haben folgende Längen: Stäubenden (Aaregranit) 152 m, Mittagfluh (Hornfelsgranit) 200 m, Hostett (Abb. 6, stark geschieferte Gneiszone von Gutannen) 360 m, Benzlaur (Innertkirchner Granit, stark gequetscht, auf 80 m Holzeinbau, max. Wasserandrang 50 l/s) 220 m. Beim Fenster Mittagfluh (Abb. 7) musste auch die Kaverne für Kompressor, Schmiede und Magazin aus dem Fels gesprengt werden.

Zu gleicher Zeit sind die beiden Baufenster zum Wasserschloss vorgetrieben und die Fenster des Druckschachtes ergänzt worden.

Objekt	Arbeit	1940				1941				1942																					
		VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Aare-Wasserfassung und Zuleitung	Aushub u. Mauerung																														
	Mech. Ausrüstung																														
Zulaufstollen	Ausbruch																														
	Profilkontrolle, Drainagen, Geleiselegung																														
	Verkleidung u. Injektionen																														
	Anstrich																														
	Druckproben																														
	Fensterabschlüsse, Fertigstellungsarbeiten																														
Wasserschloss	Ausbruch																														
	Verkleidung u. Injektionen																														
	Mech. Ausrüstung																														
	Anstrich																														
	Fensterabschlüsse																														
	Fertigstellungsarbeiten																														
Druckschacht	Ausbruch																														
	Profilkontrolle, Drainagen, Geleiselegung																														
	Verkleidung u. Injektionen																														
	Druckproben																														
	Revision u. Anstrich																														
	Schachtfüllg. u. Einstellg. d. Abschlussorgane																														
Verteilung und Schieberkammer	Ausbruch u. Kammerverkleidung																														
	Rohrpanzerung																														
	Schieber																														
Zentrale	Anstrich																														
	Ausbruch																														
	Mauerung u. Ausbau																														
	Mech. u. elektr. Einrichtungen Montage																														
	Anschluss-Strasse u. -Geleise																														
Erweiterung der Schallanlage	Fertigstellungsarbeiten																														
	Bauliche Arbeiten z. Verbindungskabel																														
	Kabellegung																														
	Bauliche Arbeiten z. Schallanlage																														
	Montage der Eisenkonstruktion																														
Ablaufstollen	Elektr. Ausrüstung																														
	Ausbruch																														
	Verkleidung																														
	Auslauf																														

Abb. 8. Bis Juni 1942 tatsächlicher Baufortschritt, ab Juli Bauprogramm des Kraftwerkes Innertkirchen



Abb. 7. Baufenster Mittagfluh des Zulaufstollens

Die hydraulischen Berechnungen umfassten folgende Hauptprobleme: 1. Berechnung des hydraulischen Längenprofils zur Bestimmung des Nettogefälles. 2. Wasserschlossproblem mit Dimensionierung der Wasserschlosschächte und der Wasserschlosskammer. 3. Hydraulische Verhältnisse im Unterwasserstollen, unter Berücksichtigung der Einmündung ins Gadmerwasser. 4. Druckstossberechnung für den Druckschacht.

Der Zulaufstollen, wie selbstverständlich auch der Druckschacht, sind als Druckstollen, der Unterwasserkanal dagegen ist als Freilaufstollen ausgebildet. Die Dimensionierung der Stollen und des Wasserschlosses erfolgte auf Grund von hydraulischen Berechnungen, wirtschaftlichen Überlegungen und besonders auch mit Rücksicht auf die bauliche Ausführung.

Bei den Berechnungen der Zuleitungsstollen und der Massenschwingung im Wasserschloss durfte mit Rücksicht auf die glatte Ausbildung der Oberfläche im Zulaufstollen mit kleinen Druckverlusten gerechnet werden. Die Stollenstrecke mit den imprägnierten Betonplatten (siehe unten unter Zulaufstollen), wie auch

