

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 78 (1960)  
**Heft:** 35

**Artikel:** Aus der Projektierung für die Kraftwerkgruppe Hinterrhein: die Anlagen für die Baustromversorgung und die Leitungen für den Energie-Abtransport  
**Autor:** Dreier, Max  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-64948>

### **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>**

## Die Anlagen für die Baustromversorgung und die Leitungen für den Energie-Abtransport

Von Max Dreier, Bau-Ing. ETH

Zweck des folgenden Aufsatzes ist es, durch eine Beschreibung dieser Nebenanlagen einen Einblick in deren respektablen Umfang zu gewähren. Auf die mannigfaltigen technischen Aufgaben, die sich im Gebirge dem Leitungsbauer allgemein stellen, und die es auch im vorliegenden Fall zu lösen galt, soll nicht näher eingetreten werden; ebenso nicht auf die heiklen terminlichen und organisatorischen Probleme, die dadurch entstehen, dass die Baustromversorgung schon sehr frühzeitig, d. h. vor dem Beginn der eigentlichen Bauarbeiten, funktionieren muss.

### I. Baustromversorgung

#### 1. Netz und Trafostationen

Das Verteilnetz der Rhätischen Werke AG. für Elektrizität, Thusis, — soweit es überhaupt im Baugebiet vorhanden war — konnte die zusätzliche Aufgabe, die verschiedenen Baustellen der Kraftwerkgruppe Hinterrhein mit elektrischer Energie zu versorgen, nicht übernehmen. Es musste ein eigenes Baustromnetz erstellt werden, welches überdies nach der Betriebsaufnahme durch die Kraftwerke gemäss Konzessionsvertrag die Ortsversorgung der Verleihungsgemeinden zu übernehmen hat.

Dieses Netz ist im generellen Schema, Bild 1, S. 569, dargestellt. Seine geographische und leistungsmässige Ausbaugrösse hatte sich nach der Lage der Baustellen und den für diese zu erwartenden Anschlusswerten zu richten.

Die Energie wird beim Albula-Werk des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich über zwei 50-kV-Leitungen bezogen. Die eine mündet direkt in die 50/16-kV-Trafostation Sils (installierte Transformatorleistung 2000 kVA), und die andere speist vier weitere Trafostationen 50/16kV, welche an zentral gelegenen Stellen in den übrigen Hauptverbrauchsgebieten gebaut wurden, und zwar in Sufers und Ferrera mit einer installierten Trafoleistung von je 2000 kVA, in Bärenburg für eine solche von 4000 kVA und in Campsut für 6000 kVA + 2000 kVA Reserve. Das Total der installierten Trafoleistung 50/16 kV beträgt somit ohne Reserve 16 000 kVA.

Bild 2 zeigt als Beispiel die Trafostation Ferrera während des Baues. An der Vorderwand ist die 50-kV-Einführung sichtbar. Die 16-kV-Stränge werden bei allen fünf Trafostationen 50/16 kV als Kabelleitungen auf Kabelendmaste hinausgeleitet. Von dort führen sie als Freileitungen auf die einzelnen Baustellen zu total 39 Stationen 16/0,38 kV, wo der Strom auf die Verbrauchsspannung transformiert wird. Die gesamte installierte Transformatorleistung 16/0,38 kV beträgt rund 20 000 kVA. In diesen Zahlen sind die Stationen für die Ortsversorgung nicht eingerechnet. Sämtliche Stationen sind aus Holz gebaut, das mit einem feuerhemmenden Anstrich versehen wurde.

Um die Energielieferungen für die lebenswichtigen Betriebe auch für den Fall sicherzustellen, dass Störungen im Netz auftreten, wurden in den wichtigsten Verbrauchszentren *Notstromanlagen* aufgestellt. Die grösste mit zwei Dieselgruppen zu je 550 kVA befindet sich in Campsut. Eine dieser Gruppen wird später in der Zentrale Ferrera, die andere in der Zentrale Bärenburg als Notstromaggregat ihren Dienst versehen.

Zur Verbesserung des Leistungsfaktors wurden in Campsut und Bärenburg 16-kV-Kondensatorbatterien von je 1000 kVar eingebaut und auf diese Art der  $\cos \varphi$  auf den vertraglichen Mindestwert von 0,85 erhöht.

