Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 86 (1968)

Heft: 17

Artikel: Der Wolkenbruch vom 22./23. Januar 1967 über der Serra das Araras in Brasilien

Autor: Gisiger, Paul

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-70030

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: 10.07.2025

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

quelle für öffentliche Beleuchtung scheint Quecksilberlicht in seinen verschiedenen Varianten zu sein. Einen besonderen Hinweis auf die Notwendigkeit guter Beleuchtung öffentlicher Flächen gibt die Feststellung, dass die Stadtverwaltung von Detroit die Beleuchtung der Strassen als Mittel zur Bekämpfung der Kriminalität erachtet.

Die Gelegenheit, vor oder nach dem Kongress in Washington das Gastland und die Expo 1967 in Montreal zu besuchen und zu studieren, ist von einzelnen Teilnehmern rege benutzt worden. Über die Expo in Montreal wurde durch einen mit Musik unterlegten Schweizer-Amateur-Film berichtet, wobei sich eine frappante Ähnlichkeit mit unserer Expo 1964 in Lausanne nicht verheimlichen liess. Auch da flitzten in allen Niveaux die Habegger-Bähnchen durchs Bild, und gewisse Bauten könnten direkt von Lausanne übernommen sein. Der mit bescheidenen Mitteln aufgenommene Film liess die wenigen geglückten Grossbauten, die Pavillons der USA und der Sowjet-Union recht gut zu Worte kommen und zeigte auch die Nachteile anderer Lösungen. Zum Abschluss wurde die offizielle Farb-Dia-Serie über Licht in Amerika gezeigt. Diese Serie, die stellenweise mit drei gleichzeitigen Projektionen arbeitet, wurde mit Aufnahmen der General-Electric geschaffen, aber als offizielle Darstellung über die Beleuchtung in Amerika durch die CIE übernommen. Diese Bilder zeigen ausgewählte Beleuchtungs-Anwendungen in verwirrender Fülle und in einem begeisternden Ablauf, sorgfältig vermischt mit den neuesten, in den USA gebräuchlichen Lampen-Typen.

Es mag manchem abwegig erscheinen, internationalen Kongressen über Licht und Lichttechnik ein so starkes Augenmerk zu schenken. Die Erfahrung zeigt aber, dass Länder wie die Schweiz aus solchen Veranstaltungen Nutzen zu ziehen vermögen, öffnen sie doch unseren «Lichtleuten» die Wege, um über die Firmenverknüpfungen hinaus mit andern, ihnen oft unbekannten Fachleuten zusammenzukommen. So fand am Rande des Kongresses die Gründung der internationalen Vereinigung für die Farbe (mit Dr. Ganz, Basel, als Sekretär und Schatzmeister) statt. Diese Gründung ist wesentlich durch die 1965 in Luzern durchgeführte internationale Farbtagung (siehe SBZ 1965, H. 26, S. 461) angeregt worden. Ferner wurde beschlossen, im Jahre 1969, also zwischen der CIE-Hauptversammlung in Washington und der zukünftigen Versammlung 1971 in Madrid, eine europäische Lichttagung in unmittelbarer Nähe der Schweiz, in Strassburg, durchzuführen. Ebenfalls am Rande des Kongresses in Washington fand eine Zusammenkunft von etwa 20 Dozenten an Hochschulen statt, die sich mit dem Lichtunterricht und den geeigneten Unterlagen für Architekten befasste. Neben diesen Ereignissen ist das Problem Licht auch heute noch so fesselnd und so vielfältig in seiner Anwendung und Erforschung, dass es jeden, der sich damit befasst oder befassen muss, in seinen Bann schlägt.

Adresse des Verfassers: *Werner Flückiger*, dipl. Arch., 8006 Zürich, Hadlaubstrasse 98.

Der Wolkenbruch vom 22./23. Januar 1967 über der Serra das Araras in Brasilien

Von **P. Gisiger**, dipl. Bau-Ing., Comano TI

DK 621.29:551.577.1

In der Nacht vom 22. auf den 23. Januar 1967 entlud sich über den Rand des brasilianischen Küstengebirges westlich von Rio de Janeiro ein Wolkenbruch von auch für ein tropisches Gebiet ganz ausserordentlicher Stärke. Der Schwerpunkt der Niederschläge lag ungefähr 70 km westnordwestlich vom Stadtzentrum von Rio de Janeiro, dort wo die Autobahn Rio - São Paulo mit einer Passhöhe von etwa 430 m die Kette des Gebirges, das im allgemeinen «Serra do Mar», örtlich aber «Serra das Araras» genannt wird, überschreitet, um dann in das Tal des Rio Paraiba hinunterzuführen. Dieser Fluss verläuft parallel zur Küste von SW nach NO in einer Entfernung von 70 bis 100 km vom Meer (Bild 1).

