

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 70 (1952)  
**Heft:** 35: GEP 50. Generalversammlung Interlaken 1952

**Artikel:** Der Ausbau der Wasserkräfte im Oberhasli  
**Autor:** Juillard, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-59663>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 18.01.2026

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

scharfes Denken und Sinn für Synthese sind die Vorbedingungen für geometrische Begabung; zugleich bilden sie ein wichtiges geistiges Fundament für den Konstrukteur und für den Organisator. Es waren solche Grundlagen, auf welchen Bitterli seine späteren bedeutenden Leistungen aufbaute. — 1886 begegnen wir ihm in Paris bei der Firma Duprez, wo nach Angaben des vielseitigen und ideenreichen Physiologen d'Arsonval elektrische Messinstrumente von Weltruf gebaut wurden.

Das Jahr 1887 sieht den sprachgewandten und gereiften jungen Mann wieder in Zürich. Die Leitung der Zürcher Telephongesellschaft hatte ihn auf Veranlassung Wysslings hieher berufen. Die Zürcher Telephongesellschaft spielte in den achtziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts eine verdienstvolle und bemerkenswerte Rolle, obwohl sie schon nach etwa zwölf Jahren ihres Bestehens wieder aufgelöst wurde. Sie hatte nicht nur die Initiative zur Einrichtung und zum Betrieb eines Telephonverkehrs in Zürich und Umgebung ergriffen, sondern sie befasste sich auch mit dem Bau elektrischer Maschinen und der Einrichtung elektrischer Beleuchtungen. Das Jahr 1889 ist gekennzeichnet durch zwei Ereignisse, an welchen Bitterli wesentlich mitbeteiligt war, nämlich die Gründung der Zürcher Physikalischen Gesellschaft und die Gründung des SEV. Beide Institutionen ernannten ihn später zu ihrem Ehrenmitglied.

Mit der berühmten Energieübertragung von Laufen am Neckar nach Frankfurt am Main im Jahre 1891, an welcher die Maschinenfabrik Oerlikon massgebenden Anteil hatte, begann ein bemerkenswerter Aufschwung in der schweizerischen Elektrotechnik. In dieser Zeit, es war 1894, trat Emil Bitterli in die Maschinenfabrik Oerlikon ein. Während 17 Jahren widmete er seine besten Kräfte dieser Firma und half ihren Weltruf gründen und festigen. Den Ehebund hatte er 1892 mit Rosa Jecker geschlossen, die ihm in glücklichem und verständnisvollem Zusammenleben drei Kinder schenkte.

Als Emil Bitterli bereits 50 Jahre alt geworden war, erfasste ihn, den stets Jugendlichen, noch einmal die Wanderlust. So nahm er 1911 ein Anerbieten von Pierre Azaria, dem Leiter der Compagnie Générale d'Electricité in Paris, an und trat in dieses bedeutende Unternehmen ein, wo er bald bis in die oberste Leitung aufrückte und bis zum Jahre 1935 als Directeur général, Administrateur-Directeur général und schliesslich Administrateur-Délégué verblieb. Seine Tätigkeit lag auf dem Gebiete der Leitung, Entwicklung und Vermehrung der dieser ursprünglich reinen Elektrizitäts-Lieferungsgesellschaft angegliederten Fabrikationsunternehmen. Er verstand es meisterhaft, sich auf die obersten Direktiven zu beschränken, seinen Untergebenen und Mitarbeitern so die

freie Entfaltung ihrer Kräfte überlassend, und sich in Einzelheiten nur einzumischen, wenn es das Interesse der Sache gebot. Er war infolgedessen ein überzeugter Anhänger des Grundsatzes der dezentralisierten Leitung grösserer Unternehmen, den er weitschauend und folgerichtig durchführte — bis zur geographischen Aufteilung der Betriebsstätten, wofür er mit Vorliebe den Ausdruck «la vertu de l'éloignement» gebrauchte. Von diesem Gedanken geleitet, gelang es ihm in seltener Weise, die grösst-mögliche Selbständigkeit der Dutzende von spezialisierten Unternehmen des Konzerns zu fördern und zu wahren, der mittleren Führung ein Höchstmass an Initiative und Beweglichkeit zu verleihen und die schweren sozialen und verwaltungstechnischen Nachteile übergrosser Betriebe zu vermeiden. Er war ein Meister der Einsicht und des Masses.

Früh wurde ihm die Bedeutung der Forschung für das Gedeihen der ihm anvertrauten Unternehmen bewusst; für den Ausbau der notwendigen Laboratorien scheute er keine Aufwendungen. Als Vorgesetzter stellte er an seine Untergebenen die selben strengen Anforderungen wie an sich selbst. Er verlangte unbedingte Offenheit. Aber immer schimmerte seine grosse Herzensgüte hindurch, die ihn ein von Vertrauen getragenes Verhältnis, nicht nur zu den leitenden Persönlichkeiten der Konzerngesellschaften, sondern auch zu den Mitarbeitern unterer Stufen, gewinnen liess und ihm den Namen des «Père Bitterli» eintrug. Wer des Rates bedurfte, konnte solchen bei ihm finden. Der sozialen Fürsorge in seinen Betrieben legte er grosse Wichtigkeit bei. So führte er als einer der ersten in allen grösseren Betrieben Sozialsekretärinnen ein, deren Tätigkeit sich besonders in den Grosstädten segensreich auswirkte.

Dabei vergass er seine Heimat nie. In der Schweizerkolonie in Paris war er ein besonders geschätztes Mitglied. Seinen jungen Landsleuten brachte er stets wohlwollendes Interesse entgegen und half ihnen, wo er konnte. Das Vertrauen, welches man ihm entgegenbrachte, kam auch dadurch zum Ausdruck, dass er, bereits 78 Jahre alt, im Jahre 1938 zum Präsidenten der Schweizerischen Handelskammer in Paris gewählt wurde, welches Amt er noch sechs Jahre lang bekleidete.

Endlich kehrte er in die Heimat zurück, innerlich noch immer eng verbunden mit Frankreich und seiner stolzen Hauptstadt, wo er die Stürme zweier Weltkriege miterlebt hatte. Den Lebensabend widmete er seiner Familie und seinen Freunden. Am 15. März 1952 ist er hinübergeschlummert.

Das Schicksal hatte ihm eine glückliche und reiche Begabung geschenkt; er hat sie zum Segen vieler angewendet.

## Der Ausbau der Wasserkräfte im Oberhasli

Von Obering. H. JULLIARD, Bern

DK 621.311.21 (494.24)

Hierzu Tafeln 27 bis 30

Mit diesem Aufsatz von Obering. H. Juillard, Verfasser des Projektes für die Kraftwerke Handeck II und Oberaar, beginnt eine gründliche Gesamtdarstellung. Anschliessend wird Obering. J. Bächtold, Bauleiter, die Bauausführung und Obering. U. Eggenberger die von ihm projektierten elektromechanischen Anlagen beschreiben. Ihnen allen danken wir auch für ihre Mitwirkung an der Beschaffung der Abbildungsunterlagen. Red.

### Uebersicht

Die im Jahre 1925 gegründete Kraftwerke Oberhasli AG. hat bis jetzt folgende Anlagen erstellt: 1925/32 das Kraftwerk Handeck I mit den Stauseen Grimsel und Gelmer, 1940/42 das Kraftwerk Innertkirchen mit der Aarefaffung in der Handeck, 1946/47 den Ausgleichweiher in der Handeck, 1947/50 das Kraftwerk Handeck II mit dem Stausee Räthrichsboden und der Ueberleitung des Urbachwassers (Gauli) nach dem Aaretal, 1948/49 den Aufstau des Trübensees und 1949/50 denjenigen des Totensees mit Ableitung nach der Grimsel. In Angriff genommen worden ist 1950 die Ausführung des Kraftwerkes Oberaar mit dem Stausee auf der Oberaaralp und der Zentrale Grimsel, ferner 1951 die Ueberleitung des Bächlisbaches nach dem Grimselsee. Schliesslich wurde 1952 mit den Vorbereitungen für die Zuleitung des Trift- und Gadmerwassers zum Kraftwerk Innertkirchen, sowie für die Ueberleitung des Grubenbaches nach Bächli und Grimsel

begonnen. Die Anlagen Handeck I<sup>1)</sup> und Innertkirchen<sup>2)</sup> sind gut bekannt. Als Einführung zur Beschreibung der neueren Verwirklichungen und Projekte genügt es deshalb, die Hauptdaten dieser beiden ersten Werke in Erinnerung zu bringen.

Im Einzugsgebiet der Kraftwerke Oberhasli, wie allgemein in hochalpinen Gebieten, konzentrieren sich die Abflüsse auf die warme Jahreszeit. In den fünf Sommermonaten fliessen 90 % und in den sieben Wintermonaten 10 % der Jahresabflussmenge ab. Das Oberhasli unterscheidet sich aber von manchen anderen alpinen Einzugsgebieten durch seine grosse Vergletscherung. Diese hat über langjährige Perioden einen deutlich erkennbaren Ausgleich der Wasserabflüsse zur Folge, so dass in warmen, trockenen Jahren die fehlenden Niederschläge durch ein stärkeres Abschmelzen der Eis- und Schneemassen kompensiert werden. Die seit dem Jahre 1918 durchgeführten Abflussmengenbeobachtungen haben gezeigt, dass die maximalen Schwankungen der Jahresabflussmengen nur 15 % über und 10 % unter dem Mittelwert liegen. Der mittlere spezifische Jahresabfluss erreichte während dieser 32jährigen Periode 2,08 m. Für die Berechnung der Wasserwirtschaft der einzelnen, im Oberhasli er-

<sup>1)</sup> SBZ Bd. 85, S. 13\* und 28\*; Bd. 92, S. 155\*; Bd. 97, S. 314\*; Bd. 99, S. 1\* und 20\*; Bd. 100, S. 256\*; Bd. 101, S. 171; Bd. 107, S. 229\* ff.

