

**Zeitschrift:** Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 54 (1962)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Wasserwirtschaftliche Erkundungen in Brasilien  
**Autor:** Gisiger, Paul  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-921459>

### **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:** 19.02.2026

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

Im weitem wurde die Anlage noch mit einer Alarmanlage ausgerüstet, welche die verschiedenen möglichen Störungen elektrischer oder mechanischer Art in der Zentrale im Gemeindehaus wie auch beim Pumpenwart optisch und akustisch meldet.

Die Hauptzentrale, in welcher sich auch die Registrieranlage befindet, ist im Gemeindehaus aufgestellt. Es ist jedoch auch möglich, die Anlage vom Pumpenhaus aus zu steuern unter Ausschaltung der Automatik. In der Registrieranlage werden der Stand im Reservoir, die Laufzeiten der Pumpen und die Temperaturen in der Leitung fortlaufend aufgezeichnet. Die Alarmanlage wurde über das Netz der Eidg. Telephonverwaltung von der Securiton AG, Bern, erstellt, während die ganze übrige Steueranlage, bei welcher zum Teil neuartige elektronische Transistorverstärker zur Verwendung kamen, ein Werk der Firma Sauter AG, Basel, ist.

Die beiden Anlagen wurden am 2. November 1959 durch die Kantonalen Behörden abgenommen und stehen seither anstandslos im Betrieb. Gerade im abgelauenen Winter waren sie für die Gemeinden unentbehrlich nach der vorausgegangenen Trockenzeit, welche den Quellertrag äußerst ungünstig beeinflusste.

Zum Schluß mögen noch einige generelle Zahlen über die Bau- und Installationskosten Interesse finden (runde Beträge).

	Zuoz Fr.	Pontresina Fr.
Vorstudien inkl. Sondierungen und Pumpversuch	24 000.—	24 000.—
Filterbrunnen	31 000.—	33 000.—
Pumpenhaus	46 000.—	48 000.—
Druckleitung inkl. Grabarbeiten		
Zuoz etwa 850 m	90 000.—	
Pontresina etwa 1770 m		186 000.—
Pumpenanlage	34 000.—	25 000.—
Steuerung inkl. Kabel	59 000.—	65 000.—
Elektr. und Telephoninstallation	14 000.—	24 000.—
Landerwerb, Diverses und Honorare	39 000.—	45 000.—
Total	337 000.—	450 000.—

Da in beiden Gemeinden der Anteil der Landwirtschaft treibenden Bevölkerung geringer als 50 % ist, kam nur eine bescheidene Subventionierung durch die kantonale Brandversicherungsanstalt in Frage in der Höhe von etwa 8 % der Gesamtkosten.

#### Bilder

- 1 Photo Plattner, St. Moritz  
6 Photo Flury, Pontresina

## Wasserwirtschaftliche Erkundungen in Brasilien

Paul Gisiger, dipl. Ing. ETH, Comano TI

DK 621.221 (81) : 910

### 1. Einleitung

Der Berichtersteller war von 1950 bis 1960 Angestellter der zum Konzern der «Brazilian Traction Light and Power Company Limited» (BRATRACO) gehörenden «Companhia Brasileira Administradora de Serviços Técnicos» (COBAST). Seit Oktober 1953 war er Leiter der der letzteren Gesellschaft unterstellten Planungsabteilung (später «Abteilung für zukünftige Projekte» — «Future Projects Subdivision» genannt), welcher es oblag, die Studien für neue Krafterzeugungsanlagen einzuleiten und bis zur Erstellung von generellen Projekten und Kostenvorschlägen durchzuführen. Zur BRATRACO, einer Holdinggesellschaft kanadischen Rechtes, mit Hauptsitz in Toronto, Kanada, gehören als hauptsächlichste Tochtergesellschaften die «Rio Light S. A.», «São Paulo Light S. A.», «Société Anonyme du Gas de Rio de Janeiro», «Companhia Paulista de Serviços de Gas», «Cidade de Santos — Serviços de Eletricidade e Gas S. A.», «Companhia Telefônica Brasileira» und «Companhia Telefônica de Minas Gerais».

Das durch die Konzerngesellschaften mit Elektrizität und Gas belieferte Gebiet umfaßt die beiden größten Städte Brasiliens, Rio de Janeiro und São Paulo mit Umgebung, sowie den größten Hafen, Santos. Das den beiden Telephon-Konzerngesellschaften gehörende Telephonnetz erstreckt sich weit über die mit Elektrizität versorgten Gebiete hinaus. Diese Gebiete sind die am dichtest bevölkerten und weitest fortgeschrittenen Teile Brasiliens.

Im Jahre 1961 verkauften die Konzerngesellschaften 10 217 Mio kWh elektrische Energie, davon 68 % in São Paulo, Santos und Umgebung, und 32 % in Rio und Umgebung. Die installierte Leistung betrug Ende 1961 2 054 000 kW, wovon 450 000 kW in Wärmekraft- und

der Rest in Wasserkraftanlagen. Im Jahre 1958, dem letzten für welches mir eine Energiestatistik für ganz Brasilien zur Verfügung steht, betrug der Anteil der BRATRACO an der Gesamtstromerzeugung des Landes 65 %. Im Jahre 1960 erreichte der Stromverkauf der Konzerngesellschaften das 2,3fache desjenigen im Jahre 1950; die Zunahme 1960—1961 betrug 9,1 %.

Die Aufgabe der COBAST war, die gemeinsamen technischen und administrativen Belange der die Energieerzeugung bestreitenden Konzerngesellschaften wahrzunehmen und insbesondere neue Erzeugungsanlagen zu projektieren und zu bauen. Diese wurden gewöhnlich erst nach Betriebsaufnahme an die Betriebsgesellschaften übertragen. Zur Durchführung dieser Aufgaben umfaßten die technischen Dienste der COBAST Abteilungen für bauliche, maschinelle und elektrische Projektierung, sowie Bauausführung, und daneben die Abteilung für zukünftige Anlagen, von welcher hier des näheren die Rede sein soll.

### 2. Topographie, Geologie, Hydrologie der Erkundungsgebiete

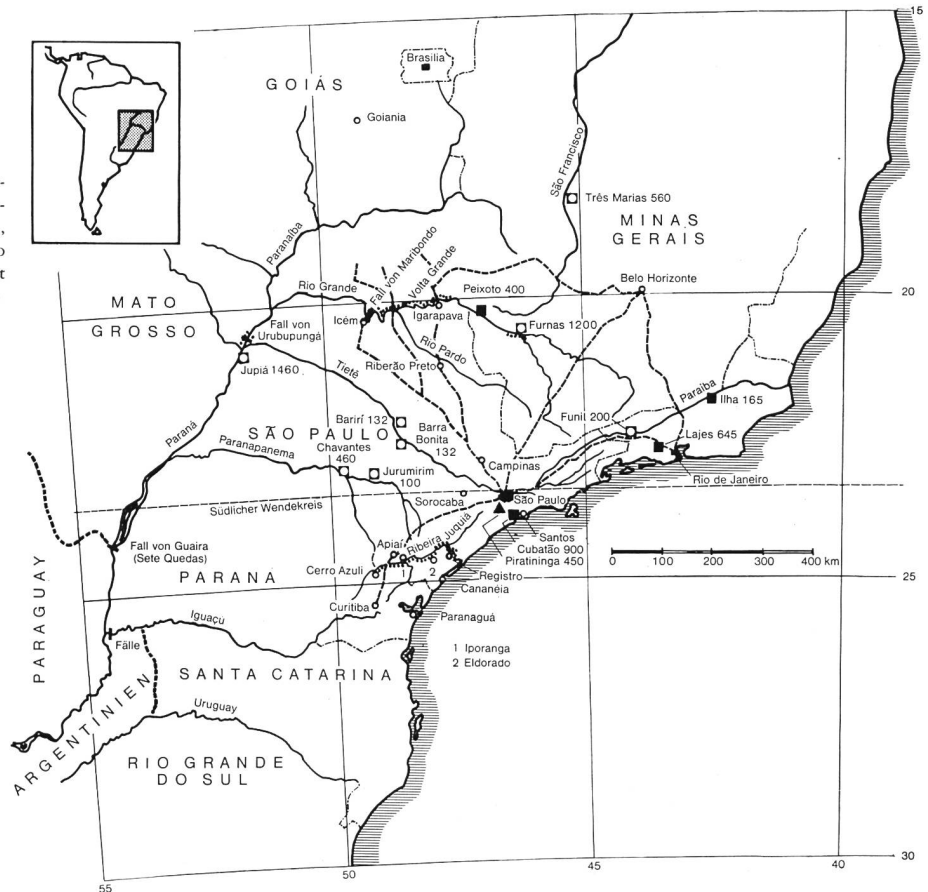
Das Gebiet, über welches sich unsere Untersuchungen erstreckten, umschließt die südostbrasilianischen Bundesstaaten São Paulo und Rio de Janeiro und angrenzende Gebiete der Staaten Minas Gerais und Paraná.

Das hervorstechendste topographische Merkmal dieses Gebietes ist, daß die höchsten Erhebungen im allgemeinen sehr nahe an der Küste liegen und das Land von diesen steil zum Meer, aber mit flacher Neigung gegen das Innere abfällt (Bilder 1 und 2). Dieses In-

Bild 1  
Südost-Brasilien  
Maßstab 1 : 15 000 000

Kraftwerke von über 100 MW Leistung  
(Stand 1960/61)  
Zahlen hinter den Namen geben die bestehende oder vorgesehene Vollausbauleistung in MW. In den Kraftwerken Ilha, Lajes, Cubatão und Piratininga der Rio Light S. A. und São Paulo Light S. A. ist diese Leistung erreicht und im Betrieb

- Hydraulische Anlagen im Betrieb
  - Hydraulische Anlagen im Bau
  - ▲ Thermische Anlagen
- Hauptstraßen  
- - - Im Text erwähnte erkundete Flußstrecken



nerer ist das Becken des Rio Paraná, des größten Flusses von Südamerika nach dem Amazonas; er bildet in einer Entfernung von 650 bis 750 km von der Küste die Westgrenze der Staaten Paraná und São Paulo. Die östlichen (linksufrigen) Nebenflüsse Iguazú und Tietê des Paraná reichen mit ihren Quellgebieten in 900 bis 1200 m Höhe auf 35 km, resp. (Tietê) 15 km an die Küste heran; das heißt, ein Wassertropfen im Tietê aus einer Quelle 15 km vom Meer entfernt macht einen Umweg von 3200 km bevor er bei Buenos Aires den

Ozean erreicht. In der Region von São Paulo und von Curitiba, der Hauptstadt des Staates Paraná, sind deshalb die direkt zur Küste fließenden Flüsse nur kurz, haben aber großes Gefälle und relativ großen Wasserreichtum.

Der Küstenabfall, Serra do Mar genannt, ist vom Meere aus gesehen eine imposante Gebirgsmauer, von der inneren Hochebene aus gleicht die Wasserscheide jedoch eher einer Hügelkette. Dies wird eindrücklich vor Augen geführt auf einer Fahrt über die berühmte Via

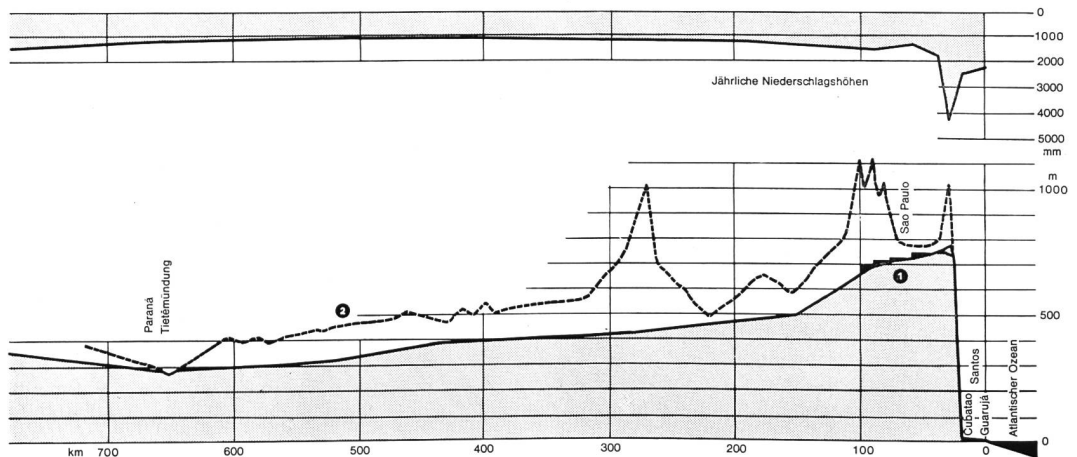


Bild 2 Profil Santos — São Paulo — Paraná Höhen 1 : 30 000 Längen 1 : 6 000 000  
Das Profil entspricht den Höhen des Flußlaufs des Tietê, projiziert auf eine Gerade São Paulo — Tietê mündung

Anchieta von São Paulo nach Santos, auf welcher man zuerst fast eben von São Paulo 35 km nach Süden fährt, um dann von der Kante in 735 m Meereshöhe in etwa 4 km Luftliniendistanz in die Küstenebene von Santos hinabzurollen (Profil Bild 2).