der mit geölten Blechschalungen betonierte Stollen dürften günstige Rauigkeitswerte ergeben. Der in der Formel von Strickler enthaltene Rauigkeitskoeffizient wurde für den Zulaufstollen und Druckschacht im günstigsten Falle mit  $k = 95$  und im ungünstigsten Falle mit  $k = 70$  eingesetzt; als mittlerer Wert beim Zulaufstollen 80, beim Druckschacht 82. Beim Unterwasserstollen, dessen mit Holzschalung betonierte Seitenwände voraussichtlich ohne Bitumenanstrich bleiben, hat man als Grenzwerte  $k = 55$  und  $75$  eingeführt. Beim Vollausbau auf  $36 \text{ m}^3/\text{s}$  ist von der Handeck bis zu den Turbinen mit einem max. Druckverlust von  $70 \text{ m}$  zu rechnen; für die mittlere Betriebswassermenge von rd.  $15 \text{ m}^3/\text{s}$  ergibt sich noch ein Druckverlust von  $14 \text{ m}$ . Die Wassergeschwindigkeiten betragen bei Vollast im Zulaufstollen  $4,2 \text{ m/s}$  und im Druckschacht  $6,8$  bzw.  $8,0 \text{ m/s}$ .

Für die Wirkungsweise des Wasserschlosses spielen die drei Zwischenwasserfassungen eine zwar nur nebensächliche, aber dennoch interessante Rolle, indem die Koten der Wasserfassungen so gehalten sind, dass beim Abschaltprozess dort eine kleinere Wassermenge als Entlastung in die Seitenbäche austreten kann. Die aus diesen Zwischenwasserfassungen mit einem Einzugsgebiet von je  $3 \text{ km}^2$  zur Verfügung stehende Wassermenge wird pro Fassung im Mittel mit  $200 \text{ l/s}$  erwartet.

Der  $2 \text{ km}$  lange Druckschacht würde bei einem plötzlichen Schliessen bzw. Oeffnen der Turbinen sehr hohen Druckstößen ausgesetzt. Die Schliess- und Oeffnungsgeschwindigkeiten der mit Strahlablekern versehenen Turbinendüsen werden daher so geregelt und zwischen den einzelnen Turbinen abgestuft, dass nie mehr als  $1 \text{ m}^3/\text{s}^2$  abgeschaltet oder zugeschaltet werden kann. Die Druckstöße können so auf  $12\%$  des statischen Wasserdruckes begrenzt werden.

Beim Unterwasserstollen bot hauptsächlich die Einmündungsstelle ins Gadmerwasser einige Schwierigkeiten und hat demnach auch grössere Studien notwendig gemacht. Durch das Ansteigen der Sohle in der Auslauftrumpete (s. unten) soll vermieden werden, dass sich das Betriebswasser mit zu grosser Geschwindigkeit ins Gadmerwasser ergiesst. Umgekehrt dürfen sich, wenn das Gadmerwasser Hochwasser führt, keine Sand- oder Kiesbänke an der Einmündungsstelle ablagern. Durch eine geeignete Formgebung der Auslauftrumpete lässt sich diese Ablagerung weitgehend verhindern. Nur der Rückstau eines ausserordentlich hohen Hochwassers macht sich praktisch bis zu den Turbinenwannen bemerkbar.

Wasserbauliche Modellversuche der Versuchsanstalt für Wasserbau an der E. T. H. Zürich sind zur Abklärung folgender Probleme vorgenommen worden: 1. Wasserschlossproblem. 2. Vorgänge beim Schliessen der Drehklappe im Wasserschloss. 3. Ausmündung des Unterwasserstollens in die Gadmeraare. Wir kommen auf die Versuche zurück in den Abschnitten «Wasserschloss» bzw. «Unterwasserkanal».

Bereitstellen der Baustoffe. Diese unter gewöhnlichen Umständen relativ einfache Aufgabe war bereits erschwert durch den ausgebrochenen neuen Weltkrieg. Hatte früher die Ueberfluss-Krise auf dem schweizerischen Energiemarkt den Bau jahrelang hinauszögern lassen, so änderte sich die Situation in den Jahren 1939/40 verhältnismässig rasch. Mit sicherer Voraussicht der Entwicklung hat daher die Leitung der KWO schon in den