<sup>2)</sup> SBZ Bd. 120, S. 25\* ff.



Bild 1. Wasserkraftanlagen im Oberhasli, Uebersichtskarte 1:85 000, reproduziert mit Bewilligung PTT, KWO und Kümmerly & Frey, Bern. A Ueberleitung Grubenbach, B Ueberleitung Bächlisbach, C Zuleitung der Trift- und Gadmenwasser

stellten Kraftwerke war bei der Projektierung ein spezifischer Abfluss von 1,9 m, d. h. 1,9 Mio m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> angenommen worden. Aus diesem Grunde wurden die in den Projekten angegebenen Energieerträge stets übertroffen.

Der gewaltige, auf über vier Milliarden m<sup>3</sup> geschätzte Vorrat an Eis- und Schneemassen im Einzugsgebiet der Grimselaare läuft trotz des besonders während der letzten Jahre so deutlichen Rückganges der Gletscher keine Gefahr



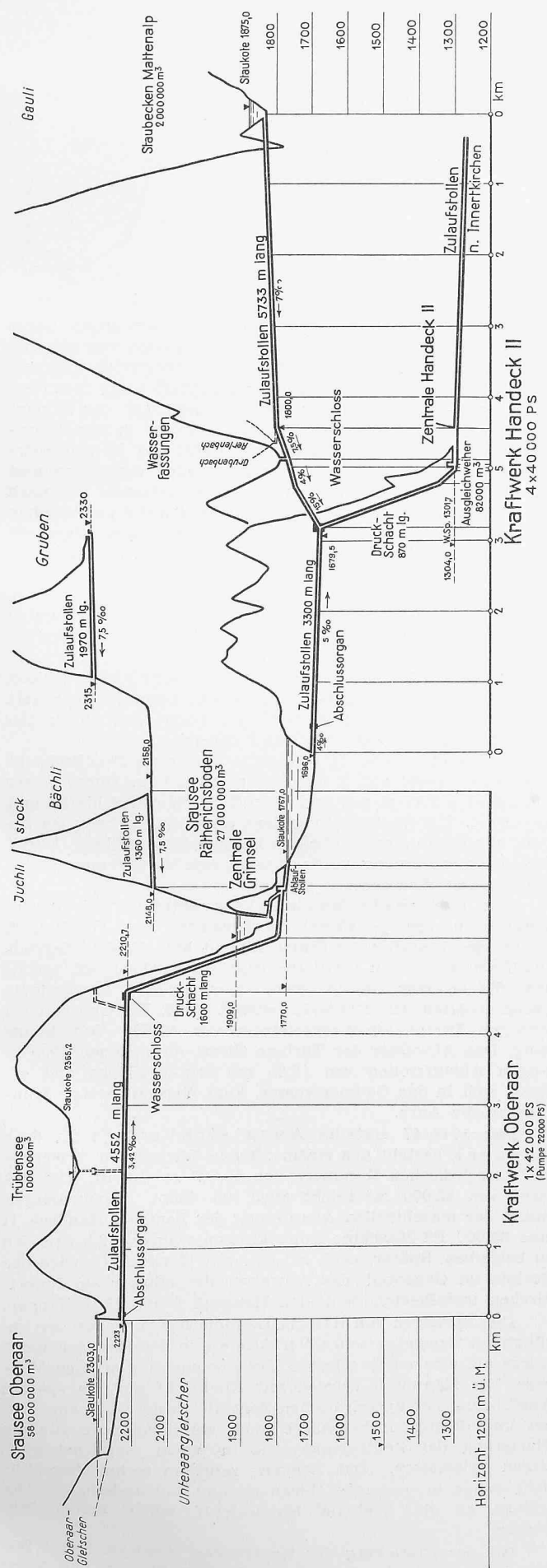


Bild 2. Längenprofil der Kraftwerke Oberaar (Zentrale Grimsel) und Handeck II.

Längen 1:85000, Höhen 1:17000

einer Erschöpfung. Aus den Forschungen ist bekannt, dass die Gletscher immer solchen Schwankungen unterworfen waren und beispielsweise die Zunge des Unteraargletschers in den Jahren 1720/30 etwa 900 m oberhalb der heutigen Front lag, wobei zu berücksichtigen ist, dass unter dem Einfluss des Einstaues durch den Grimselsee die Gletscherzunge in den letzten 20 Jahren um rd. 200 m zurückgegangen ist.

Bei den vorhandenen hydrologischen Verhältnissen mit so starken saisonmässigen Schwankungen der täglichen Abflüsse würde die Ausnützung der Wasserkraft im Oberhasli ohne Ausgleich der Zuflüsse eine äusserst ungleichmässige Leistung ergeben. Zum Glück bot die Natur, erstens durch die hochliegenden flachen Täler und zweitens durch die vorzügliche Qualität des Felsuntergrundes, die im Alpengebiet selten vorhandene Möglichkeit, grössere Stauseen 1700 bis 2300 m über der Meereshöhe anzulegen.

Die Inhalte des Grimsel- und Gelmersees, die als Akkumulierbecken für das Kraftwerk Handeck I dienen, wurden mit 100 bzw. 13 Mio m³ so bemessen, dass rd. die Hälfte der Sommerzuflüsse aus dem 111,5 km² messenden Einzugsgebiet für den Winter aufgespeichert werden kann. Die ausserordentlich günstigen topographischen und geologischen Verhältnisse des Grimselbeckens hätten ohne weiteres eine noch weitergehende Akkumulierung der Sommerzuflüsse gestattet, und eine solche wurde auch in Erwägung gezogen. Die getroffene Dimensionierung entsprach aber den damaligen Bedürfnissen und ergab die billigste Jahresenergie. Die Wirtschaftlichkeit des ersten von den Kraftwerken Oberhasli AG. erstellten Kraftwerkes Handeck I, die durch die Anfügung der Stufe Handeck-Innertkirchen noch wesentlich verbessert wurde, war einer der wichtigsten Faktoren, die die Entwicklung der Gesellschaft und den weiteren Ausbau der Wasserkraft im Oberhasli gefördert haben.

Im Räterichsboden waren die Verhältnisse für die Schaffung einer Akkumulierung nicht mehr so günstig wie auf der Grimsel. Der Aufwand an m³ Mauerwerk pro m³ Stauinhalt ist bei der gewählten Staukote bereits 2,5mal so gross wie beim Grimselsee. Ein Ausgleich der Sommer- und Winternutzwassermengen kam deshalb beim Kraftwerk Handeck II nicht in Frage. Der geschaffene Seinhalt von 27 Mio m³ bietet aber bereits eine willkommene Winterenergiereserve und gestattet ferner einen angemessenen Ausgleich der im Einzugsgebiet des Kraftwerkes Handeck II von 52 km² (nach Ableitung des Gruben- und Bächlibaches) vorhandenen reichlichen Sommerzuflüsse. Die spezifischen Kosten einer weitergehenden Akkumulierung wären stark angestiegen.

In der Mattenalp, am Fusse des Gauligletschers, ist noch ein weiteres Becken von rd. 2 Mio m³ Inhalt geschaffen worden, das im Sommer gleichzeitig als Absetzbecken dient und einen gewissen Ausgleich der im Tagesverlauf stark schwankenden Zuflüsse des Urbaches bringt. Sein Nutzinhalt wird durch Entleerung zu Winterbeginn ebenfalls ausgenutzt.

Neben diesen vier Akkumulierbecken bot die Natur die Möglichkeit, zwei natürliche Seen auszunützen und ihren Nutzinhalt durch Aufstau zu vergrössern. So konnte im Trübensee ein Stauraum von 1 Mio m³ und im Totensee ein solcher von 2,5 Mio m³ gewonnen werden. Der Inhalt dieser Seen wird im Herbst, nach genügender Absenkung des Spiegels des Grimselsees, in diesen entleert und vergrössert somit den Energievorrat der Kraftwerke Handeck I und Innertkirchen. Später wird der Trübensee in den Oberaarsee entleert werden.

Nach Fertigstellung der Stauanlage auf der Oberaaralp mit einem Inhalt von 58 Mio m³, voraussichtlich im Herbst 1954, wird im Oberhasli ein Gesamtakkumuliervermögen von 203 Mio m³ bestehen, welches in einem wasserarmen Jahr 55 % der jährlichen Zuflüsse zu den beiden Kraftwerken Handeck, oder rd. der Hälfte derjenigen zur unteren Stufe Innertkirchen, entspricht.

#### Allgemeine Beschreibung

Das Kraftwerk Handeck I wurde in den Jahren 1925 bis 1932 erstellt. Es nützt das Gefälle zwischen dem Stauspiegels des Gelmersees auf Kote 1850 und den Turbinen auf Kote 1303,2 aus.