Zwischen Santos und Paranaguá gestattet eine Einbuchtung der Serra do Mar die Entwicklung eines größeren Küstenflusses, des Rio Ribeira (siehe Abschnitt 5). In noch größerem Maßstab ist dies nördlich von Santos der Fall, wo sich das Küstengebirge in zwei Ketten aufteilt, die eigentliche Serra do Mar, die sich unter einigen anderen Lokalnamen über Rio hinaus nach Nordosten fortsetzt, und die dahinterliegende, bis auf fast 3000 m ansteigende Serra de Mantiqueira. Zwischen diesen liegt das Tal des Rio Paraíba, der auf einer Länge von über 500 km parallel zur Küste, aber durch Höhen von stellenweise über 2000 m von ihr getrennt, nach Nordosten fließt, um schließlich bei Campos die Küstenkette zu durchbrechen und zum Meer zu gelangen. Geologisch besteht das Küstengebirge zumeist aus alten kristallinen Gesteinen, Gneis und Granit, welche die charakteristischen Felskegel der Buchten von Rio und Santos bilden.

Südöstlich von São Paulo treten auch Schiefer und Phyllite auf; gegen das Innere wird der Gneis abgelöst durch karbonische Formationen, Quarzit und namentlich Sandsteine. Ein großer Teil des Paraná-Bekens ist in der Triasperiode an zahlreichen Stellen durchdrungen und vielfach bedeckt worden durch eine eruptive Basaltmasse, über welcher sich dann wieder Sandsteinformationen gelagert haben. Dies tritt deutlich zutage im Gebiet des Rio Grande, abwärts von Peixoto; dort sind die zahlreichen Stromschnellen durchwegs von Basaltschwellen gebildet, während die beidseitig das Flußtal begleitenden Bergkuppen aus Sandstein bestehen.

Hydrologisch liegt das ganze Gebiet in einer Zone von über 1000 mm jährlicher Niederschlagshöhe, dem Kamm des Küstengebirges entlang steigert sich diese bis zu über 4000 mm. Die Regenmeßstation Itapanhaú der COBAST, etwa 60 km östlich von São Paulo, hat ein langjähriges Jahresmittel von 4457 mm; an derselben Stelle sind ein 24stündiges Maximum von 622 mm und ein einstäündiges Maximum von 119,8 mm gemessen worden. In São Paulo sind die entsprechenden Zahlen 1270, 102 und 53,7 mm. Die großen Regenfälle dem Küstengebirge entlang sind bedingt durch den Südostpassat, welcher die feuchtigkeitsgeschwängerte Meeresluft gegen die südamerikanische Küste treibt, wo sie an der Gebirgsmauer aufsteigt, sich abkühlt und die Feuchtigkeit fallen läßt. Es besteht jedoch eine ausgesprochene Differenzierung in eine Regenperiode November—März und eine Trockenperiode Mai—Oktober. Hier und da gibt es mehrjährige Perioden spärlicher Niederschläge, wie in den Jahren 1914/1915 und 1953 bis 1955.

Eine auffallende Abweichung von diesen Niederschlagsverhältnissen herrscht über dem relativ kleinen Gebiet der Oberläufe der Flüsse Iguaçú und Uruguay in Südbrasilien. Dort ist die jährliche Verteilung der Niederschläge praktisch umgekehrt, d. h. die höchsten Monatswerte fallen gewöhnlich auf die Zeit zwischen Juni bis Oktober. Die dadurch bedingte komplementäre Gegensätzlichkeit im Wasserdargebot der Flüsse Iguaçú und Uruguay gegenüber den Flüssen weiter im Norden eröffnet Perspektiven für eine zukünftige Verbund-

wirtschaft zwischen Wasserkraftanlagen an diesen Flüssen und denjenigen in den Staaten São Paulo, Rio de Janeiro und Minas Gerais.

### 3. Zweck, Methoden und Mittel der Erkundungen

Es war der Zweck unserer Erkundungen, innerhalb der wirtschaftlichen Energieübertragungsdistanz von den Verbrauchszentren Rio de Janeiro und São Paulo Örtlichkeiten zu finden, welche die notwendigen Voraussetzungen zur Erstellung von Wasserkraftwerken hatten. Sicherheit über die technische und wirtschaftliche Eignung einer als günstig vermuteten Stelle konnte natürlich nur erlangt werden durch Erstellung von generellen Projekten und Kostenvoranschlägen; deren Herstellung verlangte ein gewisses Minimum an topographischen, geologischen und hydrologischen Kenntnissen der Stellen, an welchen Bauten in Frage kamen. Im folgenden soll an einigen Beispielen gezeigt werden, wie diese Kenntnisse beschafft wurden, fast immer in Gegenden, für welche noch keine offiziellen Kartenwerke bestehen, welche schwer zugänglich sind und wo Unterkünfte schwer oder gar nicht zu finden waren.

In bezug auf Karten hatten die Staaten São Paulo (247 000 km<sup>2</sup>) und Minas Gerais (582 000 km<sup>2</sup>) in der Zeit von 1910 bis 1915 einen Anfang gemacht zur Erstellung eines offiziellen Kartenwerkes im Maßstab 1 : 100 000. Infolge von politischen Umwälzungen in den zwanziger und dreißiger Jahren kam dieses Werk zum Stillstand, als erst ein relativ kleiner Teil der beiden Staatsgebiete aufgenommen war. Die erstellten Kartenblätter sind längst vergriffen und Neudrucke wurden nicht gemacht, so daß die im Firma-Archiv verfügbaren Blätter wie ein Schatz gehütet werden mußten.

Von großem Nutzen erwiesen sich jedoch die topographischen, hydrographischen und geologischen Erkundungen, welche die offenbar sehr initiative Regierung der Jahre 1900—1910 des Staates São Paulo für die großen Fluß-Systeme des Landes hatte durchführen lassen (Rio Grande, Rio Paraná, Rio Ribeira usw.). Die Berichte über diese Erkundungen füllen mehrere Groß-Quartbände und sind begleitet von Karten 1 : 50 000 der Flußläufe, die zwar oft nichts anderes als zwei Linien für die Ufer zeigen, aber doch mit Angaben über Stromschnellen und Wasserfälle und vielen Photographien solcher Stellen für unsere ersten Orientierungen von großem Wert waren.

Mit Bezug auf Abflußbeobachtungen und Regenmessungen unterhält die Wasserwirtschaftsabteilung (Divisão de Aguas) des brasilianischen Ackerbauministeriums ein großes Netz von Meßstationen, deren Angaben im allgemeinen zuverlässig sind. In den weniger besiedelten Gebieten wird jedoch das Stationsnetz sehr weitmaschig, so daß wir gezwungen waren, überall wo eine ernsthafte Untersuchung in Frage kam, Pegel einzurichten und Abflußmessungen vorzunehmen.

Die Organisation, Ausrüstung und Arbeitsmethoden der Abteilung für zukünftige Anlagen waren weitgehend bestimmt durch diese Notwendigkeit, fast alle für ein auch nur ganz generelles Projekt notwendigen Unterlagen mit eigenen Mitteln zu beschaffen. Sie war gegliedert in eine Unterabteilung für Topographie und Geologie, eine andere Unterabteilung für Hydrographie,



und die direkt dem Leiter unterstellte Projektierungsgruppe. Die topographisch-geologische Unterabteilung umfaßte fünf bis sieben Topographengruppen, je nach Aufgabe von 10 bis 25 Mann, 3 bis 4 Bohrgruppen für Sondierungen und Kernbohrungen, von ähnlicher Stärke, und das Büropersonal zur Bearbeitung der Feldaufnahmen, darunter auch eine photogrammetrische Gruppe. Diese war mit einem «Kelsh Plotter», einem relativ einfachen Auswertungsgerät amerikanischer Herkunft, ausgerüstet. Zu Aufnahmen für Übersichtskarten, Reservoirstudien usw. im Maßstab 1 : 10 000 bis 1 : 50 000 wurde in mit den Jahren zunehmendem Maße das Flugzeug benutzt; dazu gibt es in Brasilien eine Anzahl leistungsfähiger photogrammetrischer Unternehmen. Detailtopographie im Maßstab 1 : 500 bis 1 : 5000 wurde hingegen normalerweise mit den klassischen terrestrischen Methoden aufgenommen. Dies war die Aufgabe der erwähnten Topographengruppen, die meist in Zeltlagern, und oft weitab von aller Zivilisation, lebten (Bild 13).

Die hydrographische Unterabteilung umfaßte 2 bis 4 Wassermessgruppen, eine Arbeitsgruppe zur Einrichtung von Pegeln und Regenmessstationen, Ablese- und Inspektionspersonal für die 98 Pegel- und 188 Regenmessstationen, die von der Abteilung unterhalten wurden (Stand 1959), und das Büropersonal zur Auswertung und Archivierung der gesammelten Daten.

Im Jahre 1959 betrug der durchschnittliche Personalbestand der gesamten Abteilung 210 Mann, wovon drei Viertel im Felde beschäftigt waren. Zur Überwindung der großen Distanzen mit Personal und Material stand ein Motorfahrzeugpark von normal etwa 30 Einheiten, darunter etwa 10 Jeeps, der Rest Lastwagen, zur Verfügung. Zur Ausrüstung gehörten ebenfalls drei Diamantbohrmaschinen, die fast immer voll beschäftigt waren, und eine Anzahl von Booten und Außenbordmotoren.

Das Personal bestand zum weitaus größten Teil aus Brasilianern. Nur in der Projektierungsgruppe im Büro waren die Brasilianer in der Minderheit. Es ist erwähnenswert, daß ein Brasilianer, der vor etwa 25 Jahren

als Analphabet in den Dienst eintrat, nicht nur Lesen und Schreiben, sondern auch genügend Rechnen und Trigonometrie lernte, um einer der zuverlässigsten Topographie-Gruppenchefs zu werden. Seine Feldbücher waren musterhaft, und derselbe Mann war auch hervorragend in Behandlung und Unterhalt der seiner Gruppe zugeteilten Fahrzeuge. In diesem Punkt herrschten beträchtliche Unterschiede, und die erzieherischen Anstrengungen zu sachgemäßem Umgang mit Automobilen und anderem Material waren nicht immer von vollem Erfolg gekrönt. Der Fahrzeugpark erforderte natürlich jährliche Anschaffungen zum Ersatz ausgeleierter Einheiten; jeder Gruppenchef strebte darnach, die neuesten Wagen zu bekommen, und es war eine der nicht geringsten Sorgen des Abteilungsleiters, dieses Material zweckentsprechend zuzuteilen. Dasselbe galt für die Außenbordmotoren. Da unsere Arbeit meist an Flüssen vor sich ging, war Wassertransport unentbehrlich; wir hatten sowohl Boote gewöhnlicher Bauart, als solche aus Aluminium, benutzten aber auch sehr oft die auf brasilianischen Flüssen seit alter Zeit gebräuchlichen Einbäume (Bild 10), die sehr solid und unempfindlich sind; allerdings können einem die Glieder etwas steif werden, wenn man einen halben Tag lang ohne Bewegungsmöglichkeit in einem Einbaum gesessen hat. Für unsere Zwecke wurden sie natürlich nicht in der alten Weise mit Rudern oder Stacheln, sondern mit Außenbordmotoren fortbewegt, und von diesen sind auch die besten Fabrikate sehr empfindlich gegen Mißbrauch.

In den Zeltlagern mußte darauf gehalten werden, daß in bezug auf Küche, Wasserversorgung, Abfallbeseitigung, Latrinen usw. sanitärische Erfordernisse beachtet wurden. In einem tropischen Land, wo Malaria eine ständige Bedrohung ist, daneben Lepra, die gefürchtete «Chagas»-Krankheit, und eine ganze Anzahl anderer mehr oder weniger gefährlicher Infektions- und Parasitenkrankheiten vorkommen, ist dies besonders wichtig. Die höchste Note in diesem Punkt gebührte einem älteren Brasilianer, der eine Sondiergruppe leitete und dessen Äußeres verriet, daß er mehr indiani-



Bild 3  
Teil des Urubupungáfalles  
am Nordostende der  
Ilha Grande

sche und afrikanische als europäische Vorfahren hatte. Seine Schulbildung war rudimentär und seine Rapporte nicht immer leicht zu lesen, aber im Inhalt zuverlässig, und im «Inneren Dienst» war er hervorragend. Auch bei unangemeldeten Besuchen war in seinen Lagern in bezug auf Ordnung und Reinlichkeit nie etwas zu tadeln.