Die Auswirkungen dieses Wolkenbruches waren verheerend. Nicht nur wurde die Autobahn an verschiedenen Stellen entweder ausgewaschen oder unter Schutt begraben, viele Häuser zum Ein-

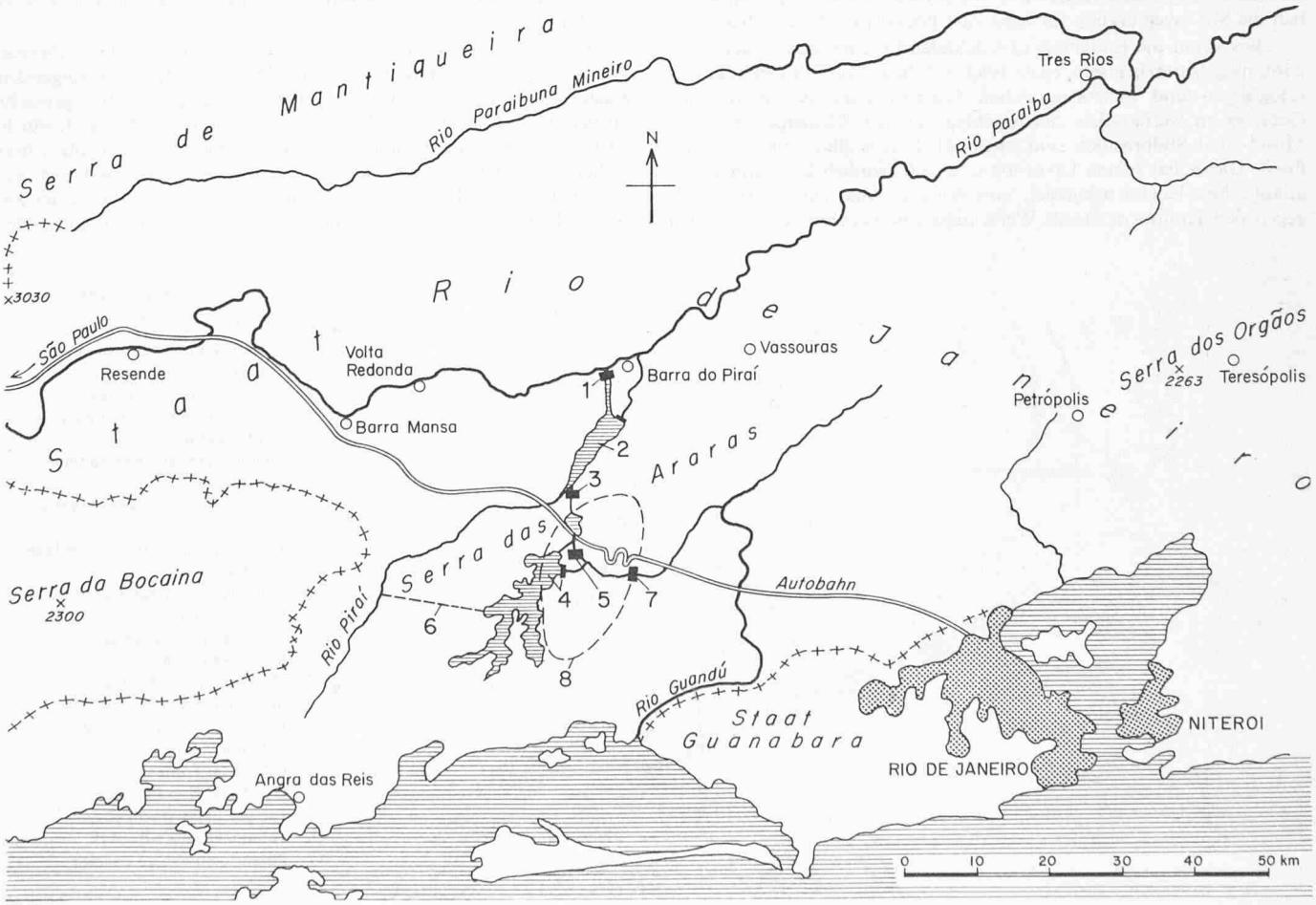

Bild 1. Lageplan der Serra das Araras, 1:1 000 000. 1 Stauwehr und Pumpwerk Santa Cecilia, 2 Stausee Santana, 3 Pumpwerk Vigario, 4 Staumauer und Stausee Lajes, 5 Kraftwerk Fontes und Nilo Peçanha, 6 Pirai-Überführung, 7 Kraftwerk Pereira Passos, 8 Umgrenzung des Gebietes mit über 200 mm Niederschlag in der Nacht vom 22.—23. Januar 1967

sturz gebracht, fortgefegt oder zugedeckt, wobei zahlreiche Menschen den Tod fanden, sondern auch das wichtigste der die Stadt Rio de Janeiro versorgenden Kraftwerke für Monate stillgelegt, was natürlich die Stromversorgung für diese Zeit höchst prekär gestaltete.

Bevor auf die Ereignisse und Schäden im einzelnen eingegangen wird, mag es nützlich sein, einen Blick auf die topographischen, klimatologischen und meteorologischen Gegebenheiten des betroffenen Gebietes zu werfen. Die Niederschläge in den Küstengebieten von Mittel- und Südbrasilien sind massgeblich vom Südostpassat beeinflusst. Dieser hat seinen Ursprung in einem ziemlich konstanten südatlantischen Hochdruckgebiet, von welchem aus feuchtwarme Luft gegen den Kontinent fliesst. Wenn diese mit Feuchtigkeit beladenen Luftmassen gegen das schon nahe am Meer bis auf über 2000 m ansteigende Küstengebirge stossen, werden sie in die Höhe gedrängt, abgekühlt, und entladen ihre Feuchtigkeit, was zu jährlichen Niederschlagshöhen von bis über 4000 mm an den meeresseitigen Abhängen führt.