#### 2. Belastung des Netzes und Energieverbrauch

Die Belastung des Netzes und der Energieverbrauch sind in Bild 3 dargestellt. Dividiert man die maximale Be-

lastung, welche im Herbst 1959 8400 kW betrug, durch die installierten Transformatorleistungen, so ergibt sich für die Transformatoren 50/16 kVA ein durchschnittlicher Ausnutzungsgrad von 52 % und für die Transformatoren 16/0,38 kVA ein solcher von 42 %. Diese Ueberinstallation ist notwendig, weil die einzelnen Stationen auf die maximal geforderte Anschlussleistung ausgebaut werden müssen, aber nicht alle Baustellen gleichzeitig mit der Spitzenbelastung arbeiten.

### 3. Baustromleitungen

Die totale Länge aller 50-kV-Leitungen beträgt 37 km. Die 16-kV-Leitungen zusammen messen rund 52 km. Dazu kommen noch die Verteilleitungen von den 16/0,38-kV-Stationen zu den Verbrauchsstellen. Wo zwei Hochspannungsleitungen parallel verlaufen, wurden sie auf das gleiche Gestänge gelegt.

Die 13 km lange Teilstrecke 16/50 kV von Sils nach Bärenburg ist in den obigen km-Zahlen enthalten. Diese

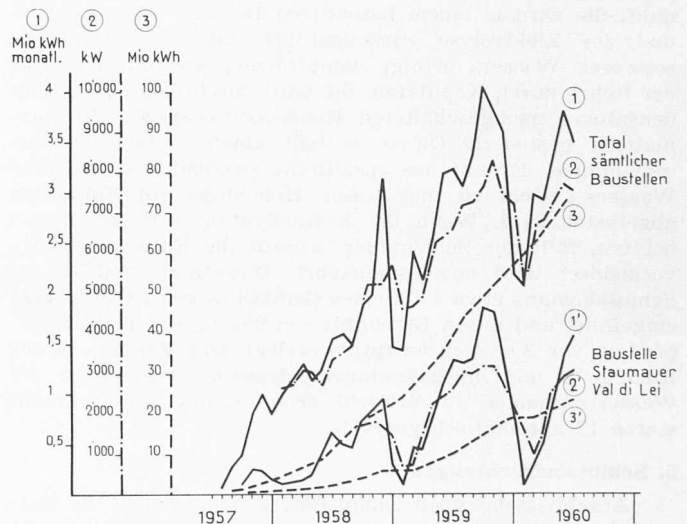


Bild 3. Energieverbrauchs- und Belastungsdiagramm. 1 monatlicher Stromverbrauch, 2 Belastung, 3 totaler Energieverbrauch ab Baubeginn bis Ende Juni 1960. Werte mit ' beziehen sich ausschliesslich auf die Baustelle Valle di Lei