#### 4. Die Fälle von Urubupungá

Es war anfangs der fünfziger Jahre ersichtlich, daß für das BRATRACO-Gebiet vor Ende des Jahrzehntes mehr als 500 000 kW an zusätzlicher Leistung notwendig sein würden. Die Untersuchung des Rio Ribeira-Beckens war 1952 begonnen worden, zeigte aber bald, daß die dort verfügbaren Leistungen kaum genügen würden und außerdem in relativ kleine Kraftwerke aufgeteilt werden mußten. Im Bestreben, einen Ort für eine möglichst große Kraftwerkeinheit zu finden, und nach dem Studium der im vorigen Abschnitt erwähnten staatlichen Erkundungsberichte, wurde beschlossen, die Fälle von Urubupungá am Paraná, trotz ihrer Luftliniendistanz von 630 km von São Paulo, einer näheren Erkundung zu unterziehen.

Die Fälle von Urubupungá (Urubú = Aasgeier) liegen direkt oberhalb der Mündung des den Staat São Paulo durchfließenden Tietê in den Paraná, und 85 km stromabwärts von der Stelle, wo der Paraná durch den Zusammenfluß von Rio Grande und Rio Paranaíba entsteht. Diese zwei Flüsse haben an jener Stelle eine Durchschnittswasserführung von je über 2000 m<sup>3</sup>/s, so daß die durchschnittliche Wasserführung oberhalb Urubupungá zwischen 5000 und 6000 m<sup>3</sup>/s beträgt, mit Extremen von etwa 1500 und weit über 10 000 m<sup>3</sup>/s.

Die Urubupungáfälle waren auch schon damals — bei trockenem Wetter — unschwierig zu erreichen. Man konnte mit der Eisenbahn bis an den Paraná zu einem Punkt 23 km unterhalb der Fälle fahren. Diese Linie, mit 1-m-Spur, wurde um 1905 bis 1910 an den Paraná vorgetrieben, wobei noch Militär zum Schutz der Arbeiter gegen Indianer eingesetzt werden mußte; 1928 wurde eine 1300 m lange Eisenbahnbrücke über den Paraná erstellt, welche bis letztes Jahr die einzige Brücke über diesen Fluß blieb, und die Bahnlinie nach Westen bis an und über die bolivianische Grenze fortgesetzt, da beabsichtigt ist, sie zu einer Transkontinentalinie auszubauen. Wir hätten auch bis zur Stadt Araçatuba, 130 km von den Fällen, das Flugzeug, das

normale Personenverkehrsmittel auf längere Distanzen in Brasilien, benutzen können. Damit wir aber an den Fällen kampieren konnten, entschieden wir uns für unsere eigenen Transportmittel, d. h. einen Jeep-Stationswagen für das Personal und einen leichten Lastwagen für Zelte, Betten und Vorräte. Die Reise fand im Mai 1954 statt; trotzdem wir uns mitten in einer mehrjährigen Trockenperiode befanden und die normale Regenzeit auf alle Fälle hätte vorüber sein sollen, geschah es, daß am Morgen unserer Abreise ein Landregen begann, der dazu führte, daß wir anstatt der vorgesehenen anderthalb Tage dreieinhalb Tage brauchten, um Urubupungá zu erreichen. Gepflasterte Straßen hörten damals 20 km nördlich von São Paulo auf; von dort an war es roter Lehm, manchmal dick-, manchmal dünnflüssig.

Der nordwestliche Teil des Staates São Paulo, den ich bei dieser Gelegenheit zum ersten Male sah, ist erst in den letzten 50 Jahren besiedelt worden, trägt jetzt aber Millionen von Kaffeestauden. Der beste Kaffeeboden ist die dunkelrotbraune «terra roxa»; als Straßenbelag in nassem Zustand ist sie jedoch weniger geeignet.

Bei der Annäherung an den Paraná wird die Besiedlung spärlicher, die Kaffeefelder hören auf und teilweise steht noch Urwald, der aber in unvernünftigster Weise zerstört und verbrannt wird, meist nur, um Viehweide zu erhalten.

Die den Urubupungáfällen nächste Ortschaft, Itapura am Nordufer des Tietê, erreicht man von Süden her mit einer Automobilfähre über den Tietê; hier hat man einen guten Blick auf den Fall des Tietê, der durch die gleiche Basaltschwelle gebildet wird, wie der Urubupungáfall. An diesem Fall besteht schon ein kleines Kraftwerk. Von Itapura aus geht es auf einem Feldweg durch Baumwoll- und Maisfelder an den «Rio Pequeno», der wieder auf einer etwas gebrechlichen Automobilfähre gekreuzt wird. Der «Rio Pequeno» ist ein linker Seitenarm des Paraná, der seinen eigenen Fall, den «Salto Pequeno», bildet, dann den Tietê aufnimmt und mit diesem wieder in den Hauptarm des Paraná mündet (Bild 4). Die Insel zwischen dem letzteren und dem Rio Pequeno, Ilha Grande, ist teils kümmerlich bebaut, teils mit Urwald bestanden. Sie hat an ihrem oberen Ende eine kleine Fischersiedlung, das eigentliche Ziel unserer Reise, denn dort hofften wir,

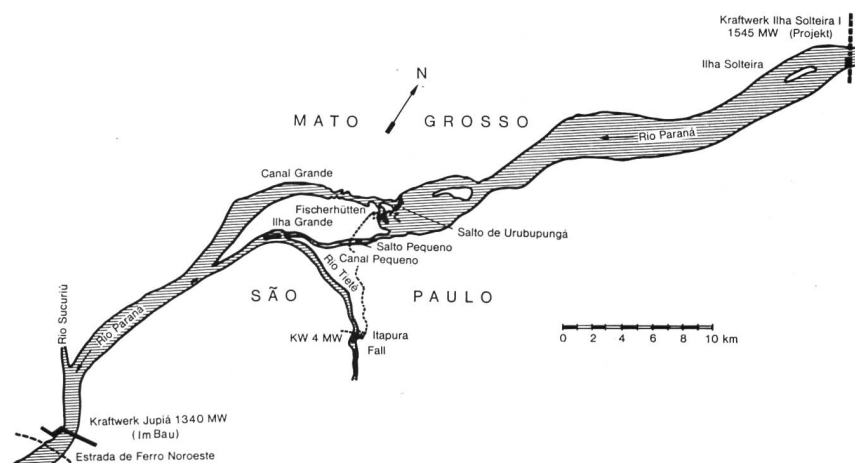


Bild 4  
Der Paraná im Gebiet  
des Urubupungá-Falles

ein Boot mit Außenbordmotor zu finden, das zur weiteren Erkundung unerlässlich war. Die Fischerhütten liegen an dem nächst dem Rio Pequeno östlichsten Arm des Paraná, direkt unterhalb der Schwelle; dieser Arm bildet nicht einen Fall, sondern eine langgestreckte Schußrinne, über welche der Flußarm als riesiger Wildbach herabbraust (Bild 3). Man erklärte uns, daß bei Niedrigwasser dieser Arm durch primitive Fangdämme trockengelegt wird, worauf man den Flußboden nach Diamanten absucht. Ein Boot mit Außenbordmotor wurde uns für den nächsten Tag versprochen; der Eigentümer des Bootes lud uns zum Nachtessen ein, das aus einem wahren Berg von gebackenen Fischen bestand. Der Fluß ist reich an Süßwasserfischen bis zu 1 m Länge. Unsere Zelte brauchten wir nicht aufzustellen, da uns eine leere Hütte zur Verfügung gestellt wurde. In einer solchen Hütte aus Stangen mit Lehmbewurf zu schlafen ist allerdings im Innern Brasiliens nicht ganz ohne Risiko, da sich in den Lehmritzen ohrkäuferartige Insekten aufhalten, welche die Bazillen der «Chagas»-Krankheit übertragen können, die bis jetzt unheilbar ist.

Der nächste Morgen war wunderschön. Ich habe nie mehr ein tropisches Vogelkonzert in solcher Fülle gehört wie dort; im Verein mit der üppigen Vegetation, den aus dem Wasser aufsteigenden leichten Morgennebeln, dem Rauschen der Stromschnellen und dem mächtig hereinbrechenden Tageslicht ergab sich ein unvergeßlicher Eindruck.

Der versprochene Außenbordmotor war trotz langem Bemühen nicht in Gang zu bringen; nach einiger Ratlosigkeit fand sich ein anderer, mit welchem in 20-minütiger Fahrt, zuerst mit der Strömung im Kanal unterhalb der linksufrigen Fälle, nachher stromaufwärts im Hauptkanal unterhalb der rechtsufrigen Hauptfälle, diese erreicht wurden (Bilder 5 und 6). Wir stiegen im Staat Mato Grosso an Land und bestimmten durch mitgebrachte Nivelliergeräte die Höhe des Hauptfalles mit fast genau 9 m; Hochwassermarken wurden oberhalb des Falles etwa 3 m, unterhalb aber mehr als 8 m über dem derzeitigen Wasserspiegel festgestellt. Dieser Unterschied ist leicht erklärlich aus der Tatsache, daß oberhalb der Fälle das Flußbett etwa 2300 m, aber unterhalb zwischen den anstehenden Basaltwänden nur etwa 300 m breit ist. Daraus konnte geschlossen werden, daß bei Hochwasser die Fälle fast verschwinden müssen.

Mit einer Inspektion des Ufers bis auf 1 km landeinwärts in Mato Grosso, und Aufnahme einiger Photographien konnte unser damaliger Zweck als erfüllt betrachtet werden. Wir kehrten mit dem Boot zu den Fischerhütten zurück, bei schöner Beleuchtung der Hauptfälle gegen heranziehende Gewitterwolken (Bild 6). Trotz ihrer relativ geringen Höhe sind diese Fälle imposant durch ihre Ausdehnung von etwa 3 km, die sich von den Anhöhen des rechten Flußufers aus einigermaßen überblicken läßt. Es war augenscheinlich, daß zur Zeit unseres Besuches, 2½ Monate nach dem Ende einer unternormalen Regenzeit, der Fluß weniger als die durchschnittliche Wassermenge führte; wir schätzten sie auf 4500 bis 5000 m<sup>3</sup>/s, was immerhin noch etwa 80 % der normal über die Niagarafälle fließenden Wassermenge wäre. Der Schreibende hatte Gelegenheit, sechs Jahre später, Anfang Februar 1960, die Urubupungáfälle noch einmal zu



Bild 5 Blick über einen Teil des Urubupungáfalles vom Nord-Ufer (Mato Grosso) des Paraná



Bild 6 Teil des Urubupungáfalles im rechten Flußarm (vom Boot aus) am 12. Mai 1954



Bild 7 Dieselbe Flußstelle wie auf Bild 6 am 2. Februar 1960, bei Hochwasser; Standpunkt am Ufer etwas flußaufwärts



sehen, als der Paraná Hochwasser von wahrscheinlich nicht weniger als 12 000 m<sup>3</sup>/s führte; wie zu erwarten, wurde der Fall dadurch zu einer immer noch imposanten Stromschnelle reduziert (Bild 7).

Im Jahre 1954 wurde auf Grund unseres Augenscheines beschlossen, die Stelle im Auge zu behalten und hydrographische und topographische Studien, soweit als für ein Konzessionsgesuch notwendig, fortzuführen. Dazu wurden ober- und unterhalb der Fälle einige Pegel erstellt und Abflußmessungen sowie Vorarbeiten für topographische Aufnahmen gemacht.

In der Folge reservierten jedoch die Staaten des Paranábeckens (Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná und Santa Catarina) den Ausbau des Paraná für Schifffahrt und Kraftnutzung für sich selbst und kamen überein, den Staat São Paulo mit der Erstellung der Wasserkraftanlage Urubupungá zu betrauen. Die Konzession wurde dem Staat von der brasilianischen Bundesregierung im Januar 1956 erteilt, und damit hörte die weitere Bearbeitung dieses Projektes von Seite der BRATRACO auf. Das gemeinsame Organ dieser Staaten, die «Interstaatliche Kommission für das Paraná-Uruguay-Becken» hatte schon vorher einen Vertrag über Projektbearbeitung mit der Edisonbras S. A., São Paulo, einer mit der Milano Edison S. A. verbundenen Firma, abgeschlossen; die weitere Bearbeitung und der Bau stehen jetzt unter der Oberleitung von Dott. ing. Claudio Marcello. Das durch die Edisonbras aufgestellte Projekt sieht ein Stauwehr mit anschließendem Maschinenhaus und Schifffahrtsschleusen vor, direkt oberhalb der Eisenbahnbrücke von Jupirá — 22 km unterhalb der Fälle — mit Stau auf Kote 279, womit die Fälle überstaut werden. Es ergibt sich daraus ein Normalgefälle von 22 bis 23 m und eine Vollausbauleistung von 1 340 000 kW in 18 Einheiten, womit im Durchschnittsjahr etwa 6500 Mio kWh erzeugt werden können. Als obere Stufe ist ein Stauwehr mit Maschinenhaus und Schleuse bei der Insel Solteira vorgesehen, 27 km oberhalb der Fälle, für Stau auf Kote 315, Normalgefälle von 34 bis 35 m, Vollausbauleistung von 1 545 000 kW und einer möglichen Jahresproduktion von 9200 Mio kWh. Die untere Stufe ist im Bau.