Im Südwinter herrscht in der Regel auch über dem südamerikanischen Festland hoher barometrischer Druck, so dass die regenbringende Luftströmung vom Meer gegen das Land abgeschwächt wird oder aufhört. Daher bildet sich als klimatisches Charakteristikum dieser Region eine ausgesprochene Trockenzeit in den Monaten Mai bis Oktober und eine Regenzeit im Südsommer (November bis März). Es kann nun vorkommen, dass eine aus der Südpolarregion heraufziehende Kaltfront die regenbringenden Faktoren bedeutend verstärkt, und in einer solchen Lage können ausserordentliche Niederschlagsintensitäten erreicht werden, wie das am 22. und 23. Januar 1967 der Fall war. Dr. *Adolpho Santos* Jr., Direktor der «Light-Serviços de Eletricidade S.A.», dem ich die meisten Angaben über die hier besprochenen Ereignisse verdanke, schätzt auf Grund seiner Untersuchungen, dass Masse und Konzentration der Niederschläge dieser fünf Nachtstunden als einmalig in etwa einem Jahrtausend angenommen werden dürfen; allerdings ist zu sagen, dass wenige Wochen später, am 17./18. März, ein Wolkenbruch von gleicher, wenn nicht noch höherer Intensität (über 500 mm in 48 Stunden!) über ein Gebiet etwa 200 km südwestlich des hier interessierenden niederging. Weil jenes Gebiet weniger bevölkert und entwickelt ist, waren die Schäden nicht so auffallend, obschon auch in diesem Falle Menschenleben zu beklagen waren. (Adolpho Santos Jr., Características Hidrológicas da Serra do Mar, Vortrag vor dem Instituto de Engenharia, São Paulo, vom 23. Mai 1967.)