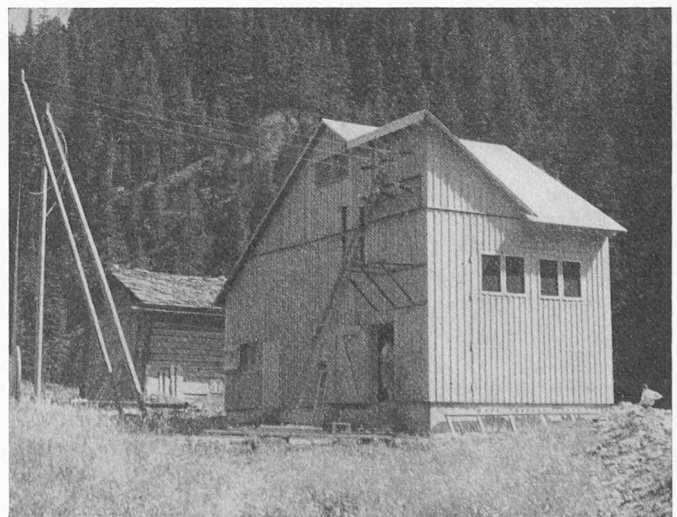


Bild 2. Transformatorenstation 50/16 kV Ferrera

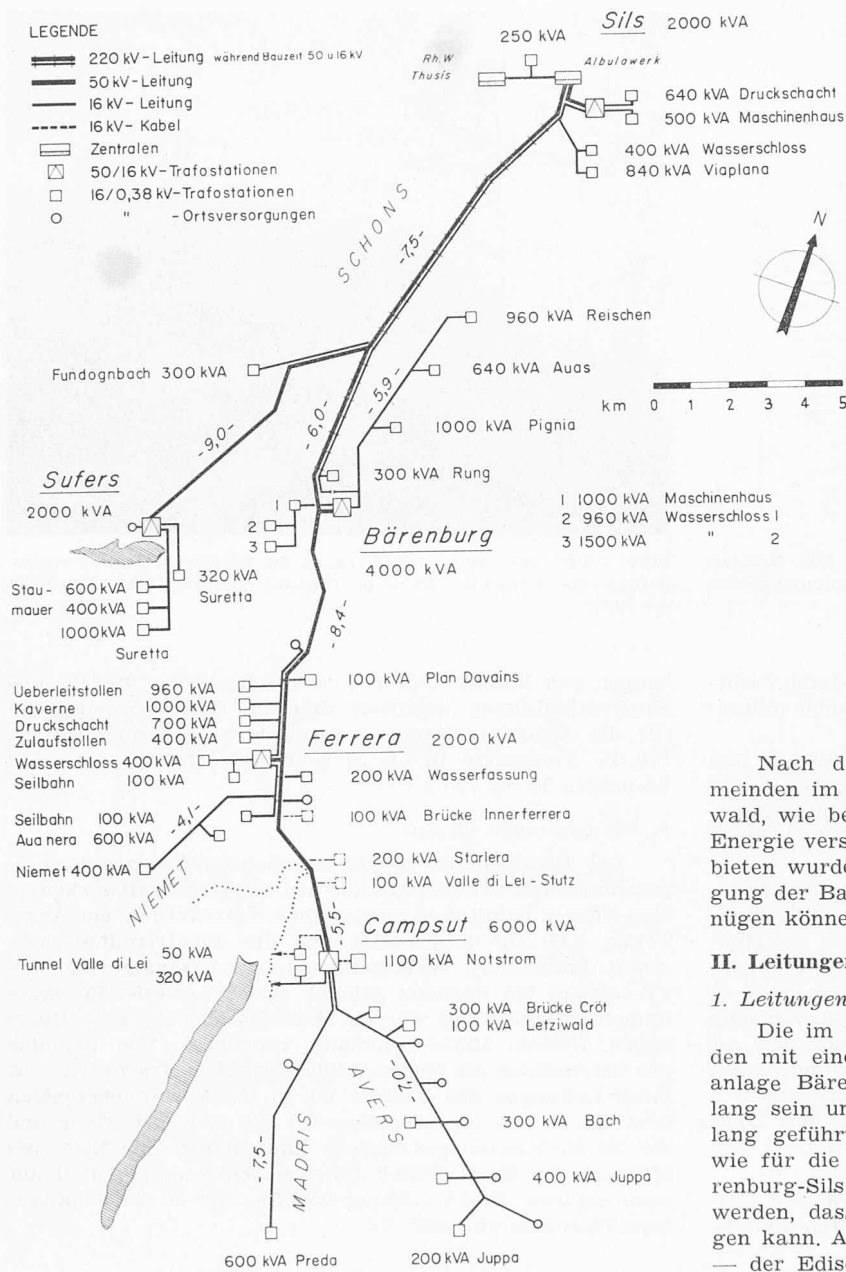


Bild 1. Generelles Schema der Baustromversorgung, Masstab 1:200 000

Leitung wurde jedoch von Anfang an als 220-kV-Doppel-  
leitung erstellt und wird nur während der Bauarbeiten auf  
einem Strang mit 16 kV und auf dem andern mit 50 kV be-  
trieben. Dies erwies sich als die günstigste Lösung, da zum  
Schutz der Wälder und des Landschaftsbildes und zur Er-  
reichung einer genügenden Betriebssicherheit im Gebiet der  
Rongellen- und Viamalaslucht grosse Spannweiten unver-  
meidlich waren, die auch für eine provisorische Baustrom-  
leitung Stahlmaste mit grossen Leiterabständen erfordert  
hätten.

Die Baustelle der Staumauer Valle di Lei wird von der  
Station Campsut aus einerseits durch eine 16-kV-Freileitung  
und andererseits — durch den rund 1000 m langen Strassen-  
tunnel hindurch — mit einer 16-kV-Kabelleitung versorgt.  
Dieses Kabel wird später für die Speisung der elektrischen  
Einrichtungen (Abschlussorgane bei der Staumauer usw.)  
verwendet.