Der Grimselsee wird durch zwei Sperren, die massive Bogenmauer in der Spitallamm von 114 m Höhe und 338 000 m³





Bild 3. Längsprofil der Kraftwerke Handeck I und Innertkirchen. Längen 1:150 000, Höhen 1:37 500

Betonkubatur und die Seeufereggssperre, eine Schwergewichtsmauer von 70 000 m<sup>3</sup> Betonkubatur, aufgestaut. Das Wasser des Grimselsees wird nach dem Gelmersee durch einen 5,2 km langen Stollen geleitet, der einen kreisförmigen Querschnitt von 2,6 m  $\phi$  aufweist und in der Hauptsache unverkleidet geblieben ist. Die Spiegeldifferenz von im Maximum 59 m zwischen dem Grimselsee, Staukote 1909, und dem vollen Gelmersee, bedingt eine Regulierung des Stollendurchflusses, welche in der Apparatenkammer des Stolleneinlaufes im Grimselnollen erfolgt.

Die Gelmersperre ist ebenfalls eine Schwergewichtsmauer von 30 m Höhe und 80 000 m<sup>3</sup> Betonkubatur.

Die Zentrale Handeck I arbeitet unter einem Bruttogefälle von 546 bis 516 m und erhält ihr Betriebswasser von max. 21 m<sup>3</sup>/s aus dem Gelmersee durch den Druckschacht Gelmer—Handeck. Diese Leitung besteht aus einem 170 m langen Zulaufstollen von 6,2 m<sup>2</sup> Querschnitt und einem mit Stahlrohren von 2,30 m bis 2,10 m lichtigem Durchmesser und 10 bis 14 mm Wandstärke gepanzerten Druckschacht von 1,1 km Länge in 72 % und 8 % Gefälle. Diese, damals neuartige Ausführung hat sich im Betrieb bewährt und wurde später mit den nötigen Anpassungen für alle Druckleitungen der KWO wieder angewendet.

Das freistehende Maschinenhaus enthält vier Maschinengruppen von je 30 000 PS Turbinen- und 28 000 kVA Generatorenleistung. Die Turbinen bestehen aus vertikalachsigen Peltonrädern, mit zwei symmetrisch angeordneten Düsen. Die Drehzahl beträgt 500 U/min. Die Generatoren erzeugen Dreiphasen-Wechselstrom von 11 000 Volt Spannung.

Ursprünglich besass jede Maschineneinheit ihren Transformator von 11/50 000 Volt. Der Transport der Energie erfolgte mit Kabeln in dem hierfür und für den Winterverkehr erstellten Stollen bis Guttannen und von da über Freileitungen bis Innertkirchen. In Innertkirchen wurde die Energie für den Transport auf die abgehenden 150 000-Volt-Leitungen nochmals transformiert. Für zwei Maschineneinheiten ist die Transformatoranlage im Zusammenhang mit der Aufstellung der zwei ersten Maschinen des Kraftwerkes Handeck II bereits umgebaut worden. Die betr. beiden Generatoren werden nun parallel geschaltet und die Spannung in einer gemeinschaftlichen Transformatoranlage von 11 000 direkt auf 150 000 Volt erhöht. Der Transport bis Guttannen erfolgt mittels einer neuen Freileitung. Der Umbau der Transformierung der zwei andern Maschinen der Zentrale Handeck I wird vor der Aufstellung der zwei letzten Maschinen von Handeck II erfolgen, damit eine grössere Leistung (nach Ersatz der im Stollen vorhandenen 50 kV Kabel durch solche für 150 kV) nach dem Tal transportiert werden kann. Mit der Zeit werden also alle Maschinen der Zentrale Handeck I und II zu zweit in den Zentralen parallelgeschaltet, ihre Energie auf 150 000 Volt transformiert und nach Innertkirchen geleitet, wo dann die Parallelschaltung der einzelnen Gruppen auf die abgehenden Leitungen erfolgt.

Das Kraftwerk Innertkirchen wurde in den Kriegsjahren 1940 bis 1942 erstellt und verarbeitet mit einem mittleren Bruttogefälle von 664 m das Abwasser der Turbinen der Zentrale Handeck I, sowie den Zufluss aus dem Zwischeneinzugsgebiet Grimsel bis Handeck. Die Wasserzuleitung wurde mit Rücksicht auf die späteren Ausbaumöglichkeiten für eine Wassermenge von 39 m<sup>3</sup>/s dimensioniert.

Der Zulaufstollen von 10 km Länge folgt dem rechten Talhang und weist einen lichten Durchmesser von 3,4 bis 3,3 m auf. Er durchfährt, besonders in seiner untern Hälfte, Gneisschichten, die nicht mehr die Festigkeit und Dichtigkeit des Grimsel- und Handeckgranites aufweisen, und er erforderte beim Bau umfangreiche Verdichtungsarbeiten. Der Stollen ist auf seiner ganzen Länge verkleidet, je nach der Felsbeschaffenheit mit Beton (3,6 km), mit vorfabrizierten, im-

prägnierten Betonplatten (5,5 km), mit armiertem Gunit (0,4 km) und bei zwei zerklüfteten Felspartien von 300 und 200 m Länge mit 6 mm-Stahlblech. Der Bergwasserandrang, der in den unteren 3 km bei der Bauausführung besonders gross war — beim Fenster Benzlaur während der Schneeschmelze Mai bis Juli über 200 l/s — wurde in der Hauptsache durch systematische Zementinjektionen in den Felsmantel verdrängt. Einige konstante Quellen wurden gefasst und über Kugelventile in den Stollen eingelassen. Die nach der Fertigstellung der Anlage und anlässlich der periodischen Revisionen durchgeführten Dichtigkeitsmessungen zeigen ein besonders günstiges Ergebnis: der Unterschied zwischen den Wassereintritten bei leerem Stollen einerseits und dem unter maximalem Wasserdruck stehenden Stollen andererseits, d. h. die Summe des Rückganges der Ergiebigkeit der gefassten Quellen und der effektiven Verluste beträgt auf die 100 000 m<sup>2</sup> messende Mantelfläche nur rd. 10 l/s.

Am untern Stollenende liegt das 60 m hohe Wasserschloss, mit einem Durchmesser von 8,50 m, das ebenfalls gepanzert ist. Dem Zulaufstollen werden drei Bäche mit einem Gesamteinzugsgebiet von rd. 10 km<sup>2</sup> zugeleitet.

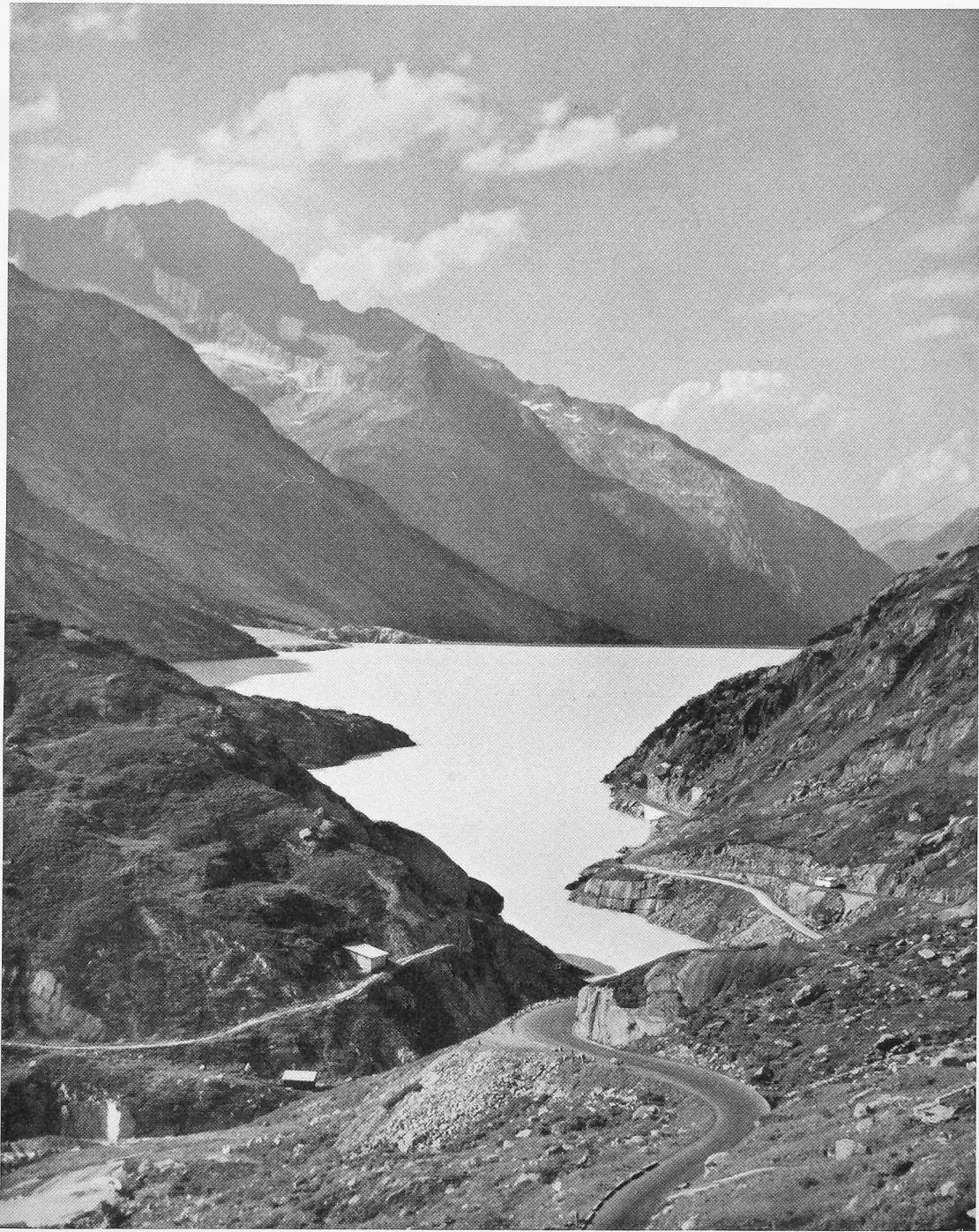
Der in 69 % und 12 % Gefälle angelegte Druckschacht weist eine Länge von 2 km und einen lichten Durchmesser von 2,60 bis 2,40 m auf und ist mit Blech von 8 bis 20 mm gepanzert. Die Verteilung liegt ebenfalls im Fels; sie besteht aus einem Doppelrohr mit Betonzwischenfüllung. Durch Zementhinterpressung wurde es unter eine Vorspannung gleich dem inneren Wasserdruck gesetzt.