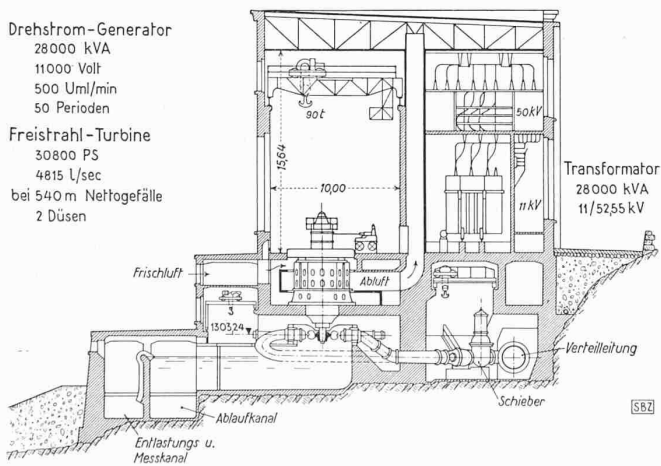


Abb. 10. ZENTRALE HANDECK  
Schnitt 1 : 500

Auskleidung des Druckschachtes Abb. 9:  
Im Abschnitt  $\alpha$  bandagierte Rohre mit Kernwandstärken von 23 bis 51 mm;  
Abschnitt  $\beta$  einfache Rohre, Blechstärke 14 mm;  
Abschnitt  $\gamma$  Verstärkungsrohre, Wandstärke 24 bis 25 mm;  
Abschnitt  $\delta$  Blechstärke 11 bis 12 mm, Längsnähte mit Laschen

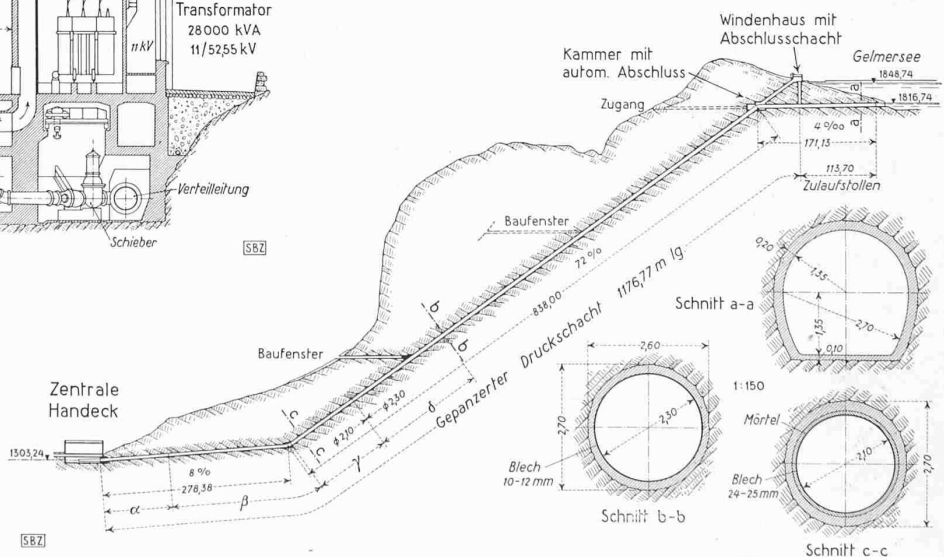


Abb. 9. Druckschacht der oberen Stufe, Zentrale Handeck, Masstab 1 : 10 000, Schnitte 1 : 150