Es ist nicht verwunderlich, dass die hohen spezifischen Abflüsse und bedeutenden Gefälle der in der Serra do Mar entspringenden Wasserläufe schon früh der Wasserkraftnutzung dienstbar gemacht wurden. Die Rio de Janeiro Tramway, Light & Power Co. Ltd. wurde 1904 durch die selbe kanadische Finanzgruppe gegründet, die schon vorher die São Paulo Tramway, Light & Power Co. ins Leben gerufen hatte. Ende 1905 begann sie mit dem Bau einer Staumauer am Bergbach Ribeirao das Lajes, einem Quellarm des Rio Guandú, der

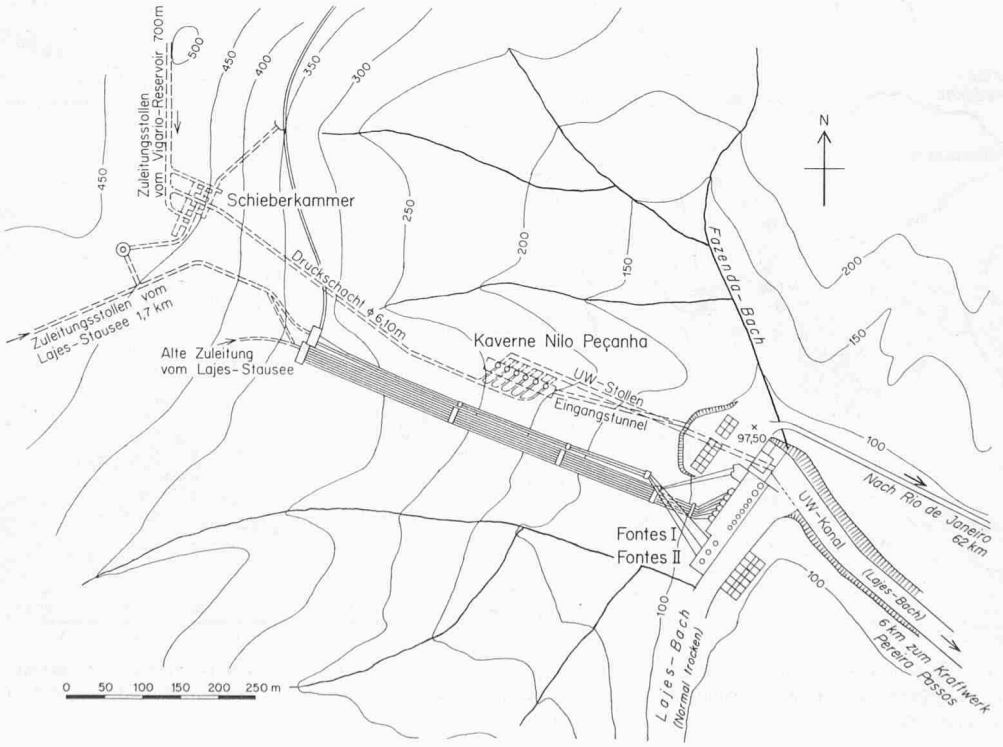

Bild 2 (oben). Übersicht über die Kraftwerkgruppe Fontes

1 acht Druckleitungen für Fontes I und Fontes II
2 Schieberkammer Fontes
3 Schieberkammer Nilo Peçanha (im Berginnern)
4 Eingang zur Schieberkammer Nilo Peçanha
5 Zuleitungsstollen vom Vigario-Reservoir
6 132- und 220-Volt-Schaltanlage Nilo Peçanha
7 Eingangsportal zur Kaverne Nilo Peçanha
8 Kaverne Nilo Peçanha (im Berginnern)
9 Maschinenhaus Fontes I
10 Maschinenhaus Fontes II
11 Kommandoraum
12 Schaltanlage Fontes
13 UW-Kanal Fontes
14 UW-Kanal Nilo Peçanha
15 Tal des Lajes-Baches
16 Tal des Fazenda-Baches
17 Zufahrt von Rio de Janeiro

Bild 3 (links). Lageplan der Kraftwerkgruppe Fontes, 1:10 000

etwa 50 km westlich von Rio de Janeiro in den Atlantischen Ozean mündet. Die Sohlenhöhe an der Baustelle beträgt etwa 370 m über Meer. 2 km bachabwärts, auf ungefähr 90 m über Meer, entstand das Maschinenhaus Fontes, das im März 1908 mit 6 Einheiten von insgesamt 36 MW Leistung (Pelton-Turbinen von Escher-Wyss) den Betrieb aufnahm. Die Gewichtstaumauer mit Bogengrundriss war für eine Stauhöhe von 404 m über Meer gebaut, was einem nutzbaren Stauinhalt von 182×10^6 m³ entsprach; die durchschnittliche Wasserführung des Lajes-Baches an der Staustelle beträgt 5,6 m³/s aus einem Einzugsgebiet von 305 km².