Das unterirdische Maschinenhaus enthält fünf Maschinengruppen von je 65 000 PS Turbinen- und 47 500 kVA Generatorenleistung; die fünfte Einheit kam 1952 in Betrieb. Die Turbinen weisen vertikalachsige Peltonräder auf, welche das Triebwasser durch zwei symmetrisch angeordnete Düsen erhalten. Die Drehzahl beträgt 428,6. Die Generatoren erzeugen Dreiphasen-Wechselstrom von 13 500 Volt Spannung. Das Abwasser der Turbine fliesst durch einen 1300 m langen Ablaufstollen von 13,65 m<sup>2</sup> lichter Fläche und ergiesst sich in das Gadmenwasser, kurz oberhalb seiner Mündung in die Aare.

Das 1946/47 erstellte Ausgleichbecken in der Handeck besteht aus einem offenen Weiher von 32 000 m<sup>3</sup> und unterirdischen Kammern von 50 000 m<sup>3</sup> Inhalt. Die Reserve von 82 000 m<sup>3</sup> reicht aus, um beim gegenwärtigen Stand der maschinellen Ausrüstung der Zentrale Handeck II eine 65 000 PS-Maschine Innertkirchen während 2,8 Stunden zu betreiben. Später, nach Ausbau von Handeck II, wird das Becken im Gegenteil das Abwasser der stärker als Innertkirchen installierten Zentralen Handeck I und II auffangen.

Das Sprengen von Reservoirkammern war wegen der ungünstigen topographischen Verhältnisse in der Handeck nicht teurer als eine entsprechende Erweiterung des offenen Weihers. Die Kammern wurden mit Rücksicht auf die spätere Ausführung der unterirdischen Zentrale Handeck II angeordnet und dienen insbesondere auch als Sondierung für die Placierung der Zentralenkaverne in einem möglichst günstigen Felsmassiv. Das Becken zeigt in technischer Hinsicht einige interessante Merkmale und soll deshalb im Anschluss an die Zentrale Handeck II näher beschrieben werden.

Mit der Erstellung der Kraftwerke Handeck I und Innertkirchen war der Zweck langjähriger Studien und Vorbereitungen für die Nutzbarmachung der Wasserkräfte im Oberhasli vorläufig erreicht worden. Die Studien im Oberhasli einerseits und andererseits die Tatsache, dass die Gelegen-



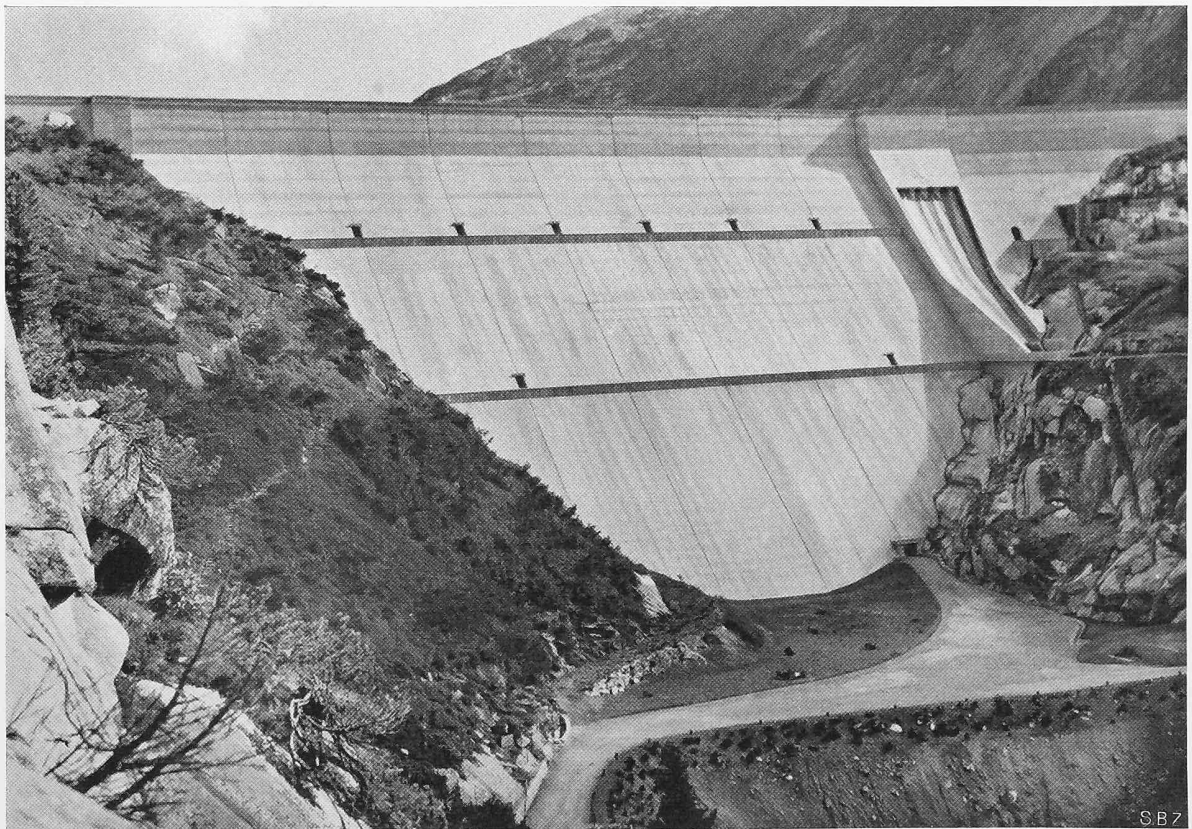
Räterichsbodensee aus Südosten

## Der Ausbau der Wasserkräfte im Oberhasli





Staubecken Mattenalp (Gauli), gegen Südwesten gesehen



Staumauer Räterichsboden, Luftseite vom rechten Talhang aus





Trübensee, darüber im Hintergrund das Oberaarbecken, rechts der Unteraar-Gletscher und der Grimselsee

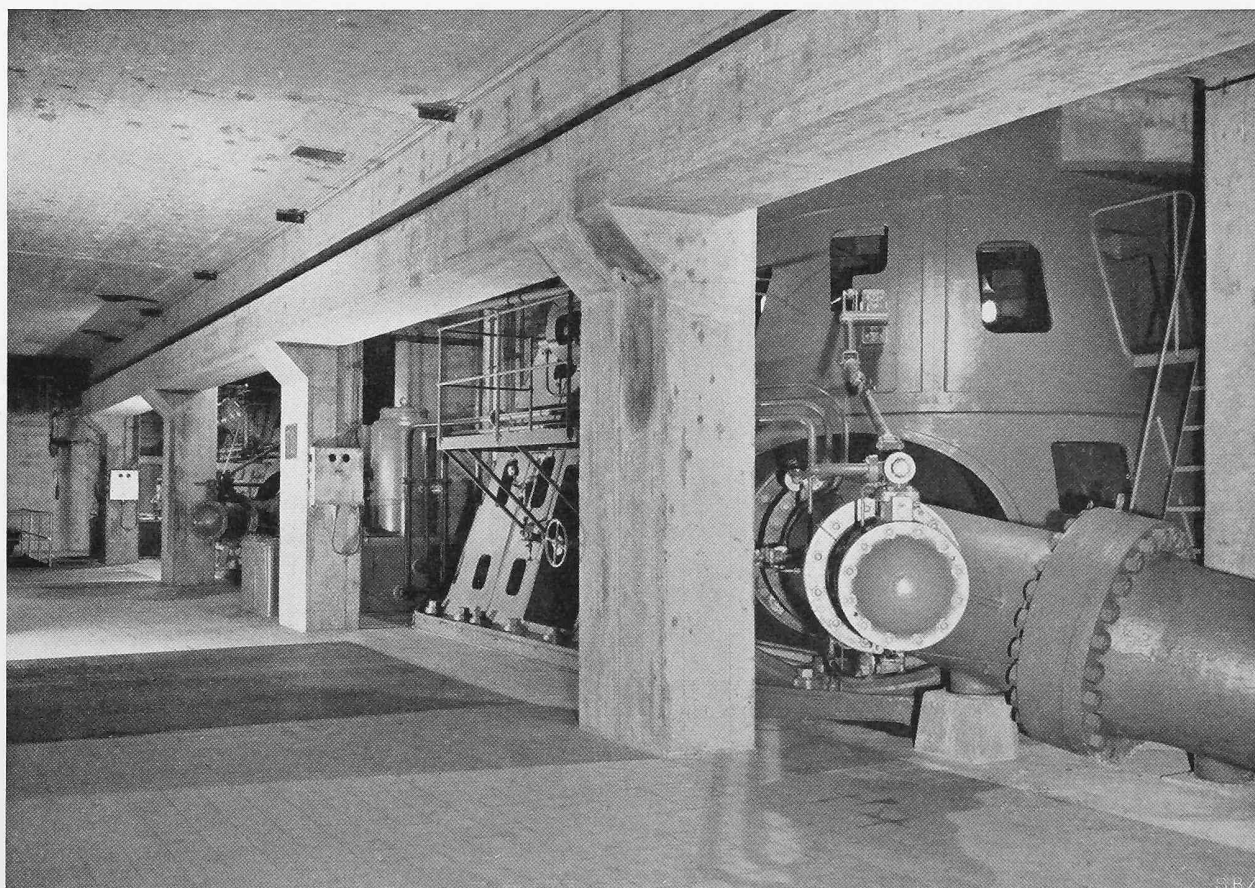


Staumauer Rätherichboden, darüber (rechts am Bildrand) die Seeuferreggsperre des Grimselsees  
Links die verlegte Grimselstrasse