## 5. Das Ribeiratal

Es ist schon erwähnt worden, daß das Ribeiratal eine der Stellen ist, wo das Küstengebirge ins Innere ausbiegt und Raum freigibt zur Bildung eines größeren Flusses, der direkt in den Atlantischen Ozean mündet. Der Ribeira und sein hauptsächlichster Nebenfluß, der Juquiá, bilden zusammen ein fast 400 km langes, zwischen Küstengebirge und Meer eingebettetes Tal, das vom Meer durch sekundäre Hügelketten, die aber stellenweise auf über 1000 m ansteigen, abgeschieden ist. Dieselben treten jedoch beidseitig des Unterlaufes des Flusses zurück, wo, zwischen Zusammenfluß von Ribeira und Juquiá und dem Meer, der vereinigte Fluß mit vielen Windungen eine Alluvionsebene durchzieht.

Beim Blick auf eine Karte größeren Maßstabes von Südbrasilien fällt sofort auf, daß das Ribeirabecken «leer» aussieht; es hat wenig Ortschaften und Verkehrswege und ist trotz der relativen Nähe von São Paulo weniger erschlossen und besiedelt als Gebiete im «fernen Westen» des Staates São Paulo längs des Pa-



Bild 8 Fahrt durch eine Stromschnelle im Rio Ribeira

raná. Der Grund dazu liegt wohl in der relativ schweren Zugänglichkeit, und darin, daß es als heiß und fiebergefährlich galt. Wir hatten jedoch während der acht Jahre, in welchen COBAST-Personal dort topographische Aufnahmen und Sondierbohrungen machte, nie einen Fall von Malaria zu verzeichnen, und auch die Hitze schien kaum größer zu sein als in anderen Untersuchungsgebieten.

Das Ribeiratal wurde erkundet, weil es die São Paulo am nächsten liegenden, einigermaßen beträchtlichen und noch nicht anderweitig konzessionierten Möglichkeiten zu bieten schien. Diese Möglichkeiten einigermaßen zuverlässig zu bestimmen, erwies sich bald als eine komplizierte und schwierige, aber auch höchst interessante und oft genußreiche Aufgabe. In dem tief eingeschnittenen und von bis 1500 m hohen Bergen eingeschlossenen Flußtal existierte keine den Fluß begleitende Straße (jetzt wird eine gebaut); der Fluß war auf einer Strecke von 150 km (Luftlinie) oberhalb von Eldorado nur an drei Stellen für Fuhrwerke zugänglich, und auch das nur bei trockenem Wetter. Karten existierten keine, und die erste Auswahl der zu Kraftwerken geeignet scheinenden Stellen beruhte allein auf dem Augenschein.

Die Schwierigkeit der Zugänglichkeit des Ribeiratales wurde mir bei meinem ersten Besuch offenbar, den ich noch gemeinsam mit meinem Amtsvorgänger im Oktober 1953 machte, kurz nachdem die Untersuchungen an Ort und Stelle begonnen hatten. Wir fuhren mit Jeep von São Paulo aus zuerst der Hauptstraße nach Curitiba folgend, aber bald nach Süden abbiegend über die Küstenkette (Lokalbezeichnung Serra de Parana-piacaba), zum Städtchen Juquiá am gleichnamigen Fluß, dem Hauptzufluß des Ribeira. Juquiá ist umringt von Bananenpflanzungen; die Bananen gehen entweder auf Lastwagen nach São Paulo zum Inlandverbrauch oder per Bahn oder Schiff nach Santos zum Export. Im unteren Ribeira-Juquiátal bilden Japaner einen großen Teil der Bevölkerung; ihnen gehören viele Bananen-, und beim Städtchen Registro auch ausgedehnte Teepflanzungen.

Wir gingen weiter nach Registro, dem wichtigsten Ort der Talschaft, wo der Flußwasserspiegel schon durch die Gezeiten beeinflusst wird, mit Schiffsverbindung nach Cananéia, einem Hafen an dem vor 50 Jahren Überseeschiffe anlegten, der aber jetzt versandet

ist. Zu jener Zeit war auch die Schifffahrt auf dem unteren Ribeira noch in Blüte, ist aber jetzt zu einem durch den Staat notdürftig betriebenen Verlustgeschäft geworden. 7 km flußaufwärts von Registro war durch die erste Rekognoszierung eine Stauwehr- und Kraftwerkstelle ermittelt worden. Es ist dort ein Niederdruckwerk von 9 bis 11 m Gefälle erstellbar; lokale Geländeaufnahmen und Sondierungen hatten eben begonnen.

Von Registro setzten wir unsere Reise fort nach Eldorado, auf einem nach Süden abbiegenden langen Umweg, da dem Fluß entlang keine Straße existiert. Bis nach Eldorado ist auf dem Ribeira einige Schifffahrt möglich, wenige Kilometer oberhalb beginnen aber die Stromschnellen und der gebirgsflußartige Charakter. Trotzdem bleibt der Fluß die Hauptverkehrsader der spärlichen Bevölkerung; die Einbäume werden dem Ufer entlang über die Stromschnellen hinaufgestachelt oder in Schuffahrt durch dieselben hinunter gesteuert, was große Ortskenntnis und Geschicklichkeit des Piloten voraussetzt. Wir fuhren bis nach Batatal, einer kleinen Siedlung 20 km stromaufwärts von Eldorado, wo eine andere Topographiegruppe stationiert worden war, um Aufnahmen für eine mögliche Baustelle etwa 10 km weiter oberhalb zu machen. In Batatal hörte der für Jeeps gerade noch passierbare Fahrweg auf. Am nächsten Tag wurde die Reise stromauf fortgesetzt, von hier an im Einbaum mit Außenbordmotor; den Jeep schickten wir mit einem Fahrer nach Iporanga, der nächsten Siedlung 40 km stromaufwärts, wofür ein Umweg von etwa 320 km zu machen war.

Unser Einbaum war ziemlich schwer beladen; bei einer Kahnbreite von nur etwa 60 cm müssen sich die Passagiere in Einerkolonne verteilen, Gepäckstücke werden verstaut, wo zwischen Hinter- und Vordermann einiger Platz übrigbleibt. Auf unserer Strecke war alle 2 bis 3 km eine mehr oder minder reissende Stromschnelle zu überwinden (Bild 8). Die bedeutendsten, d. h. schwierigsten, haben Namen, wie z. B. Caracol (Schneckenhauswirbel) oder Funil (Trichter); daneben unterscheiden die Flußbewohner zwischen Agua mansa (ruhiges Wasser) und Agua brava (wildes Wasser). Wir hatten zwei oder drei Schnellen überwunden, als auf einer Strecke von «Agua mansa» der Motor zum erstenmal aussetzte und das Boot abwärts trieb. Der Pilot erklärte, die Zündkerze sei naß geworden, steuerte ans Land, machte ein Feuer und warf die Zündkerze hinein. Nachdem sie auf solche radikale Art getrocknet war, wurde sie wieder montiert, und die Fahrt stromaufwärts ging weiter. Dieses Verfahren mußte in der Folge etwa alle Halbstunden wiederholt werden. Die Spannung des Aufwärtsdurchfahrens einer Stromschnelle, mit Felsen und schäumendem Wasser beidseitig des Fahrzeuges, das sich oft kaum vorwärtsarbeiten konnte, wurde bedeutend erhöht durch den Gedanken, daß jederzeit der Motor wieder aussetzen könnte. Und dies geschah denn auch an einer kritischen Stelle, wo wir glücklicherweise nicht zwischen Felsen, sondern über einer Kiesbank waren. Der Motor hustete und war still, das Boot legte sich sofort quer zur Strömung und es gebrauchte keines Kommandos um uns alle über Bord in das nur etwa 60 cm tiefe Wasser springen und das Boot festhalten zu lassen. Wir konnten es auf eine die Fortsetzung der Kiesbank bildende

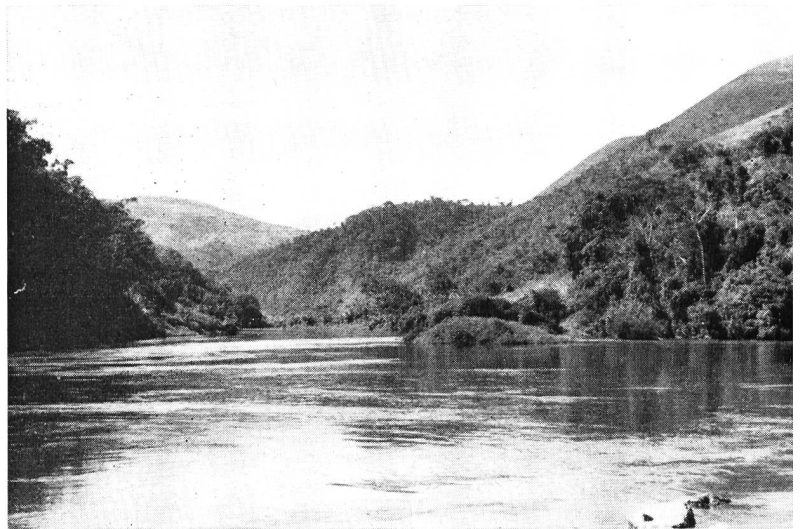


Bild 9 Landschaft am oberen Rio Ribeira

Insel ziehen, wo wir ein mitgebrachtes Mittagessen verzehrten und gleichzeitig unsere Schuhe und Strümpfe sowie auch die Zündkerze trockneten.

Es gab noch mehrere spannende Momente, bis wir in unserem nächsten Lager «Descalvado», 10 km oberhalb des Nestchens Iporanga, eintrafen. Dieser Ort war bei der ersten Befahrung des Flusses aufgefallen, weil er sich ausgezeichnet zu einem Stau von bedeutender Höhe zu eignen schien. Das Flußtal bildet eine Schlucht mit steilen Hängen, am Wasser ist Fels anstehend und wurde auch, trotz der dichten Bewachung, an den Talflanken vermutet; dazu fügte sich eine etwa 100 m hohe Staumauer mit Akkumulierbecken an dieser Stelle sehr vorteilhaft in den Gesamtausbauplan ein. Daß das Felsprofil in keiner Weise dem Oberflächenprofil entsprach und deshalb die Pläne für eine Betonmauer fallen gelassen werden mußten, ergab sich erst später.

Wir bestimmten mit den Chefs der kurz vorher eingetroffenen Topographie- und Bohrgruppen die vorläufig anzunehmende Mauerachse und die Stellen für die

Bild 10 Einbaum mit Außenbordmotor auf dem Rio Ribeira. Die Seitenwände sind durch aufgesetzte Bretter erhöht worden. Auf solchen Booten wurden auch gewichtige Stücke, z. B. Kernbohrgeräte, transportiert.



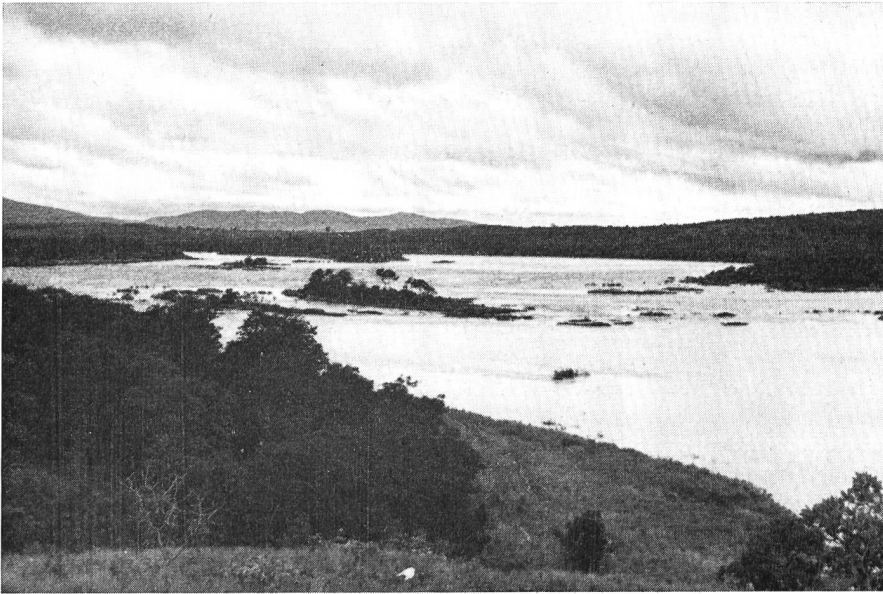


Bild 11  
Rio Grande am Ausgang der Furnas-  
Schlucht; Blick nach Westen,  
flußabwärts

ersten Kernbohrungen und verbrachten die Nacht im Lager. Am nächsten Tag übernahmen wir wieder den unterdessen in Iporanga eingetroffenen Jeep, fuhren durch eine landschaftlich wunderbare Gegend, über halbsprecherischen Weg von Höhe 60 in Iporanga auf Höhe 900 in Apiaí, dann auf der Hauptstraße nach Süden wieder hinunter an den Ribeira und auf einem Nebenweg zum abgelegenen Örtchen Cerro Azul im Staat Paraná. Von dort ging es noch 15 km mit dem Jeep und die letzten 10 km zu Pferd zu der obersten damals am Ribeira vorgesehenen Baustelle. Beim Rückweg mit dem Jeep kamen wir in ein Gewitter, das den «Weg» in einen derartigen Zustand verwandelte, daß wir nur mit zweimaligem Gebrauch der Zugwinde, mit der alle unsere Jeeps ausgerüstet waren, einen Hügel überwinden konnten. Der nächste ganze Tag wurde zur Rückfahrt von Cerro Azul nach São Paulo verwendet.