Die Hochspannungsleitungen sind mit 95-mm<sup>2</sup>-Aldrey-  
Seilen ausgerüstet; für die 16-kV-Leitungen wurde jedoch  
zum Teil auch 8-mm-Kupferdraht verwendet. Die Tragwerke  
bestehen aus Holzstangen (Bild 4). Einzig für sehr grosse  
Spannweiten wurden ausbetonierte Rohrmaste aufgestellt  
und als Leiter solche aus Stahlaldrey verwendet.

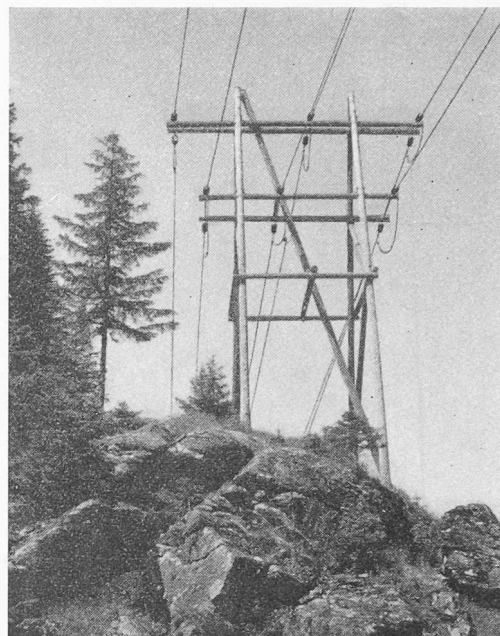


Bild 4. Holzmast für Baustromleitung. Oben ein  
Strang 50 kV, unten ein Strang 16 kV

Nach den Konzessionsbestimmungen müssen die Ge-  
meinden im Avers, Val Madris, Schöns und untern Rhein-  
wald, wie bereits erwähnt, durch die KHR mit elektrischer  
Energie versorgt werden. Die 16-kV-Leitungen in diesen Ge-  
bieten wurden deshalb so ausgebaut, dass sie nach Beendi-  
gung der Bauarbeiten auch diesem permanenten Betrieb ge-  
nügen können.

## II. Leitungen für den Energie-Abtransport

### 1. Leitungen ab Ferrera

Die im Kraftwerk Ferrera erzeugten 185 000 kW wer-  
den mit einer einsträngigen 220-kV-Leitung in die Schalt-  
anlage Bärenburg abgeführt. Diese Leitung wird 7,9 km  
lang sein und der rechten Hangseite des Val Ferrera ent-  
lang geführt werden. Die Belegung ist gleich vorgesehen  
wie für die weiter unten beschriebene 220-kV-Leitung Bä-  
renburg-Sils. Die Bauarbeiten müssen so vorangetrieben  
werden, dass die Betriebsaufnahme im Oktober 1961 erfol-  
gen kann. Auf Wunsch des italienischen Partners der KHR  
— der Edisonvolta S.p.A., Mailand — soll die Möglichkeit  
offen gelassen werden, den italienischen Energieanteil durch  
eine Leitung über den Niemet- (Emet-) Pass von Ferrera  
direkt nach dem Energieknotenpunkt Mese zu übertragen.

### 2. Die 220-kV-Leitung Bärenburg-Sils

Aus den bereits angegebenen Gründen wurde diese zwei-  
strängige Leitung schon 1957 fertig erstellt. Sie dient vor-  
läufig der Baustromversorgung und nach Beendigung der  
Bauarbeiten dem Abtransport der in den Kraftwerken Fer-  
rera und Bärenburg erzeugten 410 000 kW. Die Länge der  
Leitung beträgt rund 13 km. Das Trasse führt an den linken  
Talhängen des Hinterrheins entlang — von der Strasse  
aus nur wenig sichtbar — überkreuzt den Fluss bei der Ron-  
gellen-Schlucht und führt auf direktem Weg über die Car-  
schenna-Alp in die 220-kV-Schaltanlage Sils.

Für die sechs Leiter wurden 550-mm<sup>2</sup>-Aldrey-Seile von  
30,5 mm Durchmesser gewählt, die aus 91 Drähten mit je  
2,78 mm Durchmesser bestehen. Die maximale horizontale  
Zugkraft bei 0° C und 3 kg/m Eis-Zusatzlast beträgt in der  
grössten Spannweite pro Leiter 5 400 kg. Das Erdseil weist  
19 verzinkte Stahldrähte von 2,3 mm Durchmesser auf und  
hat einen Querschnitt von 80 mm<sup>2</sup>. Als Isolatoren wurden  
für die Tragketten je drei Langstäbe mit acht Schirmen  
und 75 mm Strunkdurchmesser und als Abspannketten je  
drei Langstab-Isolatoren mit neun Schirmen und 85 mm  
Strunkdurchmesser verwendet. Spannungs- und mastseitig,  
sowie zwischen den einzelnen Elementen sind die Isolatoren-