Zentrale Handeck II, Maschinensaal

Phot. H. Bysäth



Zentrale Handeck II, Turbinenboden



heit, wirtschaftlich gleichwertige Wasserkräfte auszunützen, in der Schweiz eher selten ist, liessen erkennen, dass der weitere Ausbau der Wasserkräfte im Oberhasli interessante Möglichkeiten bot. In einem allgemeinen Projekt vom Dezember 1945 schlugen wir die Ausnützung der noch vorhandenen Wasserkräfte des Aaretals in drei Etappen vor; in der ersten Etappe war die Ausführung des Kraftwerkes Handeck II, in der zweiten diejenige des Kraftwerkes Oberaar und in der dritten Etappe die Vergrösserung des Grimselseeinhalt vorgesehen. Damit sollte die Winterenergieproduktion der KWO verdoppelt und die Sommerenergie-menge beibehalten werden.

Die Kraftwerke Handeck II und Oberaar werden nachstehend eingehend beschrieben. Die erste dieser beiden Anlagen ist gemäss dem allgemeinen Projekt 1945 ausgeführt worden. Beim Kraftwerk Oberaar, dessen Ausführung 1950 in Angriff genommen worden ist, wird hingegen entsprechend dem dringenden Bedarf an Winterenergie der Nutzinhalt der Stauanlage gegenüber dem allgemeinen Projekt vergrössert. Demzufolge wird die Frage einer Erhöhung des Grimselseespiegels später behandelt werden können, was zweckmässig ist, denn wenn auch die Vergrösserung dieses Stausees die günstigste Gelegenheit bieten würde, eine grössere Winterenergiespeicherung zu realisieren, stellt das Problem des Ersatzes der dadurch ausfallenden Sommerenergie und besonders der Maschinenleistung Fragen, die gegenwärtig nicht gelöst werden können. Im Sommer 1952 mussten die Anlagen Handeck I und II und Innertkirchen längere Zeit auf Vollast laufen, d. h. eine totale Leistung von 340 bis 350 000 kW abgeben.

Es war gegeben, das Kraftwerk Handeck II, in welchem die Zuflüsse neuer Einzugsgebiete des Aaretals und des Gaulgebietes ausgenützt werden, als erste Etappe des projektierten Ausbaues auszuführen. Die Anlage ist vom Kraftwerk Handeck I vollständig unabhängig. Ihre Ausführung konnte den Betrieb und die Energieproduktion der bestehenden Kraftwerke Handeck I und Innertkirchen in keiner Weise beeinträchtigen. Im Gegenteil gestattet die Zuleitung des Urbachwassers nach dem Aaretal ohne weiteres eine Zunahme der Produktion der Zentrale Innertkirchen, was den Wert des Werkes Handeck II erheblich vergrössert.

Das nach dem Bauprojekt 1946 ausgeführte und seit 1951 im regelmässigen Betriebe stehende Kraftwerk Handeck II besteht aus folgenden Bauten: Der Akkulieranlage von 27 Mio m<sup>3</sup> im Rätherichsboden, der Wasserzuleitung vom Rätherichsboden nach der Handeckfluh, der Fassung des Gauliwassers in der Mattentalp mit einem Becken von 2 Mio m<sup>3</sup> Inhalt und seiner Zuleitung nach der Handeckfluh, wo die Wasser des Aare- und Urbachtales sich vereinigen, dem Druckschacht und der unterirdischen Zentrale Handeck II. Letztere liegt gleich hoch wie die Zentrale Handeck I und ergiesst ihr Abwasser ebenfalls in das Ausgleichbecken, von wo es in den Zulaufstollen nach Innertkirchen gelangt und nochmals mit einem Gefälle von 660 m ausgenützt wird. Die Wasserzuleitung und die Zentrale sind so gross dimensioniert, dass die Anlage neben den Abflüssen aus dem direkten Einzugsgebiet noch das Abwasser des Kraftwerkes Oberaar und eventuell auch dasjenige einer später vorzunehmenden Vergrösserung des Grimselseeinhalt verarbeiten kann. Aus diesem Grunde sind die Zuleitung Rätherichsboden—Handeck sowie die vier vorgesehenen Maschineneinheiten für eine totale Betriebswassermenge von 30 m<sup>3</sup>/s, also 50 % mehr als diejenige der Zentrale Handeck I dimensioniert. Vorläufig sind nur die zwei ersten Maschineneinheiten von je 40 000 PS Leistung installiert.

Wie bei den andern Kraftwerken im Oberhasli hat die Ausführung des Kraftwerkes Handeck II wenig nutzbaren

Tabelle 1. Zusammenstellung der Hauptdaten der in Betrieb stehenden und in Ausführung begriffenen Anlagen

Kraftwerk	Stauanlage			Zentralen-Ausrüstung	Energieproduktion Mio kWh	
	See	Kote	Mio m <sup>3</sup>	kW	Sommer	Winter
Oberaar	Oberaar	2303	58	31 000	—	69
	Trüben	2365	1	(21 000) *	(— 24) *	—
	Totensee	2160	2			
Handeck I	Grimsel	1909	100	84 000	52	140
	Gelmer	1850	13			
	Räth'boden	1767	27			
Handeck II	Mattentalp	1875	2	117 000 **	92	105
	Ausgl'chb.	1301	—	218 000	240	356
Innertk.	Zusammen		203	450 000	360	670

\* Pumpanlage Grimsel-Oberaar

\*\* Endausbau mit vier Einheiten

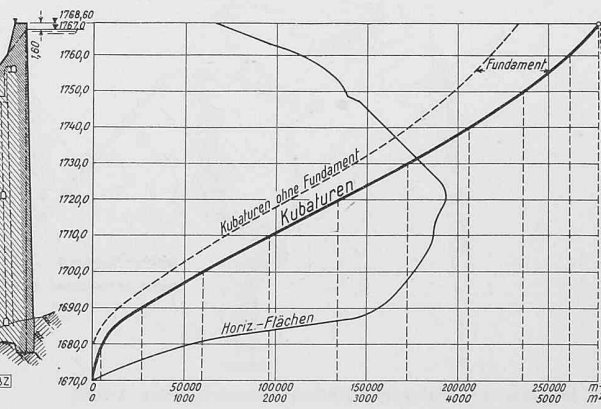
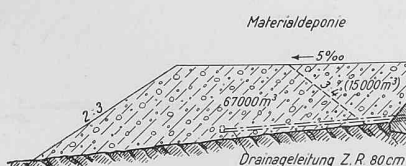
pro Jahr 1030

Boden beansprucht. Der Rätherichsboden, der unter Wasser gesetzt wurde, bestand nur aus einer mageren, steinigen Alp. Von finanziell grösserer Tragweite war die notwendige Verlegung der Grimselstrasse. Die neue Strasse, die eine Länge von 2570 m aufweist, erreicht in weiten Kurven die Höhe des Stausees beim rechten Sperrenwiderlager und verläuft dann parallel zum Seeufer bis zum Sommerloch, wo sie an die in den Jahren 1925/26 für die Erstellung der Stauanlage Grimsel neu erstellte Strecke anschliesst. Das neue Strassenstück ist nach den Normen für die Alpenstrassen mit einer minimalen Breite von 6 m erstellt und bietet dem Grimselfahrer neue Ausblicke in diese grossartige Natur. Die allzu leere Landschaft des Rätherichsbodens ist nun durch die Schaffung des Stausees, welcher sich in den Bergkranz besonders gut einfügt, in sehr vorteilhafter Weise verändert worden.

Im Gegensatz zum Kraftwerk Handeck II wird die Inbetriebnahme des Kraftwerkes Oberaar die Energieproduktion des bestehenden Kraftwerkes Handeck I stark beeinflussen. Die Zentrale Grimsel, welche das Oberaarwasser verarbeitet, kommt unterhalb des Grimselsees direkt über die Staukote des Rätherichsbodensees zu liegen. Das Oberaarwasser wird also nicht mehr durch das Kraftwerk Handeck I, sondern das Kraftwerk Handeck II verarbeitet. Dieses bildet mit dem Kraftwerk Oberaar zusammen eine Einheit. Während die Zentrale Grimsel, mit Rücksicht auf ihre Ablegenheit, nur mit der minimalen, für die Erzeugung gleichmässiger Energie erforderlichen Turbinenleistung von 42 000 PS ausgerüstet wird, besteht in der Zentrale Handeck II die Möglichkeit, 160 000 PS zu installieren und die Belastungsspitzen zu übernehmen. Der Wasserausgleich für Innertkirchen erfolgt mit dem Ausgleichbecken Handeck.