Die Untersuchungen am Ribeira haben uns dann jahrelang beschäftigt, mit zeitweiligen Unterbrechungen durch dringendere Arbeiten. Der abschließende Bericht trägt das Datum des 31. Juli 1959. In den Jahren 1953 und 1954 wurde das ganze Flußtal aus der Luft aufgenommen. Das photographierte Gebiet betrug 5080 km<sup>2</sup>, wofür 26 Kartenblätter 1 : 25 000 gezeichnet wurden. Koordinaten und Höhen konnten an drei Punkte angeschlossen werden, an welchen Triangulationen und Nivellements der Regierung in das Tal eingedrungen waren; von diesen aus wurde fast der ganze Flußlauf durch uns nivelliert. Zusätzlich zu den Übersichtskarten 1 : 25 000 wurden auf Grund von Lokalaufnahmen noch fünf Lokalkarten 1 : 5000, sieben Pläne 1 : 2000 und 18 Pläne 1 : 1000 erstellt.

Die sich langsam anhäufenden topographischen, hydrographischen und geologischen Kenntnisse führten zur Aufgabe von zwei der ursprünglich ins Auge gefaßten Baustellen und zur Einbeziehung von drei anderen, so daß schließlich ein Gesamtausbauplan mit fünf Kraftwerken von zusammen 510 MW vorgeschlagen werden konnte, mit vollständiger Ausnutzung des Dargebotes zwischen Kote 6 und Kote 305. Oberhalb der letzteren Kote werden die Abflüsse zu klein und die Ge-

fälle zu wenig konzentriert um einen wirtschaftlichen Ausbau zu erlauben. Der durchschnittliche Abfluß auf dieser Flußstrecke variiert von 60 m<sup>3</sup>/s am oberen auf 400 m<sup>3</sup>/s am unteren Ende, mit Minima von 25 bzw. 176 m<sup>3</sup>/s (Durchschnitt des trockensten Monats der Beobachtungsreihe von 27, bzw. 17 Jahren), und könnte durch die großen vorgesehenen Staubecken weitgehend ausgeglichen werden.

Das Ribeiratal ist in geologischer Hinsicht sehr vielfältig. Die unterste vorgesehene Kraftwerkstufe liegt an der Stelle, wo die ersten Hügel nahe am Fluß über die Alluvialebene aufsteigen, auf der einen Seite jedoch fast 1 km Talboden freilassen. Der erste Anblick ließ nicht vermuten, daß etwa 12 m unter dem Alluvium eine ziemlich ebene Gneistafel liegt, deren Kontinuität durch Sondierungen und 36 Kernbohrungen bestätigt wurde. Während somit Foundationen für Maschinenhaus, Stauwehr und Schiffahrtsschleuse in ziemliche Tiefe zu liegen kämen, so waren sie geologisch einwandfrei.

Sehr schwierige Fragen ergaben sich jedoch an der dritten Stufe, die nach einem markanten Berggipfel den Namen «Descalvado» erhielt. Es ist dies die früher erwähnte Stelle, wo der erste Augenschein die Möglichkeit einer massiven Staumauer von bis zu 100 m Höhe erwarten ließ. Diese Hoffnung mußte jedoch nach den ersten Bohrungen fallen gelassen werden. Es erwies sich, daß der Phyllit, der am Flußufer an einigen Stellen ansteht, an den Talflanken bis auf große Tiefen vollständig verwittert war; während die Talhänge direkt vom Wasser aus auf einer Flußseite mit 65 %, auf der anderen mit 50 % aufsteigen, war gesunder Felsen in 50 m horizontaler Entfernung von den Ufern beidseitig nicht höher als das Flußbett selbst. Es konnte daher nur ein geschütteter Damm in Frage kommen; damit aber stellten sich Schwierigkeiten in bezug auf die Hochwasserentlastungsanlage ein. Eine Zeitlang schien es, ein Projekt an dieser Stelle sollte fallen gelassen werden; das Staubecken war jedoch für den Gesamtausbau so vorteilhaft, daß eine Lösung gefunden werden mußte. Sie bestand in einem Erd- und Fels-



schüttungsdamm mit Hochwasserüberfall in einen Schrägschacht mit anschließendem Tunnel. Bevor diese Lösung als annehmbar betrachtet werden konnte, mußten mehr als 30 Kernbohrungen vorgenommen werden, wobei Bohrtiefen von bis über 100 m vorkamen. Die Bohrkerne wurden normalerweise, versehen mit allen Bezeichnungen, wie Lochnummer, Tiefe, Datum usw., in flache Kisten verpackt; der Abtransport nach São Paulo war nur per Post möglich. Als einmal eine größere Anzahl solcher Kisten an der Anlegestelle bereit lagen, wurden sie von einem plötzlichen Hochwasser fortgeschleppt; der größte Teil konnte zum Glück im Flußbett gefunden und herausgefischt werden, einige Bohrkerne gingen jedoch verloren.

An den oberen zwei Stufen traten keine größeren Schwierigkeiten auf; die oberste ist geologisch die günstigste von allen. Der Fluß ist dort in Granitporphyr eingeschnitten, in welchem eine Massivstaumauer von 97 m Höhe über dem ungestauten Wasserspiegel die gegebene Lösung darstellt.

In bezug auf Geologie mag noch erwähnt werden, daß in der Nähe von Descalvado eine Zeitlang eine Goldmine in Betrieb war. Nicht weit davon ist ein Bleibergwerk, in welchem monatlich etwa 1500 Tonnen Rohblei erzeugt werden. Spuren von Manganerz sind häufig und waren in Bohrkernen von Descalvado anzutreffen. In derselben Region gibt es auch bedeutende Kalksteinvorkommen; solche sind in Südbrasilien relativ selten und deshalb für die Zementproduktion um so wichtiger, so daß zu erwarten ist, daß früher oder später in diesem Gebiet Zementfabriken entstehen werden.

Zur Ausbeutung dieser Mineralvorkommen besteht großes Interesse an der Schiffbarmachung des Ribeira. Die 1500 Tonnen Blei monatlich aus der oben erwähnten Bleigrube (der Bleiglanz wird an Ort und Stelle zu Rohblei reduziert) werden jetzt mit Lastwagen nach São Paulo verfrachtet. Abtransport auf dem Wasser wäre wesentlich billiger, und dasselbe gilt natürlich für eine zukünftige Zement- oder Manganerzproduktion. Deshalb mußte in der generellen Projektierung für den Ribeira die Schifffahrt berücksichtigt werden. Die Regierung schrieb vor, daß für die unterste der vorgesehenen Stufen eine Schleuse von  $45 \times 12 \times 5$  m Tiefe, mit Verlängerungsmöglichkeit, vorzusehen sei; an der zweituntersten Stufe mit 40 m Gefälle wäre eine Schleusentreppe notwendig. Auf diese Forderungen wurde in den generellen Projekten Rücksicht genommen.

Das Gesamtausbauprojekt für den Rio Ribeira wurde im Laufe des Jahres 1960 durch die São Paulo Light S. A. an den Staat São Paulo übertragen. Es hängt deshalb jetzt von der Staatsregierung ab, ob und in welcher Form das Projekt weiter verfolgt wird.

## 6. Furnas

Im Jahre 1955 begannen Unterhandlungen zwischen «Centrais Elétricas Minas Gerais S. A.» (CEMIG) und der São Paulo Light S. A. betreffend einer eventuellen Beteiligung der letzteren am Bau des Kraftwerkes Furnas am Rio Grande im Staat Minas Gerais, unweit der Staatsgrenze São Paulo — Minas Gerais.

Die CEMIG ist ein Staatsunternehmen, das unter initiativer Leitung schon mehrere Kraftwerke im Staat

Minas Gerais in Betrieb oder Bau hatte, darunter solche am oberen Rio Grande. Für den weiteren Ausbau ihrer Anlagen zur Deckung des auch in Minas Gerais rasch ansteigenden Strombedarfs empfahl sich die ungewein günstige Örtlichkeit «Furnas», 23 km stromabwärts von der Stelle, wo die Wasserführung des Rio Grande durch die Aufnahme des großen Nebenflusses Sapucaí beinahe verdoppelt wird, und wo die Möglichkeit bestand zur Errichtung einer bis 100 m hohen Talsperre mit sehr großem Stauraum. Die erreichbare Ausbauleistung in der Größenordnung von 1 Mio kW war jedoch für das derzeitige System der CEMIG zu groß, und deshalb lag es nahe, ein Gemeinschaftswerk zu erstellen und einen Teil seiner Leistung in das energiehungerrige Gebiet von São Paulo — Rio de Janeiro zu übertragen.

Die Arbeiten, welche die «Abteilung für zukünftige Anlagen» der COBAST in der Folge für das Kraftwerk Furnas ausführte, zuerst auf Rechnung der

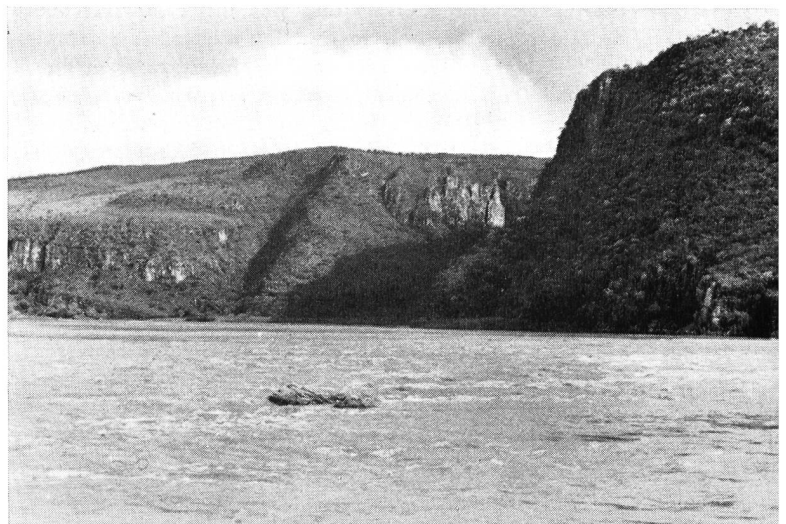
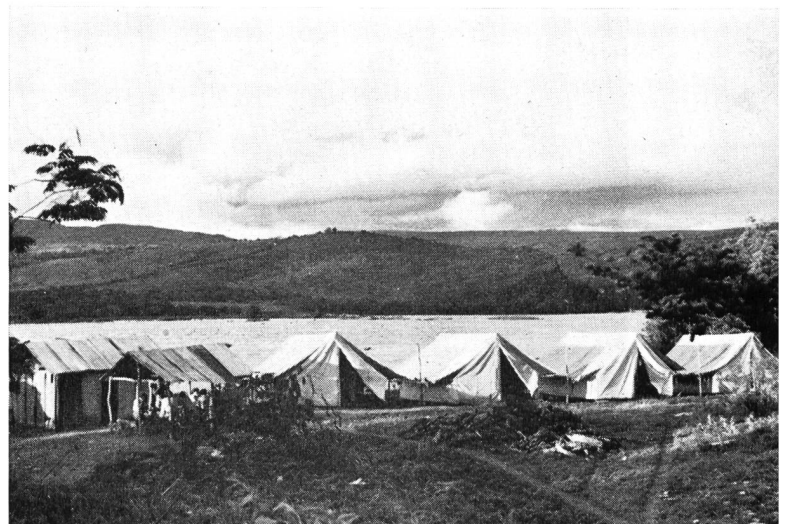


Bild 12 Blick über den Rio Grande gegen das linke Widerlager des Furnas-Dammes

Bild 13 Zeltlager der Topographen- und Bohrmannschaft am Rio Grande, 1,5 km unterhalb der Dammstelle



CEMIG, nachher auf Rechnung der 1957 gegründeten «Central Elétrica de Furnas S. A.», können, streng genommen, nicht mehr als «Erkundungen» bezeichnet werden. Aber da sie einige Streiflichter ergeben auf eine der größten zurzeit in Bau stehenden Wasserkraftanlagen, mag es von Interesse sein, auch über diese Tätigkeit zu berichten.

Die CEMIG hatte schon im Jahre 1954 eine photogrammetrische Aufnahme der für die Talsperre und das Kraftwerk in Betracht fallenden, etwa 6 km langen Flußstrecke mit Karten 1 : 5000 erstellen lassen. Sie hatte ebenfalls bei der «International Engineering Co.» (in San Francisco, USA) auf Grund dieser Karten Vorprojekte für verschiedene Stellen und Stauhöhen in diesem schluchtartigen Bereich in Bearbeitung.