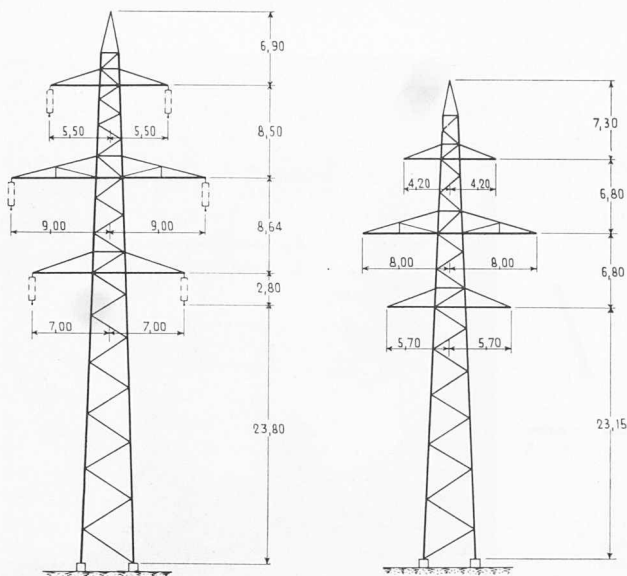


Bild 5. Die Mastbilder der 220-kV-Leitung Bärenburg - Sils, Masstab rd. 1:700. Links Tragmast für Spannweiten > 500 m, rechts Abspannmast für Spannweiten < 500 m

ketten durch Schutzarmaturen gegen Schäden durch Lichtbögen geschützt. Diese Armaturen verhindern auch weitgehend Radiostörungen.

Die Leitung zählt 28 Trag- und 12 Abspannwinkel- und Endmaste, die eine mittlere Höhe bis zum untersten Leiter von rund 23 m aufweisen. Bild 5 zeigt die gewählten Mastbilder. Die grösste Spannweite beträgt 646 m, die kleinste 128 m und die mittlere 332 m.

Die Tragwerke sind Rohrmaste, System Motor-Columbus. Sie bestehen ausschliesslich aus Stahlrohren. Die senkrecht stehenden Eckstiele wurden wie üblich nach der Montage mit Beton gefüllt. Dieses Verfahren erlaubt Stahleinsparungen und die Wahl von grossen Knicklängen, was zu weitmaschigen Fachwerken und zusammen mit den runden Stabquerschnitten zu einer Konstruktion führt, die sich gut in die Landschaft einpasst. Die Rohre sind innen und aussen feuerverzinkt, darüber hinaus aber noch mit einer dunklen Farbe gestrichen. Diese soll bis zur Abdunklung des Zinküberzuges, die im allgemeinen nach wenigen Jahren von selbst eintritt, die Maste gegen Sicht tarnen.

Als Gründungen für die Maste wurden vorwiegend Einzelfundamente aus armiertem Beton erstellt, deren Abmes-

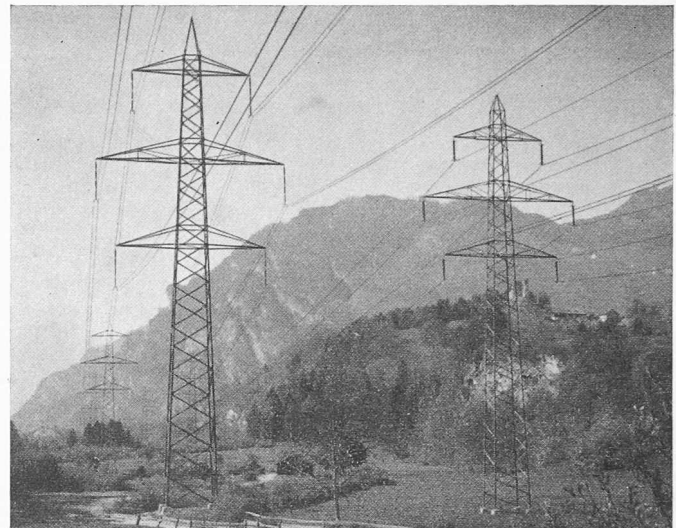


Bild 6. Die Leitungen ab Sils. Links die 220/380-kV-Gemeinschaftsleitung Sils - Bonaduz, rechts die 150/220-kV-Leitung Sils - Fällanden des EWZ

sungen von Fall zu Fall den unterschiedlichen Boden- und Kraftverhältnissen angepasst sind. Die Grössenordnung der für die Dimensionierung massgebenden Zugkräfte betrug für die Tragmaste 16 bis 31 t und für die Abspann- und Endmaste 30 bis 120 t.