Nach eingehenden Studien hat man die Akkulieranlage Oberaar nicht nur für die Aufnahme des natürlichen Zuflusses aus dem direkten Einzugsgebiet von 38 Mio m<sup>3</sup> in einem wasserarmen Jahr bemessen, sondern damit eine Pumpakkumulierung kombiniert und den Seeinhalt auf 58 Mio m<sup>3</sup> vergrössert. In einem Durchschnittsjahr wird die zu pumpende Wassermenge 16 bis 17 Mio m<sup>3</sup> betragen. Zum teilweisen Ersatz des dem Grimselsee zu entnehmenden Wasserquantums werden der Bächlisbach und der Grubenbach mit einem totalen Einzugsgebiet von 11,9 km<sup>2</sup> nach der Grimsel übergeleitet.

Bilder 4 und 5. Talsperre Rätherichsboden, Mauerquerschnitt 1:2000 und Diagramm der Mauerkubatur und -fläche





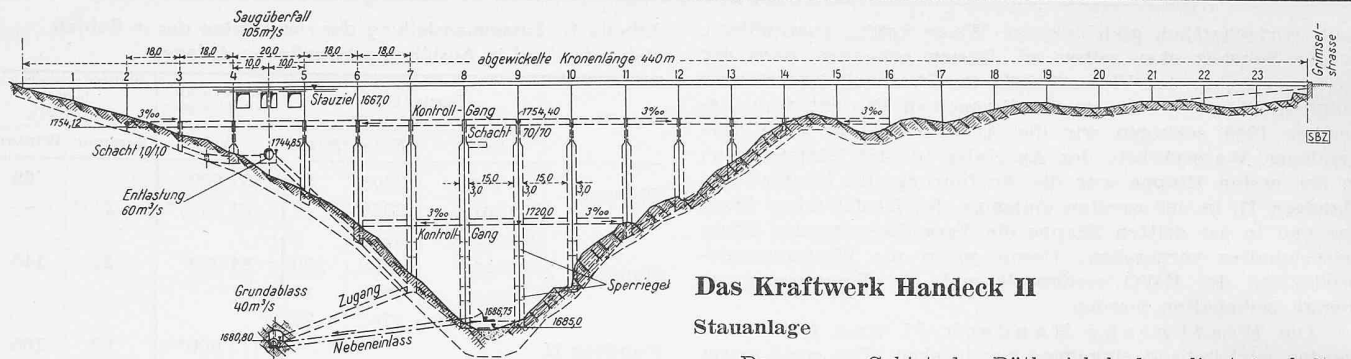


Bild 6. Wasserseitige Ansicht der Staumauer Räterichsboden, 1:2500

Das Kraftwerk Oberaar besteht aus folgenden Bauten, deren Ausführung im Gange ist: Einer Akkumulieranlage von 58 Mio m<sup>3</sup> Inhalt auf der Oberaarp, einem Zuleitungsstollen von der Oberaar nach dem Wasserschloss beim Grimselpass, mit Einleitung des Trübenseeablaufes, einem Druckschacht, der den Grimsensee unterfährt, einer unterirdischen Zentrale mit Turbine und Speicherpumpe und schliesslich einem Ablaufstollen bis zum Räterichsbodensee.

Die in Tabelle 1 angegebene Energieproduktion der einzelnen Zentralen entspricht natürlich nicht der effektiven Bedeutung des betreffenden Kraftwerkes im Gesamtaufbau. Zum Beispiel bringt die Erstellung des Kraftwerkes Oberaar eine Zunahme der gesamten Winterenergieproduktion um 220 Mio kWh, reduziert aber, einschliesslich der Pumpenenergie, den Sommerenergieertrag der Kraftwerke Handeck I und Innertkirchen um 190 Mio kWh.

## Das Kraftwerk Handeck II

### Stauanlage

Das ganze Gebiet des Räterichsbodens liegt im harten, harten Granit des Aaremassivs. Die Talmulde Räterichsboden ist das typische Ergebnis der Gletschererosion. Ihr Grund ist absolut dicht.

Für die Erstellung der Talsperre wurde die Aare umgeleitet. Hiefür hat man auf der linken Talseite einen Stollen mit zwei Einläufen erstellt. Der Strang, der nach erfolgter Betonierung des unteren Sperrenteiles durch Einbau von Absperrorganen als Grundablass ausgebaut wurde, weist eine Länge von 390 m und ein Gefälle von 5,5 % auf. Sein Einlauf liegt direkt unter der Wasserfassung des Zulaufstollens, um nötigenfalls diese durch Spülungen freihalten zu können. Das gemeinschaftliche Bauwerk liegt 200 m von der Sperre entfernt ausserhalb dem Bereich der Gerstenlawine, die regelmässig jeden Winter niedergeht und früher den Eingang der Gerstenschlucht unmittelbar vor der Sperrstelle ausfüllte. Der Auslauf des Umlaufstollens wurde ebenfalls bis in eine grössere Entfernung von der Staumauer verlängert, damit das Aushubmaterial des Sperrfundamentes zwischen dem Sperrfuss und dem Stollenauslauf deponiert werden konnte.