Zur Zeit einer Rekognoszierung vom Flugzeug aus, am 6. September 1955, mit nachfolgender Begehung, bestand schon ziemliche Gewißheit, daß die unterste an dieser Schluchtstrecke in Betracht kommende Baustelle gewählt werden sollte, nicht nur weil sie topographisch günstig schien, sondern auch, weil sie eine maximale Gefällsausnutzung ergab und sich direkt an das obere Ende der Stauhaltung des im Bau stehenden Kraftwerkes Peixoto anfügte. Dies mußte allerdings noch durch ein genaues Nivellement bestätigt werden, wie auch die Eignung der Stelle in bezug auf Detailtopographie und namentlich Geologie.



Bild 14 Blick flußabwärts von einem Punkt über dem linken Widerlager des Furnas-Dammes, Standpunkt etwa 140 m über dem Fluß

Zu jener Zeit war jedoch das dringendste Erfordernis eine einigermaßen zuverlässige Schätzung des Stauvolumens für verschiedene Stauspiegel, da dies grundlegend war für Vergleiche der Wirtschaftlichkeit verschiedener Staumauer- oder Dammhöhen.

Das ganze mutmaßliche Staugebiet war schon aus der Luft photographiert worden; für die exakte Restitution der Photographien und Herstellung einer Karte im Maßstab 1 : 25 000 für das 1200 bis 1500 km<sup>2</sup> umfassende Staugebiet wurde aber die benötigte Zeit auf zwei Jahre veranschlagt. So lange auf eine Reservoirvolumenkurve zu warten war untragbar, so daß die photogrammetrische Sektion der Abteilung für zukünftige Anlagen der COBAST beauftragt wurde, mit approximativen Methoden, die schon in anderen Fällen genügend zuverlässige Resultate in kurzer Zeit geliefert hatten, eine Reservoirkarte auszuarbeiten. Demzufolge wurden zwischen Oktober 1955 und Mai 1956 aus den etwa 1200 Photoaufnahmen im Maßstab von ungefähr 1 : 25 000 42 Kartenblätter 1 : 25 000 gezeichnet. In dem photographierten Gebiet liegen etwa 20 Fixpunkte des Triangulationssystems des Staates Minas Gerais; Höhen konnten bestimmt werden durch Nivellementszüge der Geographischen Kommission von Brasilien (Conselho Nacional de Geografia), die an einigen Stellen das photographierte Gebiet schneiden. Die Kurven für Flächeninhalt und Volumen des Stausees waren im Mai 1956 verfügbar. Auf ihrer Grundlage wurden Wirtschaftlichkeitsberechnungen für verschiedene Stauspiegel gemacht und der Entscheid für eine Maximalstaukote von 766 gefällt.

Während die vorstehend erwähnte photogrammetrische Arbeit vor sich ging, erhielt COBAST den zusätzlichen Auftrag für geologische Aufnahmen und topographische Detailpläne im Maßstab 1 : 1000 und 1 : 500 der Baustelle. Mitte November 1955 wurde mit Kernbohrungen begonnen, im Juni 1956 mit der topographischen Detailaufnahme.

Im Jahre 1957 kam es zur Gründung der «Central Elétrica de Furnas S. A.» unter Beteiligung der brasilianischen Bundesregierung, der beiden Staaten Minas Gerais und São Paulo und der São Paulo Light S. A., die sich damit ein Bezugsrecht auf einen großen Block von Energie sicherte. Die Bauvorbereitung wurde nun beschleunigt, so daß zeitweilig vier Topographengruppen und drei Kernbohrgeräte in Furnas im Dienst standen. Außer Baustellentopographie wurden auch Vermessungen für Zufahrtsstraßen und eine 110 km lange Transmissionsleitung für Baustrom ausgeführt und Erkundungen nach Betonzuschlagsstoffen gemacht. Bei Beginn der eigentlichen Bauarbeiten in der zweiten Hälfte 1958 waren die topographischen Aufnahmen und Sondierbohrungen praktisch abgeschlossen. Einige Daten über das Projekt mögen von Interesse sein.

Die Baustelle liegt 320 km direkt nördlich von São Paulo und 400 km nordwestlich von Rio de Janeiro. Der Rio Grande hat an der Stelle ein Einzugsgebiet von 52 600 km<sup>2</sup> und eine durchschnittliche Wasserführung von 877 m<sup>3</sup>/s (Periode 1930 bis 1956). Die extremen Monatsdurchschnitte sind 207 m<sup>3</sup>/s und 3600 m<sup>3</sup>/s; das höchste beobachtete Hochwasser war zwischen 5000 und 6000 m<sup>3</sup>/s. Die Baustelle liegt am Ausgang einer 6 km langen Schlucht, die sich der Fluß durch die Ausläufer der Serra de Canastra gegraben hat (Bild 11).



Bild 15  
Blick über den Rio Grande gegen  
das rechte Widerlager des Furnas-  
Dammes. Kernbohrungen im  
Flußbette im Gange

An der Dammstelle ist die Schlucht 250 m breit an der Niederwasserlinie (Kote 671) und 550 m breit auf Kote 772 (Dammkronen). Das linke Ufer bildet eine steile Felswand aus feinkörnigem Quarzit (Bilder 12 und 14). Am rechten Ufer ist der Quarzit überlagert von Serizit und glimmerhaltigen Quarzitschiefern (Bild 15). Einzelne dieser Schichten sind ziemlich weitgehend verwittert und aufgeweicht. Die Schichten sind flach nach Westen geneigt, so daß an beiden Ufern die Schichtköpfe anstehen. Diagonal durch das Flußbett zieht sich an der Baustelle eine fast vertikale Verwerfungskluft, die mit einem bis zu 25 m dicken Diabaserguß aufgefüllt ist. Der Name «Furnas» deutet auf Höhlen (Löcher), und in der Tat hat es im Steilabfall des linken Flußufers einige kleine Höhlen, die wahrscheinlich durch Erosion entstanden sind. Im allgemeinen ist jedoch das Gestein sehr kompakt, aber stark plattig geschichtet; an einigen Stellen der Umgebung, jedoch nicht an der Dammstelle selbst, wird es zu Itacolomit, der in kartondünne, biegsame Blätter gespalten werden kann.

Zur Untersuchung des Dammuntergrundes wurden nahezu 80 Kernlöcher mit einer Gesamtlänge von etwa 3000 m gebohrt. Der Diamantverschleiß in diesem Gestein war pro Meter Bohrloch zwei- bis dreimal höher als in den kristallinen Gesteinen der meisten anderen unserer Untersuchungsstellen.

Ein interessanter Teil unserer Untersuchungen war die Erkundung einiger zweifelhafter Stellen der Wasserscheide zwischen dem Rio Grande und dem Rio São Francisco. Die Karte zeigt, daß der Hauptquellarm des São Francisco sehr nahe an Furnas herankommt. In einem Seitental des Rio Grande, dem des Rio Piumí, der etwa 20 km oberhalb der Dammstelle in den Rio Grande mündet, geht die Wasserscheide gegen den São Francisco bis auf Kote 749 hinunter, d. h. 17 m tiefer als der vorgesehene Wasserspiegel für das Staubecken von Furnas. Daher muß dort ein Satteldamm erstellt werden. Das nächste Seitental des Rio Grande gegen Osten, das des Rio Capetinga, mußte ebenfalls in dieser Hinsicht untersucht werden, da die photogrammetrische Höhenbestimmung Tiefpunkte der Wasserscheide an-

zeigte, die nur etwa um die mögliche Fehlergröße über dem vorgesehenen Stauspiegel lagen. Es ergab sich, daß genügend Freibord vorhanden war; um die Möglichkeit unterirdischer Wasserverluste zu beurteilen, wurden Bohrungen vorgenommen, deren Resultate zu keinen Befürchtungen Anlaß gaben.

Die Talsperre von Furnas ist ein Erd- und Felschüttungsdamm von 115 m Höhe (ohne Fundamentaushub) mit einem Totalvolumen von ungefähr 10 Mio m<sup>3</sup>. Der durch den Damm geschaffene Stausee hat für die Normalstaukote von 766 einen Flächeninhalt von ungefähr 1260 km<sup>2</sup> und ein Totalvolumen von etwas über 20 Mrd m<sup>3</sup>. Das nutzbare Volumen ist (oberste 10 m) 11 bis 12 Mrd m<sup>3</sup>, womit eine weitgehende Regulierung der Abflüsse nicht nur für Furnas selbst, sondern auch für das unterliegende Kraftwerk Peixoto und zukünftige Kraftwerke weiter stromabwärts erreicht wird. Das Kraftwerk am linken Fuß des Damms wird im ersten Ausbau mit vier 150 000-kW-Einheiten ausgerüstet; für den Vollausbau sind acht solcher Einheiten vorgesehen, also ein Total von 1 200 000 kW. Die Jahresproduktion nach Vollausbau wird sich auf über 5 Mrd kWh belaufen.

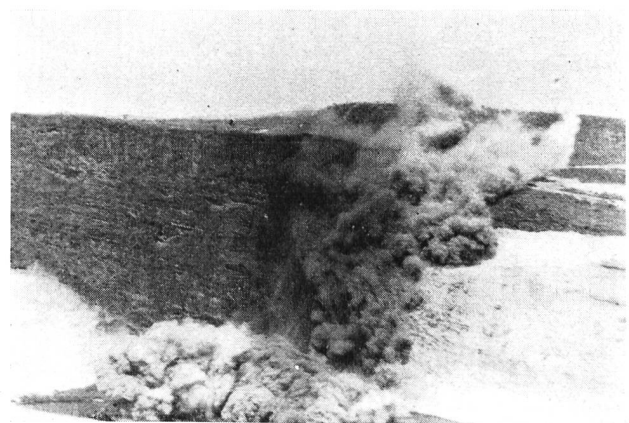


Bild 16 Große Sprengung am linken Widerlager des Furnas-Dammes  
(17. September 1959)





Bild 17 Zuckerrohrernte in der Nähe von Igarapava am Rio Grande

### 7. Der mittlere Rio Grande

Die Gewißheit, daß das Staubecken von Furnas eine weitgehende Regulierung der Wasserführung der stromabwärtigen Strecke des Rio Grande herbeiführen würde, legte es nahe, weitere Ausbaumöglichkeiten dieses Flusses, soweit sie nicht schon konzessioniert waren, zu erkunden. Die brasilianische Regierung — die alleinige Konzessionsbehörde von Wasserkraftanlagen in Brasilien — verlieh der São Paulo Light S. A. zu diesem Zwecke eine sogenannte «Studienkonzession» für die Flußstrecke von kurz unterhalb des Punktes, wo der Rio Grande zur Staatsgrenze zwischen São Paulo und Minas Gerais wird bis zu den Maribondo-Fällen. Die Studienkonzession verpflichtet den Konzessionär, auf einen bestimmten Termin ein eigentliches Konzessionsgesuch mit Unterlagen einzureichen und gibt ihm dafür das Recht auf Zutritt gegenüber Landbesitzern.

Auf der in Frage kommenden Strecke fällt der Rio Grande von etwa Kote 510 auf etwa Kote 420, und seine mittlere Wasserführung nimmt zu von etwa

Bild 18 Buckelrinder auf der Fazenda «Volta Grande»



1000 m<sup>3</sup>/s auf etwa 1900 m<sup>3</sup>/s. Auf Grund dieser Mengen ließ sich ein ganz bedeutendes Brutto-Energiepotential ableiten. Ziel der Untersuchung mußte sein, die Stellen zu finden, an welchen die Erstellung von Stauwehren und Kraftwerken eine optimale Erfassung dieses Potentials möglich machen würde.

Als Unterlagen waren verfügbar:

- a) Die topographische Karte 1 : 100 000 des Staates São Paulo, schon ziemlich veraltet; sie war verfügbar für die ganze Strecke, aber ausschließlich für das linke Flußufer.
- b) Einer der früher erwähnten Erkundungsberichte aus dem Jahre 1910, der die Karte 1 : 100 000 recht gut ergänzte und auch geologisch wertvolle Angaben bot.

Zu jener Zeit ließ auch der Staat São Paulo den ganzen Fluß photogrammetrisch aufnehmen. Es war jedoch ganz unbestimmt, bis wann diese Aufnahmen zu Karten verarbeitet und verfügbar sein würden; dagegen war, als Hilfe zu dieser Aufnahme, ein Nivellement der ganzen Flußstrecke entlang erstellt und markiert worden, was uns der Notwendigkeit entthob, selbst ein solches auszuführen.

Auf Grund dieser Unterlagen war es möglich, zum voraus einige Punkte auszuwählen, welche sich zum Bau von Kraftwerken mit einiger Wahrscheinlichkeit eignen würden und damit die Flußstrecke so aufzuteilen, daß das Gesamtgefälle ziemlich vollständig ausgenutzt würde. In dieser Hinsicht war die Ausgangslage bedeutend günstiger als z. B. am Ribeira.