Die mittlere Jahreshöhe der Niederschläge über dem Einzugsgebiet des Lajes-Reservoirs bewegt sich zwischen 1200 und 1800 mm; an extremen Regenfällen sind vor 1967 233 mm in 24 Stunden und 75 mm in einer Stunde beobachtet worden.

Bereits im Jahre 1912 wurde die Anlage erweitert durch Einbeziehung des Abflusses des oberen Rio Piraí, der sich bei Barra do Piraí in den Paraiba ergiesst. Dadurch erhöhte sich der mittlere Zufluss zum Staubecken auf 18,3 m³/s und die Leistung des Kraftwerkes konnte durch zwei weitere Einheiten auf 64 MW erhöht werden. Anfang der zwanziger Jahre wurde dann das Niederdruckkraftwerk Ilha dos Pombos 150 km flussabwärts von der Mündung des Piraí und 132 km nordöstlich von Rio de Janeiro, mit 162 MW installierter Leistung erstellt, was für das Folgende nur insofern interessiert, als nach dem 22. Januar 1967 diesem Kraftwerk die Hauptlast der Versorgung von Rio zufiel.

Während und unmittelbar nach dem zweiten Weltkrieg wurde die Lajes-Staumauer erhöht, was erlaubte, den Stauseespiegel auf Kote 421 zu bringen und in einem an das alte anschliessenden neuen Maschinenhaus Fontes II drei weitere Einheiten von je 40 MW einzubauen. Auch das genügte bald nicht mehr, und darum wurde in den Jahren 1948 bis 53 die sogenannte Paraiba-Piraí-Überleitung gebaut. Diese besteht aus dem Stauwehr und Pumpwerk Santa Cecilia, 1 km flussaufwärts von Barra do Piraí am Rio Paraiba. Der Fluss wird dort auf Kote 353.00 gestaut und Wasser in den durch Aufstau des Rio Piraí gebildeten Stausee Santana mit Stauziel 363.00 gepumpt. 20 km flussaufwärts am Rio Piraí hebt ein zweites, umkehrbares Pumpwerk das Wasser in das Vigario-Reservoir mit Stauziel 398.00. Von dort fliesst das Wasser durch einen kurzen Verbindungsstollen zu einer unterirdischen Schieber- und Einlaufanlage, die wegen der Verbindung mit dem Zulaufstollen vom Lajes-Staubecken, das einen stark wechselnden Wasserstand aufweist, aus einem ziemlich komplizierten Gebilde von Stollen und Drosselklappen besteht.

Die Konzession für die Überleitung gestattet, aus dem Rio Paraiba, der an der Entnahmestelle eine mittlere Wasserführung von ziemlich genau 300 m³/s aufweist, im Maximum 160 m³/s überzuleiten. Diese Wassermenge wird in dem in den Jahren 1950 bis 54 erbauten Kavernenkraftwerk Nilo Peçanha bei einem Gefälle von rund 310 m in sechs Francis-Einheiten von zusammen 380 MW verarbeitet. Schliesslich wurde in den Jahren 1957 bis 61 das System noch durch das 6 km flussabwärts von den Kraftwerken Fontes und Nilo Peçanha liegende Kraftwerk Pereira Passos ergänzt, wo unter 38 m Gefälle zwei Einheiten von je 45 MW installiert sind (Bilder 2, 3 und 4). Zusammenfassend bestand die Kraftwerkgruppe Paraiba-Lajes im Januar 1967 aus den folgenden Einzelobjekten:

Kraftwerk Fontes I	(8 Einheiten)	64 MW Spitzenleistung
Kraftwerk Fontes II	(3 Einheiten)	111 MW Spitzenleistung
Kraftwerk Nilo Peçanha	(6 Einheiten)	380 MW Spitzenleistung
Kraftwerk Pereira Passos	(2 Einheiten)	93 MW Spitzenleistung
Pumpwerk Santa Cecilia	(4 Einheiten)	30 MW Spitzenbedarf
Pumpwerk Vigario	(4 Einheiten)	70 MW (50 MW als Kraftwerk)

Es ist noch zu erwähnen, dass im Gebiet von Fontes vor und während der ersten Kraftwerkbauten viel Malaria vorkam. Dank den durch hervorragende Ärzte geleiteten hygienischen Massnahmen der Gesellschaft konnte indessen diese Krankheit schon vor 1950 als ausgerottet gelten. Das ursprünglich mit Urwald bedeckte Gebiet in der Umgebung der Kraftwerkanlagen wurde auf ärztliche Empfehlung abgeholzt, weil einige Urwaldpflanzen (es sind das hauptsächlich auf Bäumen sich ansiedelnde Schmarotzer) an den Blattansatzstellen kleine Regenwasseransammlungen ermöglichen, die Brutstätten der malariaverbreitenden Anophelesmücke bilden.