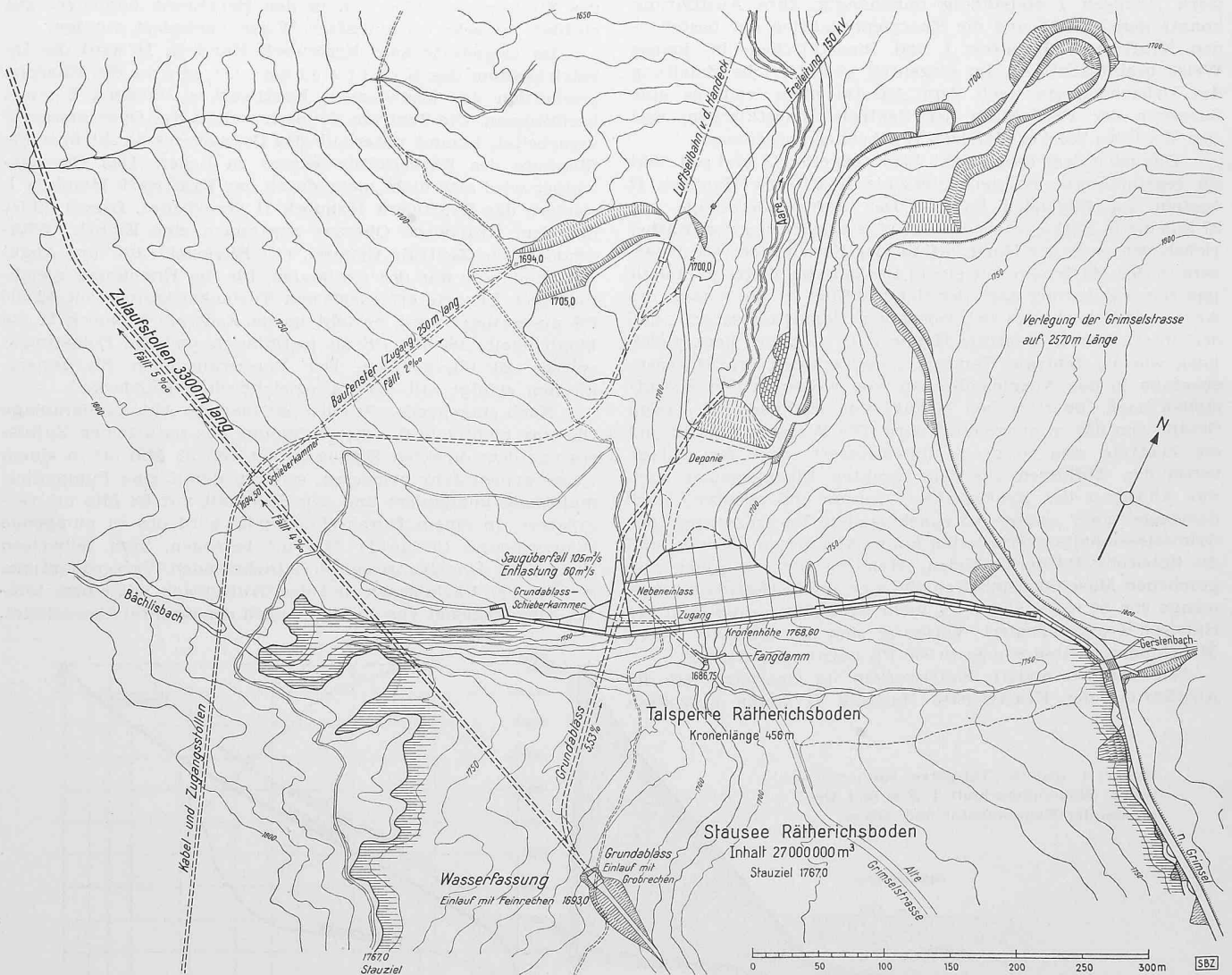


Bild 7. Anlagen der Talsperre Räterichsboden, Plan 1:5000

Diese für das Aussehen des fertigen Talabschlusses vorteilhafte Disposition bot während des Mauerbaues einen willkommenen Arbeitsplatz. Vom Einlauf bis zur Apparatenkammer weist der Grundabstollen einen Ausbruchquerschnitt von 2,40 m  $\phi$  auf. Der zweite Einlass, gleichen Querschnittes, von 76 m Länge und 10 % Gefälle, mündet unterhalb der Apparatenkammer in den Grundabstollen. Dieser gestattete während der Bauausführung den ganzen Zufluss (mit Ausnahme des nur während einer kurzen Zeit im Herbst zu erwartenden Ueberfalles des Grimselsees) ohne weiteres abzuführen, was eine ungestörte Ausführung der Arbeiten im Hauptstollen und in der Apparatenkammer erlaubte. Nach Fertigstellung der letztgenannten wurde der Nebeneinlauf durch einen Betonzapfen endgültig verschlossen. Unterhalb der Apparatenkammer beträgt der Durchmesser des Stollenausbruches 3,30 m. Der Stollen blieb bis auf den 11 m langen Verankerungszapfen der Rohrleitung von 1,85 m  $\phi$  vor der Apparatenkammer unverkleidet. Als Abschlussorgane dienen zwei Drosselklappen, die erste mit 1,85 m und die zweite mit 1,55 m  $\phi$ . Ferner ist auf das Rohrende von 1,30 m  $\phi$  ein Deckel angeschraubt. Beim vollen See kann die Leitung 40 m<sup>3</sup>/s abführen.

Die Talsperre (Bilder 4 bis 12) ist als Schwergewichtsmauer, mit annähernd dreieckförmigem Querschnitt, ausgeführt. Die 4 m breite Krone liegt auf Kote 1768,60, also 1,60 m über dem Stauziel. In Anpassung an die topographischen Verhältnisse setzt sich die Mauer im Grundriss aus drei geradlinigen Elementen zusammen. Das mittlere, das die eigentliche Schlucht abschliesst, weist eine Länge von 226 m auf, während sich die Flügel links auf 87 m und rechts auf 143 m erstrecken. Durchgehende Querfugen trennen die Mauer in einzelne vertikale Lamellen, welche, jede für sich, standfest sind. Der normale Abstand der Fugenachsen beträgt 18 m. Beim rechten Flügel wurde eine engere, dem Längenprofil angepasste Einteilung gewählt. Unterhalb der Kote 1747,20, d. h. von rd. 20 m unter dem Stauziel bis zum Mauerfuss, weisen die Fugen Aussparungen von 3 m Breite auf. Der Verband zwischen den einzelnen Mauerelementen ist durch eine leicht verzahnte Berührungsfläche von 5,50 m Breite auf der Wasserseite gewährleistet. Auf der Luftseite berühren sich die Elemente auf einer Breite von 3,50 m. Die Anordnung von Hohlräumen weist kostenmässig und technisch wichtige Vorteile auf. Sie verhindern das Auftreten eines schädlichen Auftriebes im Innern der Staumauer. Der Mauerunterhalt und die Kontrolle der Dichtigkeit lassen sich in einfacherer Weise als bei einer vollen Mauer vornehmen. Die Hohlräume

gewährleisten eine raschere Abführung der Abbindewärme des Zementes und eine gleichmässige Verteilung der Mauertemperaturen. Während der Bauausführung haben sie gestattet, gleichzeitig an beidseits liegenden Blöcken zu betonieren und somit die Betonierinstallation voll auszunützen. Die Dichtigkeit der Fugen auf der Wasserseite ist durch eine besondere Stahlblechkonstruktion, die eine mit plastischer Masse ausgefüllte Nut aufweist, gewährleistet. Das Prinzip dieses Dichtungssystems wurde erstmals im obersten Teil der Seeuferreggsperre angewendet; es wurde dann bei der Ausführung der Abschlussmauer des Ausgleichbeckens in der Handeck weiterentwickelt und erprobt.

Auf der Wasserseite beträgt der Maueranzug 1:0,02; auf der Luftseite nimmt er stufenweise von 1:0,74 unterhalb der Krone bis zu 1:0,85 beim Mauerfuss zu. Die statische Berechnung wurde wie für eine Schwergewichtsmauer gewöhnlichen Typs, d. h. ohne Berücksichtigung der seitlichen Drainage der Mauerelemente durch die offenen Baufugen, durchgeführt. Die maximalen Druckbeanspruchungen aus Eigengewicht und Wasserdruck betragen 80 m unter dem Stauziel:

beim leeren Becken auf der Wasserseite	19,4 kg/cm <sup>2</sup>
beim vollen Becken auf der Luftseite	23,2 kg/cm <sup>2</sup>
beim vollen Becken auf der Wasserseite	6,6 kg/cm <sup>2</sup>

Wie ersichtlich, bleiben die Druckspannungen in mässigen Grenzen; sie erreichen nicht  $\frac{1}{10}$  der Materialfestigkeit. Ferner beträgt die minimale Druckspannung auf der Wasserseite 82 % des dort wirkenden Wasserdruckes. Die bei der Projektierung der bestehenden grösseren schweizerischen Talsperren beachtete Bedingung, wonach ein allfälliger bis 80 % des Wasserdruckes betragender Auftrieb in der Fundamentsohle oder in einem beliebigen Sperr-Horizontalschnitt durch die minimale eigene Mauerpressung gedeckt werden muss, ist hier also auch erfüllt. Beim vorliegenden Mauertyp bewirken zwar die bis zum Felsfundament offen gehaltenen Fugen eine starke Reduktion des Auftriebes. Ferner wurden nach der Verdichtung des Fundamentes mittels Injektionen noch Kontrollbohrungen vorgenommen und als Drainagen offen gelassen, um allfällige Undichtigkeiten sofort wahrnehmen zu können. Die gewählte Mauerkonstruktion bietet also eine grössere Sicherheitsmarge für unvorhergesehene Beanspruchung als eine normale Schwergewichtsmauer und gestattet gegenüber einer solchen gleichwohl eine Mauerwerksparsnis von 9 %.

Die Mauer ist aus Beton mit einer Dosierung von 180 kg Portlandzement pro m<sup>3</sup> im Kern und 280 kg Portlandzement pro m<sup>3</sup> in einer Schicht von 1,50 m Stärke auf der Wasser- und auf der Luftseite, sowie bei der Kronenkonstruktion ausgeführt. Bei dieser Zementdosierung, der Breite der Betonierblöcke und besonders dem Vorhandensein der offenen Fugen waren keine weiteren besonderen Massnahmen vorzusehen, um während der Bauausführung die Abbindewärme des Zementes abzuführen. Da jedoch auch mässige Abkühlungsspannungen sich bei einer ungünstigen Form des Fundamentprofils konzentrieren und zu Rissbildungen führen können, wurden an einzelnen Stellen einige Armierungen in der Fundamentsohle angeordnet. Im grossen und ganzen war es

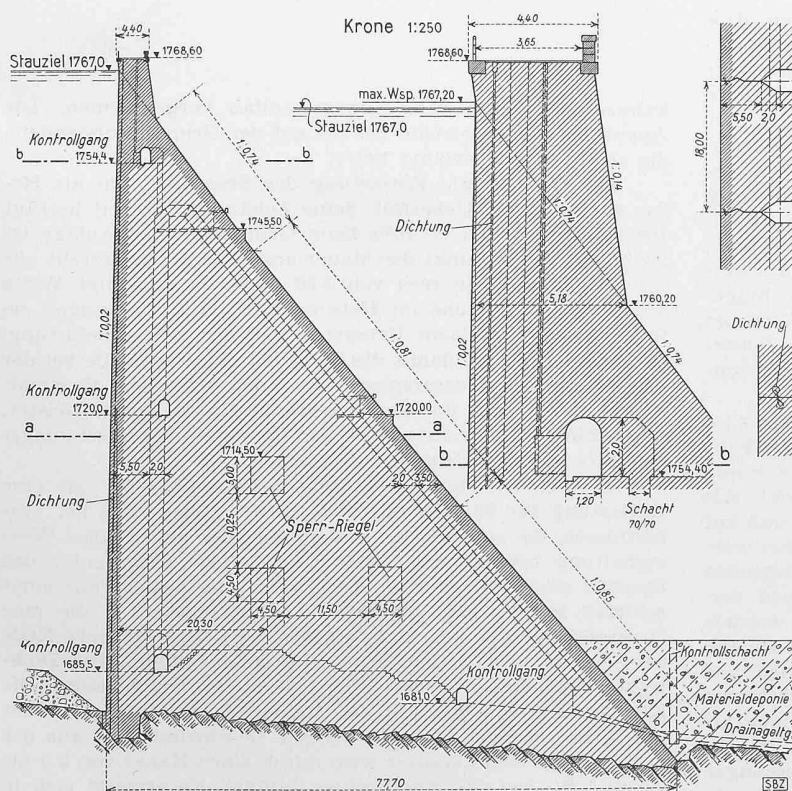


Bild 8. Mauerquerschnitt 1:1000, mit Details

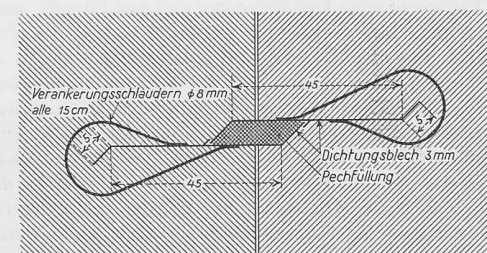
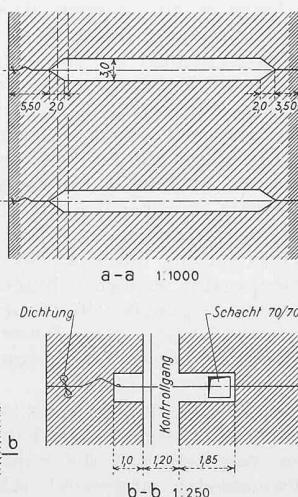