Es war von Anfang an klar, daß die ganze in Frage kommende Flußstrecke in mindestens drei Stauhaltungen aufgeteilt werden müßte, da die Stauhöhen durch Talform, Ortschaften, Brücken und teilweise auch Bebauung beschränkt sind. Fast die ganze Talstrecke ist landwirtschaftlich mehr oder weniger erschlossen, wenn auch relativ dünn besiedelt. Im oberen Drittel, nahe dem Städtchen Igarapava, befindet sich jedoch eine der größten Zuckerfabriken des Landes direkt am Fluß, und in deren Nähe ist das südliche Flußufer von Zuckerrohrpflanzungen eingenommen (Bild 17). An derselben Stelle führt eine Straßen- und Eisenbahnbrücke über den Fluß. Die Kombination von Brücke, Fabrik und relativ teurem Zuckerrohrland war ein zwingender Grund, das obere Ende einer Stauhaltung an diesen Punkt zu legen und in möglichster Nähe flußaufwärts eine Dammstelle zu suchen, deren Stauhöhe durch die obere Grenze der Konzessionsstrecke bestimmt war. Unterhalb dieses von bestehenden Verhältnissen bestimmten Teilpunktes sollten dann, wenn möglich, nicht mehr als zwei weitere Stauhaltungen und Kraftwerke vorgesehen werden, von denen das untere möglichst nahe der unteren Grenze der Konzessionsstrecke liegen sollte.

Die zu untersuchende Flußstrecke ist etwa 275 km lang und hat 90 m Totalgefälle (= 0,34 ‰; Rhein Basel—Bodensee 1,05 ‰; Basel—Straßburg 0,85 ‰; Mosel 0,33 ‰), wobei jedoch zu beachten ist, daß trotz dem scheinbar geringen Gefälle der Fluß eine Reihe von Stromschnellen bildet. Der oben erwähnte Erkundungsbericht von 1910 zeigt für die Strecke 20 «Corredeiras» (Stromschnellen) und eine «Cachoeira» (Fall), wobei aber dieser eher als eine sehr wilde Stromschnelle zu verstehen ist.

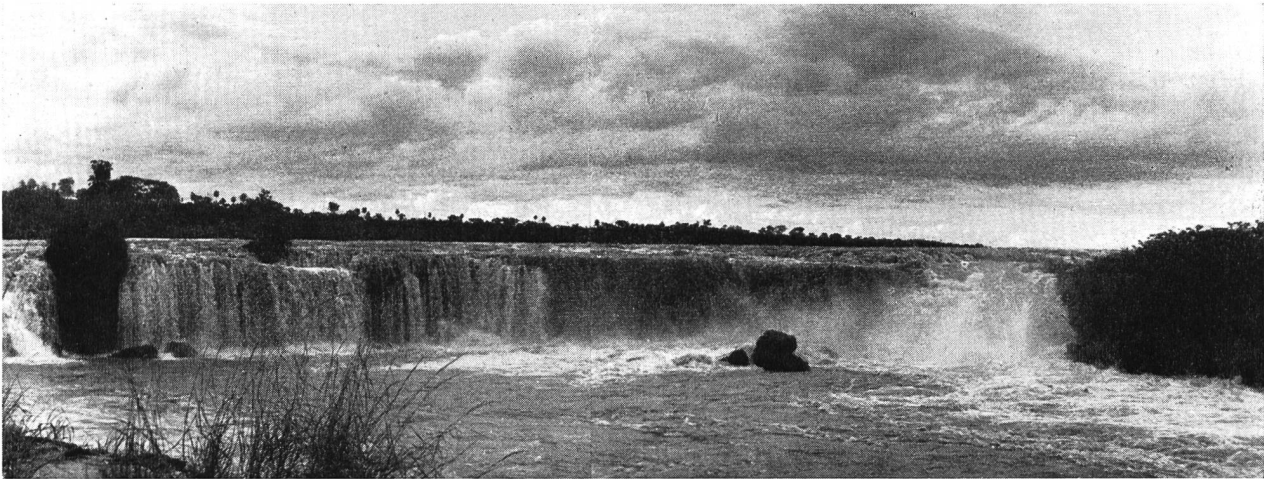


Bild 19 «Salto dos Patos», der nächst dem rechten Ufer gelegene Teil der Maribondofälle des Rio Grande

Die erste Erkundung an Ort und Stelle wurde Ende Mai 1958 unternommen. Teilnehmer an der Erkundung waren, außer dem Schreibenden, der Geologe, der Chef der hydrographischen Unterabteilung, ein weiterer junger Ingenieur, ein Chauffeur, ein Koch und ein Arbeiter zur Hilfe beim Zeltaufschlagen u. a. Als Transportmittel benutzten wir einen Chevrolet-Stationswagen für das Personal und einen leichten Ford-Lastwagen für Kampiermaterial und Vorräte; Chauffeur, Koch und Hilfsarbeiter benutzten diesen auch als Schlafquartier. Wir konnten mit dieser Vehikelkombination so ziemlich überall hingelangen, wo ein Jeep hinkommt. Der Chevrolet blieb ein oder zweimal stecken, konnte aber immer durch den Lastwagen herausgeschleppt werden.

Unser Weg führte über Riberão Preto, dem größten und rasch aufstrebenden Ort im Norden des Staates São Paulo, welcher auch eine Zwischenetappe auf dem Weg nach Furnas bildete, nicht zuletzt deswegen, weil sich dort das letzte gute Hotel auf dem Wege ins Innere befand. Als Streiflicht auf die Entwicklung des Straßenwesens in diesem Teile Brasiliens möge erwähnt sein, daß im Jahre 1955, als der Schreibende zum erstenmal nach Riberão Preto fuhr, die harte Straßenoberfläche wenige Kilometer nördlich von Campinas (siehe Karte) aufhörte. Von dann an kam aber alle paar Monate eine weitere Strecke von Betonoberfläche hinzu, und im Jahre 1959 war die ganze 350 km lange Strecke São Paulo—Riberão Preto gepflastert, was die Fahrt beträchtlich abkürzte.

Auf jener Fahrt waren wir mittags in Riberão Preto und kamen gegen Abend in die Nähe der oberen Konzessionsgrenze am Rio Grande. Am nächsten Tage machten wir uns mit der Örtlichkeit vertraut, wobei einige kleine Äffchen in den Bäumen beobachtet werden konnten. Es bestand zu jener Zeit noch einige Aussicht, die Konzessionsstrecke weiter flußaufwärts auszuweiten, was die Möglichkeit ergeben hätte, ein weiteres Kraftwerk an einer sehr günstig scheinenden Stelle in diesem Bereich projektieren zu können. Diese Aussicht erfüllte sich jedoch nicht.

Wir errichteten unser nächstes Lager auf dem rechten Flußufer etwas oberhalb des Städtchens Igarapava, das von Zuckerrohrpflanzungen umgeben ist. Hier waren wir im Gebiet der früher erwähnten Basaltüberdek-

kung, die an den oberen Talhängen wieder von Sandstein überlagert ist. Der letztere scheint weniger fruchtbar als die Verwitterungsprodukte des Basalts zu sein, denn die Zuckerrohrfelder hören auf, wo der Sandsteinboden beginnt. Durch den Augenschein an dieser Stelle ließ sich nicht feststellen, an welchem Punkt einer etwa 10 km langen Flußstrecke das Stauwehr errichtet werden sollte. Anstehender Fels nicht weit vom Flußufer wurde mehrfach angetroffen; es war aber offenbar, daß die beste Baustelle nur auf Grund von systematischen topographischen und geologischen Untersuchungen festgestellt werden konnte, und daß die Lage der oben erwähnten Zuckerfabrik eine genaue Untersuchung der Stauwirkungen des nächstunteren Kraftwerkes notwendig machen würde. Dessen ungefähre Standort wurde am nächsten Tag erreicht.

An jenem Tage hatten wir schwere Arbeit mit durch Regen grundlos gewordenen Feldwegen, über die wir uns ohne genaue Karte oder Kenntnis der Gegend an die angezielte Örtlichkeit herantasten mußten. Diese liegt an der Spitze einer großen Flußschleife, die mit dem Lokalnamen «Volta Grande» als solche bezeichnet ist. Hier fanden wir, was wir erwartet und gesucht hatten: eine ziemlich eindeutig bestimmte Achse für ein Niederdruckwerk von etwa 32 m Gefälle, das günstige Fundations- und Baubedingungen erwarten ließ, die aber natürlich auch durch Detailtopographie und Bohrungen näher untersucht werden mußten. Wir fanden auch eine Fazenda (Gutshof), wo wir freundlich aufgenommen wurden und einen gedeckten Schuppen zur Verfügung erhielten, in welchem wir unsere Feldbetten aufstellen konnten, ohne die Zelte zu benötigen. Dies schätzten wir sehr, da an jenem Nachmittage und die folgende Nacht hindurch ein sintflutartiger Gewitterregen niederging. Unsere Freude an der guten Unterkunft wurde nicht beeinträchtigt durch ein paar Buckelrinder, die am frühen Morgen, wahrscheinlich Schutz vor dem Regen suchend, in den offenen Schuppen hereinkamen und unsere Betten und deren Insassen mit ihren Schnauzen einer genauen Untersuchung unterzogen.

Diese Buckelrinder (Bild 18) trifft man überall im Innern Brasiliens. Sie sind aus Indien eingeführt und mit einheimischen Rassen gekreuzt worden, um Vieh zu erhalten, das gegen Krankheiten, besonders die vielen

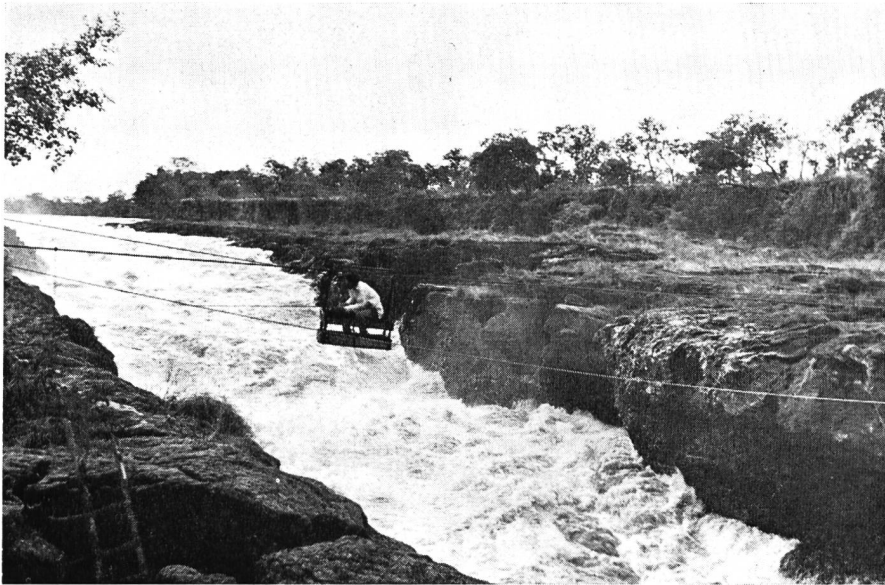


Bild 20  
«Canal do Ferrador», in Basaltfelsen  
eingeschnittener Flußarm des Rio Grande  
unterhalb des «Salto dos Patos»

Hautparasiten, weniger empfindlich ist. Infolge der Kreuzungen findet man die Buckel mehr oder weniger ausgeprägt, aber die charakteristischen Hängeohren sind immer vorhanden.

Nach Volta Grande blieb uns noch das unterste Teilstück unserer Konzessionsstrecke in Augenschein zu nehmen. Wir glaubten damals, dieses sei am Nordufer des Flusses besser zugänglich und gingen deshalb auf einer erst 1954 erstellten Straßenbrücke in armiertem Beton von 630 m Länge bei Porto Colombia, das auch nördlicher Endpunkt einer Eisenbahnlinie ist, nach Minas Gerais hinüber. Als wahrscheinlichsten Punkt für ein Kraftwerk in diesem Bereich hatten wir auf der Erkundungskarte von 1910 die Stromschnelle von Gambá, am nördlichsten Punkt der Flußschleife oberhalb der Maribondofälle, gewählt. Wir fanden jedoch das rechte Flußufer an dieser Stelle wegen Wäldern und Sümpfen sehr unübersichtlich. Wir hatten gehört, daß in diesem Gebiet sowohl Riesenschlangen (Ana-

condas) als auch Alligatoren keine Seltenheit seien, trafen jedoch diesmal nichts derartiges, sondern mußten nur einmal vor einem Wespenschwarm einen schnellen Rückzug antreten. Um den Augenschein dieser Stelle auch vom Südufer aus machen zu können, gingen wir über die Brücke von Icém, dem westlichsten der bis jetzt bestehenden Rio-Grande-Übergänge, in den Staat São Paulo zurück. Unmittelbar oberhalb dieser Brücke liegen die Maribondofälle, die, obwohl sie nicht mehr in unserem Konzessionsgebiet liegen, besucht wurden. Sie gliedern sich, ähnlich wie die Urubupungáfälle, in einen Hauptfall am rechten Flußufer und eine Anzahl weiterer Fälle, die durch einen Wirrwarr von Felseninseln von einander getrennt sind, im linken Teil des Flußbettes. An einem dieser Nebenfälle liegt ein kleines Kraftwerk (6000 kW) der Companhia Paulista de Força e Luz, einer Tochtergesellschaft der Electric Bond & Share Co., welche auch die Konzession zum Vollausbau der Maribondofälle innehat.