### 3. Die Leitungen ab Sils

Der Grossteil der in Sils anfallenden Energie wird — zusammen mit der Energie aus den Misoxer-Kraftwerken — über die den Nordostschweizerischen Kraftwerken, der Aare-Tessin A.G. für Elektrizität und der Elektrizitäts-Gesellschaft Laufenburg A.G. gehörende zweisträngige 220/380-kV-Leitung bis Bonaduz geleitet. Als Tragwerke für diese Gemeinschaftsleitung wurden ebenfalls ausbetonierte Rohrmaste, System Motor-Columbus, verwendet. Von Bonaduz aus übernehmen die Nordostschweizerischen Kraftwerke auf ihren Leitungen den Transit bis in die Verbrauchszentren bzw. bis zu den Abgabestellen für die andern Partner und für die Elektrizitätsgesellschaft Laufenburg. Das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich führt seinen Energie-Anteil auf einer eigenen 220-kV-Leitung von Sils bis in die Schaltanlage Fällanden ab (Bild 6).

## Stand der Projektierungs- und Bauarbeiten (August 1960)

Von Ernst Stambach, dipl. Bau-Ing. ETH

**Projektierung.** Mit der am 25. Juni 1959 begonnenen Aufsatzzfolge wurden aus der Fülle der bei der Projektierung und Verwirklichung durchzuführenden Berechnungen und Versuche die zum Teil auf wissenschaftlicher Basis erlangten Lösungen einiger Probleme dargelegt. Keineswegs soll damit gesagt werden, dass die getroffenen Massnahmen die allein richtigen seien. Bekanntlich führen viele Wege nach Rom. Das Bestreben geht vielmehr dahin, unter den gegebenen Verhältnissen aus einer Vielzahl von Möglichkeiten technisch zweckmässige und wirtschaftlich vorteilhafte Resultate zu erzielen. Dabei ist zur Einhaltung des aufgestellten Bauprogrammes oft auch die für Fabrikation und Bauausführung verfügbare Zeit mitbestimmend und ausserdem darf unter Einhaltung der Konzessionsbedingungen das Spiel der freien Konkurrenz unter Unternehmern, Fabrikanten und Lieferanten nicht eingeschränkt werden.

Neueste, aus Wissenschaft und Praxis gewonnene Erkenntnisse und modernste Konstruktionen lassen sich leider nicht immer verwerten, besonders solange sie nicht ausreichend erprobt sind. Unter Umständen würden sie Risiken in sich schliessen, die im Hinblick auf den störungsfreien Betrieb des Werkes nicht übernommen werden könnten.

Andererseits muss dem Fortschritt der Technik entsprochen werden, denn die ausschliessliche Anwendung des schon Bekannten und Hergebrachten würde zweifellos nicht nur den Stillstand, sondern den Rückschritt der Entwicklung bedeuten. Es gilt somit, die neuesten Errungenschaften auf allen einschlägigen Gebieten stets aufmerksam zu verfolgen und sie zur Erreichung höchster Qualität der zu erstellenden Anlagen auf ihre Anwendbarkeit hin zu prüfen.

Wir stehen gegenwärtig beim Bau der Kraftwerke Hinterrhein mitten in der Ausführung. Es gibt deshalb noch mannigfaltige weitere Probleme zu lösen, über die im bisherigen Rahmen zu berichten vorbehalten bleibt.

Die Ausführung der Bauwerke, die am 1. April 1957 in Angriff genommen wurden, erfolgte bis anhin ungefähr im Rahmen des aufgestellten Bauprogrammes. In Anbetracht der anfänglichen Ungewissheiten über die den Baufortschritt unter Umständen ausserordentlich hemmenden, naturgegebenen Verhältnisse (Geologie, Hochwasser, Lawinen) sowie der Entwicklung auf dem Arbeitsmarkt (Beschaffung der Arbeitskräfte, Einschränkungen der Arbeitszeit) darf die Einhaltung der Baufristen nicht als selbstverständlich hingenommen werden. Die Ueberwindung auftretender Schwierig-