Bild 9. Mauerfugen-Dichtung, Horizontalschnitt 1:15







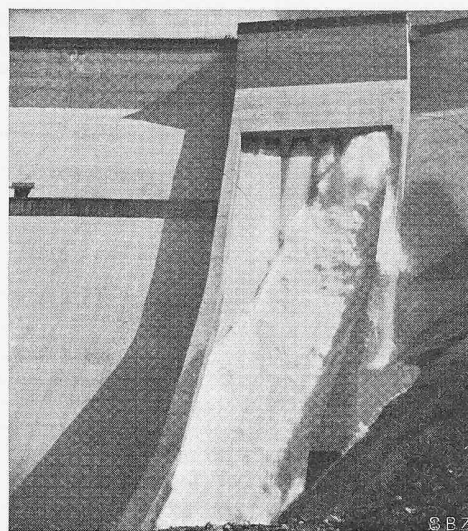
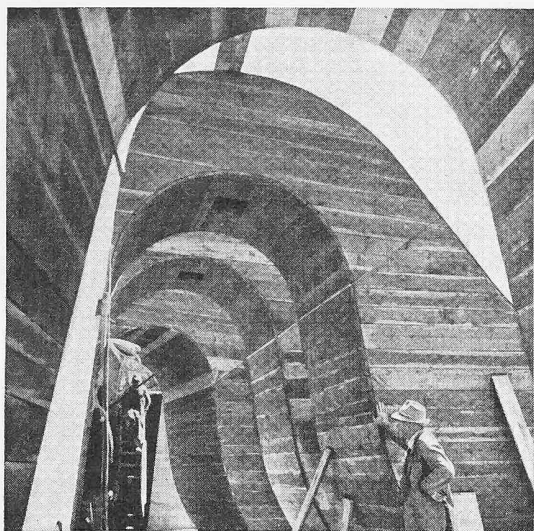


Bild 11. Schalung für die Saugüberfälle

Bild 12. Ueberfälle in Tätigkeit

einen im Fels ausgesprengten Trichter, der ebenfalls dazu dient, das Wasser aus den Saugüberfällen zu sammeln. Vom Trichter führt schliesslich ein im Fels ausgesprengter Schacht von 3 m  $\phi$  und 100 % Neigung in den Grundablassstollen.

Die gesamte Mauerwerkskubatur beträgt rd. 280 000 m<sup>3</sup>, diejenige des Aushubes im Schutt 8500 und im Fels 30 000 m<sup>3</sup>. Das erforderliche Betonmaterial wurde aus den Ablagerungen der Aare im Rätherichsboden selbst gewonnen.

Fortsetzung folgt

## Der Weg in die Praxis

DK 62.0072

HANS CONRAD, a. Oberingenieur der Rhätischen Bahn, Vizepräsident der G. E. P., hat anlässlich der Schlusssektion der Studierenden der beiden obersten Semester der Bauingenieurabteilung der ETH im Juli dieses Jahres folgende Tischrede gehalten:

Liebe Studierende!

Wenn Sie jetzt bald ins Berufsleben hinaustreten, die einen früher, die andern später, so bringen Sie eine theoretische Ausbildung mit, die in manchen Disziplinen, entsprechend dem Fortschritt der Forschung, weiterreichend ist als die unsrige vor 42 Jahren.

Was Ihnen aber, genau wie es bei uns seinerzeit der Fall war, fehlt, ist die Erkenntnis der praktischen Anwendungsmöglichkeit Ihres Wissens. Und so beginnt denn auch für Sie gewissermassen erst beim Eintritt in die Praxis die eigentliche Lehrzeit, die erst zu Ende geht, wenn Sie einst Bleistift, Reissbrett, Rechenschieber und Theodolit beim Abschluss Ihrer beruflichen Tätigkeit aus der Hand legen.

Hoffentlich ist jedem von Ihnen ein väterlicher Lehrmeister beschieden, der Ihnen zeigt, wie man immer und überall mit offenen Augen und aufmerksamen Blick

zusehen soll, um von jedem Arbeitskollegen, vom obersten bis zum untersten, vom Bauführer über den Vorarbeiter, Maurer, Mineur bis zum Handlanger sein spezielles Können, seine besondern Handgriffe zu erlernen.

Und wenn Sie dann etwas weiter sind, so bemühen Sie sich, so gründlich als irgendwie möglich in das Geheimnis der Leistung pro Zeiteinheit für jede einzelne Arbeitsgattung einzudringen, da nur dieses Ihnen gestattet, den richtigen Gang einer Baustelle zu beurteilen.

Vergessen Sie nie, dass, so grosszügig unser Beruf ist und so grosszügige Leistungen er auch vollbringt,

die Ingenieur-Tätigkeit sich aus einer Unsumme von gewissenhafter Kleinarbeit zusammensetzt. Das Disponieren aus dem Handgelenk gelingt den meisten von uns wohl erst in den reifern Jahren und auch dann nur auf Grund einer sorgfältig vorbereiteten Gesamtkonzeption.

Und noch eines! Hochschulstudium und Akademiker sein verpflichten während des ganzen Lebens. Sie verpflichten uns vor allem zu Bescheidenheit. Sie sollen uns vor jeder Ueberheblichkeit bewahren, schon deshalb, weil es in den weitaus meisten Fällen nicht unser persönliches Verdienst ist, dass wir haben studieren dürfen, sondern dasjenige unserer Eltern. Sie verpflichten uns zu einer einwandfreien Lebensführung, zu einer anständigen Haltung gegenüber Mitmenschen und Allgemeinheit.

Lernen wir jeden, auch den untersten Mitarbeiter, achten, wenn er dort, wo ihn sein Schicksal hingestellt hat, seine Pflicht tut. Bringen wir jedem unser Vertrauen entgegen, und entziehen wir es ihm erst, wenn er bewiesen hat, dass er es nicht verdient. Seien wir jederzeit, auch in unangenehmen Situationen, gegenüber Vorgesetzten und Untergebenen offen und gerecht. Nur so wird es uns gelingen, zur Führerschaft emporzusteigen, zu der wir berufen sind und die uns gestattet, ganze Belegschaften auch in schwieriger Lage mitzureissen.

Unser Hochschulstudium soll uns aber auch vor Materialismus und einseitigem Streben nach irdischen Gütern bewahren. Es soll uns den Zugang zu andern Wissensgebieten, zu denjenigen der Philosophie, Kunst, Musik, Geschichte usw. offen halten. Glücklicherweise der Mann, der neben seiner beruflichen Tätigkeit noch die Zeit findet, eines oder sogar mehrere von ihnen zu pflegen und sich damit ein Steckpferd für seinen Ruhestand zu sichern.

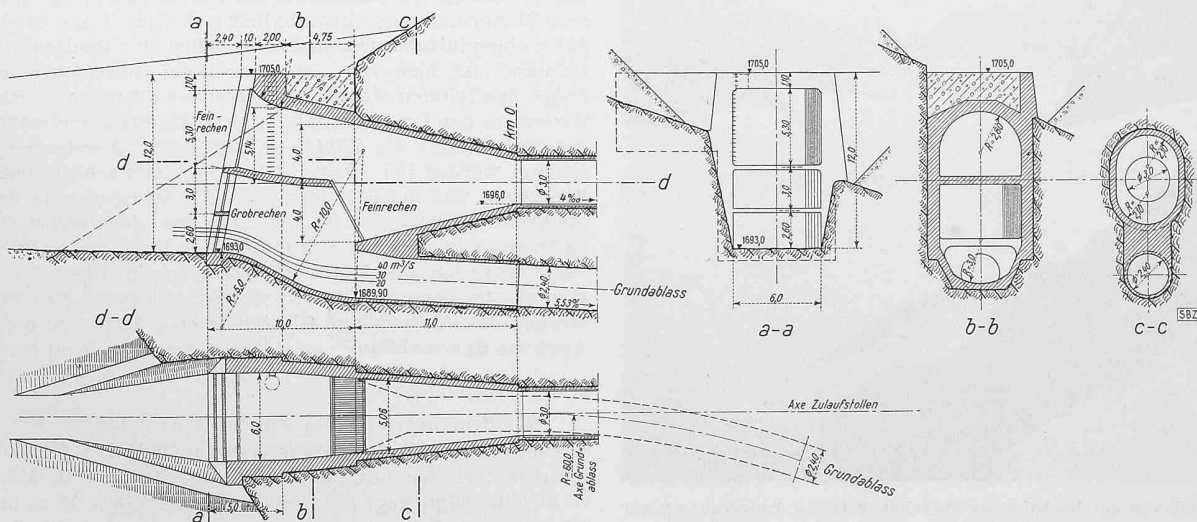


Bild 13. Rätherichsboden, Grundablass und Stolleneinlauf 1:500