Auf diesem Schauplatz kam es nun in der Nacht vom 22. auf den 23. Januar 1967 zu einem Regenfall von dort vorher noch nie registrierter Intensität. Die in der Regel Ende Oktober einsetzende Regenzeit war normal verlaufen und liess ein günstiges hydrologisches Jahr, d. h. die Füllung des Lajes-Reservoirs bis Ende der Regenzeit

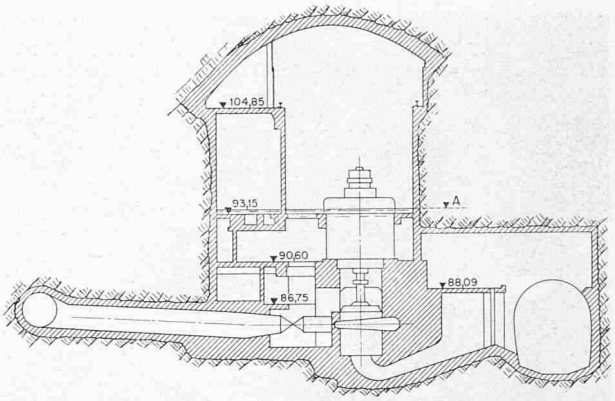

Bild 4. Querschnitt durch die Maschinenkaverne des Kraftwerks Nilo Peçanha. A Höhe, bis zu welcher die Kaverne mit Wasser und Schlamm gefüllt war; 1:700

im April erwarten. Nach einem in der Nähe der Staumauer aufgestellten registrierenden Regenmesser setzte am 22. Januar um 20.53 h ein leichter Regen ein; nach 21.05 h verstärkte sich dieser rasch und um 21.55 h war die angesammelte Regenhöhe schon auf 63,0 mm angestiegen, um 22.55 h auf 115,5 mm, um 24.00 h auf 173,3 mm, um 01.00 h auf 203,0 mm, und um 02.00 h auf 211,2 mm; dann hörte der Regen ziemlich rasch auf. Die grösste Intensität wurde registriert im Intervall von 40 bis 50 Minuten nach Beginn des Regens, während welcher in 10 Minuten 19 mm Regen fielen. Die Intensität des Regenfalles geht aus Bild 5 hervor.

Die örtliche Verteilung der Niederschlagsintensitäten liess sich mit ziemlicher Zuverlässigkeit durch ein Netz von 14 Regenmessstationen feststellen, die alle innerhalb einer Entfernung von nicht mehr als 50 km von Fontes liegen. Aus ihren Angaben ergibt sich, dass auf einem annähernd elliptischen Gebiet von 20 bis 25 km Länge und ungefähr 10 km grösster Breite, dessen Längsachse von SSW nach NNO verläuft (Bild 1), in den 5 Stunden von 21 h bis 02 h der Nacht des 22./23. Januar mehr als 200 mm Regen fiel. Nördlich und östlich dieses Gebietes nahm die Regenhöhe schnell ab; schon am Pumpwerk Vigario, etwa 7 km nördlich von Fontes, wurden nur 134 mm gemessen, und am Pumpwerk Santa Cecilia, 25 km nördlich von Fontes, noch 8 mm. Nach Südosten hingegen war die Abnahme der Regenintensität weniger ausgeprägt; noch in den Vorstädten von Rio de Janeiro kam es in jener Nacht zu überschwemmten Strassen.