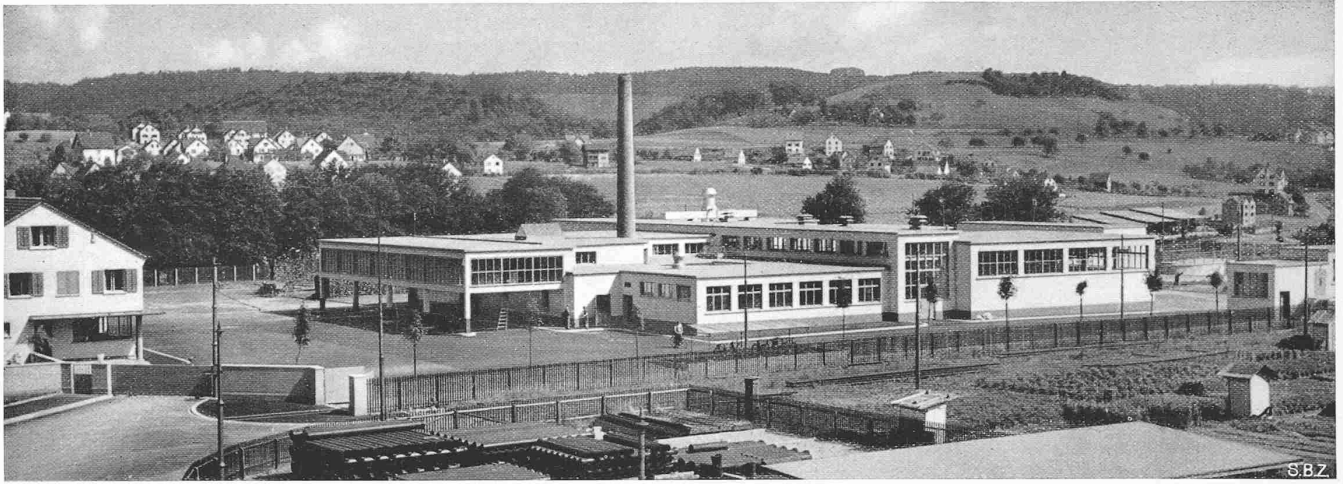


Abb. 2. Schlachthaus Schaffhausen, Gesamtansicht aus Süden. Architekten SCHALCH & RUF, Schaffhausen

Phot. Koch

ersten Monaten des Jahres 1940, ehe die Generalversammlung der KWO am 11. März 1940 den Baubeschluss gefasst hatte, die Hauptbaumaterialien bestellt, so u. a. die elektromechanische Ausrüstung der Zentrale, 400 t Sprengstoffe, 1250 t Rundeseisen, 2650 t Kesselbleche, welche letzte gerade noch knapp vor dem Kriegseintritt Italiens aus den U. S. A. in die Schweiz hinein gelangen konnten. Interessant ist folgender Ueberblick über den

#### Gesamtbedarf an Baustoffen, Bauinstallationen und Verbrauchsmaterialien

	Total
<b>1. Baustoffe :</b>	
Panzerbleche . . . . .	2 650 t
Stahlkonstruktionen . . . . .	380 t
Betonrundeisen . . . . .	1 250 t
Zement . . . . .	25 000 t
Sand . . . . .	40 000 m <sup>3</sup>
Kies (Brechkies) . . . . .	55 000 m <sup>3</sup>
Bitumen- und Pechprodukte . . . . .	500 t
<b>2. Bauinstallationen :</b>	
	3 000 t
<b>3. Leistungen :</b>	
Felsausbruch total . . . . .	230 000 m <sup>3</sup>
Beton total . . . . .	60 000 m <sup>3</sup>
<b>4. Verbrauchsmaterialien :</b>	
Sprengstoff . . . . .	400 t
Zündschnur . . . . .	1200 km
Zündkapseln . . . . .	1 Mio Stk.
Bohrstahl . . . . .	100 t
Schmiedekohle . . . . .	280 t
Karbid . . . . .	200 t
Rohöl . . . . .	220 t
Elektrische Energie . . . . .	12 Mio kWh
Holz . . . . .	5 000 m <sup>3</sup>

**Vergebungen.** Sie sind zur Hauptsache erfolgt in den Monaten Juni bis September 1940. Der Zulaufstollen wurde in drei Lose geteilt: Los 1 (Fenster Handeck und Stäubenden) A.-G. H. Hatt-Haller (Zürich) und Ing. Seeberger (Frutigen). Los 2 (Fenster Mittagfluh) Gemeinschaftsunternehmung Reifler & Guggisberg A.-G. (Biel), F. Meyer (Sitten) und Losinger & Co. A.-G. (Bern). Los 3 (Fenster Hostett, Benzlauri, Kapf) Losinger & Co. A.-G. (Bern). Wasserschloss und Druckschacht wurden vergeben an Losinger & Co., die Zentrale an Ed. Züblin & Cie., A.-G. (Basel), Mitarbeiter Losinger & Co. Der Ablaufstollen schliesslich ist in zwei Lose aufgeteilt worden. Los 1 Ed. Züblin & Cie. (Basel), Los 2 Fl. Prader & Cie. (Zürich). Eine Reihe kleinerer Bauarbeiten wurden an ortsansässige Unternehmer vergeben. Die Rohrpanzerungen wurden ausgeführt von Escher Wyss (Zürich) mit Gebr. Sulzer (Winterthur). Die Kugelschieber liefern v. Roll (Klus), die Turbinen Escher Wyss (Zürich), die Generatoren die Maschinenfabrik Oerlikon, die Transformatoren und 150 kV-Schalter Brown Boveri (Baden) und Sprecher & Schuh (Aarau), die 150 kV Oelkabel die Kabelwerke Brugg und Cortaillod. Ausserdem wurde eine grosse Zahl schweizerischer Firmen für die Lieferung von Maschinen und Apparaten für die umfangreichen Nebenbetriebe herangezogen.