Bild 21  
Landschaft in der Nähe der Gambá-  
Stromschnelle





Bild 22 Lebende Sucuri (Anaconda; *Eunectes Murinus*) im Lager Volta Grande

Der Hauptfall, Salto dos Patos (Entenfall) genannt, ist etwa 8 m hoch (Bild 19). Mindestens so eindrucksvoll wie der Fall selbst ist die Felsspalte unterhalb desselben, der «Canal do Ferrador», in welcher auf einer Länge von etwas über 2 km die Hauptmasse des Flusses weitere 20 m fällt (Bild 20). Diese Felsspalte ist etwa 100 m breit, verengt sich jedoch an einer Stelle auf 25 bis 30 m, und es zwingen sich im Durchschnitt über 1000 m<sup>3</sup>/s hindurch. Es ist kaum möglich, mit Worten den immensen Wildbach zu beschreiben, von dem größtmäßig die obigen Zahlen einen Begriff geben. Es ist bezeichnend für den Stand der Erschließung des Landes, besonders in touristischem Sinne, daß diese Fälle, die mit Wagen verhältnismäßig leicht erreichbar sind, auf den neuesten Straßenkarten des Staates São Paulo, datiert 1958 bzw. 1959, ignoriert werden.

Um zur Südseite der «Gambá»-Stelle zu kommen, mußten wir in die große Flußschleife direkt oberhalb der Maribondofälle hineinfahren, wo die Wege wieder schwieriger wurden. Wir fanden einen guten Lagerplatz bei der Fazenda Santa Maria, am nördlichen Ende des Zufahrtsweges; die noch bleibende Distanz von 4 km zum äußersten Punkt der Schleife und unserer vermutlichen Wehrstelle mußte zu Fuß zurückgelegt werden. Der Weg führte auf längere Strecken durch einen lockeren Palmenhain (Bild 21), nachher durch mannhohes Gras; schließlich kamen wir auf den Hügelvorsprung, den wir tags zuvor von der anderen Seite gesehen hatten, und von welchem sich eine, man darf wohl sagen, grandiose Aussicht auf den Rio Grande bot (Bild 23). Dieser ist hier wirklich der «Große Fluß» von nahezu 2000 m<sup>3</sup>/s mittlerer Wasserführung und 700—1200 m Breite. Am flußseitigen Abhang des Hügels, von welchem wir diese Aussicht genossen, trat Basalt zu Tage, und daß auch das Flußbett felsig sein müsse, ließ die Stromschnelle vermuten. Auf Grund dieser Feststellungen konnte angenommen werden, daß auch diese Stelle sich für ein Stauwehr mit Kraftwerk eignen dürfte.

Damit war unsere damalige Aufgabe erfüllt. Wir machten uns frühmorgens auf die Heimreise, während der wir noch einmal durch einen Traktor aus dem Schlamm gezogen werden mußten, und kamen spät abends nach São Paulo.

In der Folge wurden die erkundeten Stellen topographisch und geologisch näher untersucht und das generelle Projekt zur Ausnutzung der Gesamtstrecke aus-

gearbeitet. Die Errichtung und Inspektion von einer Anzahl von Pegeln und Wassermessprofilen und die monatelange Anwesenheit von Topographen- und Bohrmannschaften an den untersuchten Baustellen gab mancherlei Einsichten in die lokalen Verhältnisse. Es ist bemerkenswert, daß trotz der gegenüber dem Ribeiratal vorgeschritteneren Erschließung und dichterem Bevölkerung des Rio-Grande-Beckens, die Tierwelt, besonders diejenige der Reptilien, sich am Rio Grande mehr bemerkbar machte, als am Ribeira. Unser Geologe hatte großes Interesse an Schlangen, und zu seiner besonderen Freude wurde in Volta Grande eine Anaconda (*Eunectes Murinus*) lebendig gefangen. Sie war wahrscheinlich ein jüngeres Exemplar (Bild 22), etwas über 4 m lang, während solche von bis zu 12 m beglaubigt sind; man trifft natürlich Leute, die behaupten, solche von 20 m Länge gesehen zu haben. Die Brasilianer nennen diese Schlange «Sucuri»; sie ist nicht giftig, wird aber den Bauern lästig, weil sie auf junge Schweine erpicht ist. Eine andere, öfters gesehene, ungiftige und auch zu den Riesenschlangen gezählte Art ist die Jiboya (*Constrictor constrictor*), die aber nur bis 4 m lang wird. Es kommen auch Giftschlangen vor, und es war eine selbstverständliche Vorsichtsmaßregel, wenn man nachts zum Zelt hinaustrat, den Boden abzuleuchten und am Morgen die Schuhe oder Stiefel vor dem Anziehen umzukehren, nicht nur wegen der Schlangen, sondern auch weil sich über Nacht Skorpione oder giftige Spinnen darin hätten einnisten können. Schlangenserum gehörte zur obligatorischen Ausrüstung unserer Feldgruppen; es kam jedoch während meiner Zeit unter unseren Leuten nie ein Schlangenbiß vor, obwohl in einigen Lagern fast täglich Giftschlangen gesehen und getötet wurden. Darunter waren Klapperschlangen (*Crotalus terrificus*), Urutú (*Bothrops alternata*), Jararaca (*Bothrops jararaca*) und andere. Im Ribeiratal hörte man hie und da von einem Todesfall unter der Bevölkerung infolge Schlangenbiß; die meisten Betroffenen hätten wahrscheinlich gerettet werden können, wenn sie rechtzeitig mit Serum behandelt worden wären.

Im Rio Grande sahen unsere Leute auch ziemlich oft Alligatoren; der Schreiber bekam nie einen zu Gesicht, er konnte lediglich einmal eine frische Spur im nassen Sand photographieren. Ansprechender als diese Reptilien waren die leuchtend blau und gelben Ararápapageien, die in der Nähe von Gambá häufig sind. Einen Schwarm dieser etwas mehr als taubengroßen Vögel im Flug aus der Nähe zu sehen ist ein wunderbarer Anblick, aber ihr Gekrächze ist sehr unmelodisch.

Größere Tiere sind selten; ich habe einmal einen Hirsch gesehen, einmal die frische Spur eines Tapirs. Vom Jaguar wird viel gesprochen, wahrscheinlich auch viel gefabelt. Hingegen wurde uns auf einem Gut nur 40 km von São Paulo, wo Pferdezüchtung betrieben wird, glaubhaft erzählt, daß dort jedes Jahr Füllen durch Jaguare geraubt werden.

Der Schreiber hat das Pensionierungsalter erreicht und Brasilien verlassen, bevor die Studien am Rio Grande zu Ende geführt waren. Immerhin hatte durch die bis zu seinem Abschied durchgeführten topographischen Aufnahmen und Bohrungen festgestellt werden können, daß die drei von Anfang an in Aus-



Bild 23 Rio Grande an der Gambá-Stromschnelle, Blick stromabwärts; die Bäume zeigen die Entlaubung während der Trockenzeit (Aufnahme 19. Oktober 1959)

sicht genommenen Stellen, Igarapava, Volta Grande und Gambá sich eignen zum Bau von Kraftwerken, von denen das kleinste, bei Igarapava, etwa 11 m Gefälle und 150 MW Leistung, das größte, bei der Stromschnelle von Gambá, etwa 45 m Gefälle und 1000 MW Leistung haben würde; die jährliche Energieproduktion aller drei Werke würde etwa 9 Mrd kWh betragen. Die Frage blieb noch, ob das Gefälle von 45 m zwischen Gambá und Volta Grande nicht in zwei, anstatt in einer Stufe ausgenutzt werden sollte, um die überstaute Landfläche zu verringern und zwei bedeutende Brückenerhöhungen zu vermeiden.

Wann und durch wen diese Projekte weiter bearbeitet und verwirklicht werden, ist zurzeit sehr ungewiß. Es herrscht in Brasilien eine starke und wachsende Tendenz zur Verstaatlichung der gesamten Energieversorgung<sup>1</sup>. Die Unsicherheit in dieser Beziehung,

<sup>1</sup> Nach kürzlichen Zeitungsmeldungen hat der brasilianische Ministerrat am 23. Mai 1962 ein Dekret gutgeheissen, das die Verstaatlichung aller (zum weitaus größten Teil mit Auslandskapital finanzierten) Gesellschaften der öffentlichen Dienste vorsieht. Für die im Staat Guanabara (dem früheren Bundesdistrikt Rio de Janeiro) liegenden Anlagen der Companhia Telefônica Brasileira ist schon vor einigen Monaten ein Expropriationsverfahren durch die Staatsregierung eingeleitet worden. (Siehe diesbezüglich auch NZZ, Batt 9 vom 9. 6. 62).

zusammen mit der finanziellen Unsicherheit, welche durch die immer weitergehende Inflation und die schwankende Fiskalpolitik der Regierung entsteht, lähmen die Investitionstätigkeit auf diesem Gebiet. Es kann jedoch kein Zweifel bestehen, daß in Südostbrasilien in verhältnismäßig kurzer Zeit weitere Energieproduktionsanlagen großer Leistung erstellt werden müssen, und daß dies am Rio Grande mit tragbaren Kosten möglich ist.

In die Schweiz zurückgekehrt, denkt der Schreiber gern und manchmal mit ein wenig Heimweh — «Saudades», wie die Brasilianer es nennen — an die Erkundungsreisen in dem großräumigen und faszinierenden Land, an die Zelt Nächte im brasilianischen Wald und die Bootfahrten auf den großen Flüssen. Er denkt auch mit Anerkennung und Dankbarkeit an seine Mitarbeiter verschiedenster Nationalitäten, deren Verantwortungsbewußtsein und Einsatzfreudigkeit die Arbeit leicht machten, und nicht zuletzt an die brasilianischen Arbeiter, die unter primitiven Lebens- und Unterkunftsbedingungen Monate, sogar Jahre an entlegenen Orten verbrachten und nie ihren guten Humor verloren.

#### Bilder

3, 5/21, 23 Photos P. Gisiger  
22 Photo J. G. Cabrera

## MITTEILUNGEN VERSCHIEDENER ART MITTEILUNGEN AUS DEN VERBÄNDEN

### Schweizerischer Energie-Konsumenten-Verband

Am 28. März 1962 führte der Schweizerische Energiekonsumenten-Verband im Kongreßhaus in Zürich unter dem Vorsitz von Ing. H. Bühler-Krayer seine sehr gut besuchte 42. Ordentliche Generalversammlung durch. In seiner Präsidialansprache wies der Vorsitzende auf die außerordentlichen Naßschneefälle zu Anfang dieses Jahres hin, die in eindrucklicher Weise die hohe Empfindlichkeit der schweizerischen Energieverteilanlagen aufzeigten. Die gleichen Probleme stellen sich im Hinblick auf die Landesverteidigung, und der Präsident vertrat die Auffassung, daß wir uns inskünftig mit der militärischen Empfindlichkeit unseres Energieverteilnetzes zu befassen haben. Durch eine gewisse Dezentralisation der Erzeugungsanlagen kann diesem Umstand Rechnung getragen werden. Für die notwendig werdende Erstellung thermischer Anlagen sei die Umwandlung in elektrische Energie möglichst nahe am Verbraucher oder überhaupt beim Verbraucher die wirt-

schaftlichste. Allerdings kann ein Konsument eine thermische Anlage nur dann erfolgreich betreiben, wenn die anfallende Wärme als Nutzwärme verwendet werden kann. In seinen weiteren Ausführungen verneinte Bühler die Frage, daß die heute zur Anwendung kommenden Stromtarife geeignet sind, das Erstellen von thermischen Zentralen bei der Industrie zu fördern. Hingegen bejahte er die zweite Frage, daß die modernen Elektrizitätstarife den Konsumenten einen Anreiz geben könnten, zweckmäßige thermische Anlagen für Kraft und Wärme in der Privatindustrie zu erstellen. Die Produktionsgesellschaften sollten in erster Linie in der Lage sein, Kapitalinvestitionen ihrer Industrieabonnenten zu respektieren und ihnen durch entsprechende Tarifgestaltung entgegenkommen. Als Anregung gab der Redner zu bedenken, daß die Primärwerke im Ausmaß der beim Konsumenten thermisch erzeugten elektrischen Leistung auf Grundpreisbezug verzichten könnten. Bühler meinte abschließend, daß bei gutem Willen auf allen