**Das Bauprogramm** ist ersichtlich aus Abb. 8; die Inbetriebnahme des KW Innertkirchen wird voraussichtlich auf das Jahresende 1942 erfolgen können.

Zur Ergänzung unserer früheren, in Fussnote<sup>1)</sup> angeführten Veröffentlichungen zeigen wir hier noch die Schnitte durch den Druckschacht (Abb. 9) und die Zentrale (Abb. 10) des Handeckwerks; sie sind auch wertvoll zum Vergleich mit den entsprechenden Anlagen der zweiten Stufe. (Forts. folgt)

### Vom Studentenheim an der E. T. H.

Unter den heutigen schwierigen Verhältnissen ist ein Hauptzweck des Studentenheims, den Studierenden billige und gesunde Verpflegung zu schaffen, noch wichtiger geworden. Glücklicherweise hat der damit betraute Verband «Volksdienst» unter Leitung von Frau Dr. med. h. c. E. Züblin-Spiller es verstanden, den Betrieb in ebenso vorbildlicher Weise durchzuführen wie bisher. Es ist denn auch die Zahl der Gäste im Schuljahr 1941/42 gegenüber dem Vorjahr um 4% angewachsen.

Die anhaltende Erhöhung der Lebensmittelpreise veranlasste die Betriebskommission und die wirtschaftliche Leitung, auf den Beginn des Wintersemesters 1941/42 den Preis für das Menu von Fr. 1.40 auf Fr. 1.50 und die Tagesplatte von Fr. —.80 auf Fr. —.90 zu erhöhen. Fast gleichzeitig, d. h. auf den 25. November 1941, wurde die sog. «grosse Tagesplatte» zu Fr. 1.10, d. h. die Tagesplatte gemäss 90 Rp. mit etwas grösserer Portion eingeführt. Diese Massnahme hat sich bewährt. Diese Preise konnten dann für das ganze Semester und auch noch für das Sommersemester 1942 gehalten werden. Im Durchschnitt wurden im Berichtjahr vom Studenten pro Konsumation 97 Rp. ausgegeben, 7% mehr als im Vorjahr; seine gesamten Ausgaben für Verpflegung pro Monat dürften durchschnittlich 115 Fr. betragen.

Der Rohgewinn des Wirtschaftsbetriebes macht trotz der erschwerenden Umstände noch 4,5% der Wirtschaftseinnahmen, die Personal- und Verwaltungskosten machen 24% der Wirtschaftsausgaben aus. Einen etwas höheren Betrag als im Vorjahr, nämlich 10 294 Fr., brachte die Vermietung der Zimmer im 2. und 3. Stock. Die Ausgaben für Gebäudeunterhalt beliefen sich auf 4 212 Fr., für Mobiliarunterhalt 1 366 Fr., für Mobiliarneuschaffungen (besonders eine Geschirrwashmaschine) 5 451 Fr.

Die kleine Handbibliothek im Navillezimmer musste leider dieses Jahr aufgehoben werden, nachdem man immer wieder feststellen musste, dass zu viele Bücher entwendet oder beschädigt wurden. So fasste die Betriebskommission im Sommer 1941 den Beschluss, die Bücher der Bibliothek der beiden Zürcher Studentenschaften, der Hauptbibliothek der E. T. H. und den Rest den Arbeitslagern für Emigranten zur Verfügung zu stellen. Diese Veränderung wurde auf Beginn des Wintersemesters 1941/42 durchgeführt. Zum Ausgleich liegen im Navillezimmer nun eine grössere Zahl Zeitschriften in besserer Anordnung auf. Es wurden verschiedene Schweizer- und auch ausländische Zeitschriften (deutsche, französische, italienische) neu abonniert. Die Zahl der im Café aufliegenden Zeitungen stieg auf über 100; neben den schweizerischen Tageszeitungen sind ausländische aus folgenden Staaten vorhanden: Deutschland, Italien, Schweden und Ungarn. Französische und englische Zeitungen sind leider nicht mehr erhältlich. Die Beanspruchung der verschiedenen Räume des Studentenheimes für Veranstaltungen hat wieder sehr zugenommen und übertrifft sogar diejenige der beiden letzten Jahre vor dem Kriege. Im allgemeinen ist zu beobachten, dass die Zahl