Der Schwerpunkt dieses Wolkenbruchs scheint sehr nahe dem Kraftwerkareal von Fontes-Lajes gelegen zu haben. Die Bild 5 zugrundeliegenden Regenhöhen beruhen auf Messungen mit einem Pluviographen in der Nähe der Staumauer Lajes auf 450 m Meereshöhe. An einer andern Stelle in der Nähe der Kraftwerke, das heisst in einer tieferen Lage, wurde jedoch für die Zeit von 21 h bis 03 h eine totale Regenmenge von 275 mm gemessen, was natürlich nicht

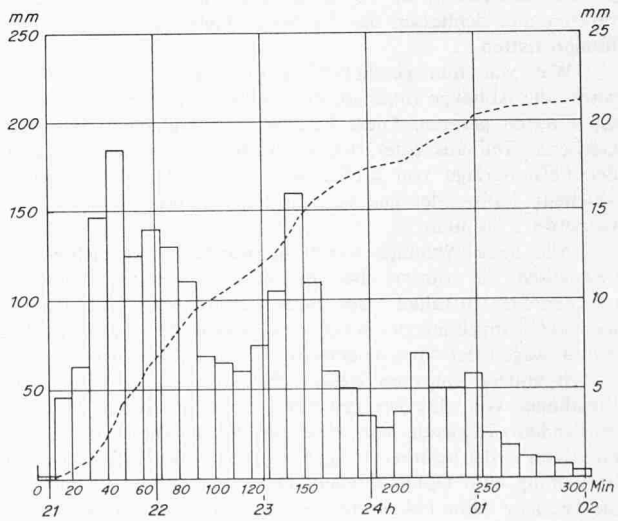

Bild 5. Niederschlagsdiagramm (gestrichelt, Skala links) und Regenhöhen in Intervallen von zehn Minuten (Skala rechts) in der Nacht vom 22.—23. Januar 1967

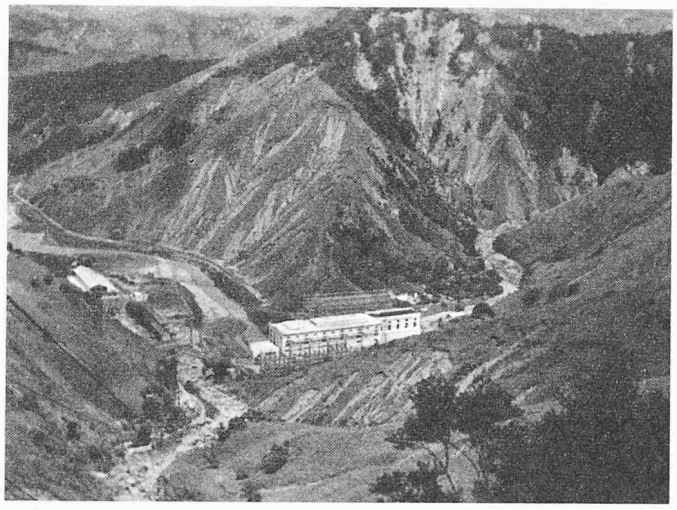

Bild 6. Das Kraftwerk Fontes, gesehen von Westen mit Erosionsrinnen im Umgelände nach dem Hochwasser

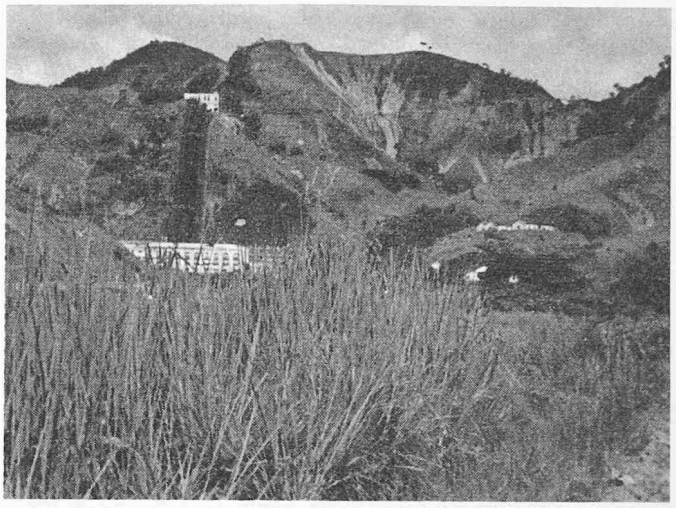

Bild 7. Das Kraftwerk Fontes, gesehen von Osten (wie Bild 2), jedoch nach dem Hochwasser

ausschliesst, dass abseits von Regenmessern noch höhere Regenmengen gefallen sind.

Die Folgen dieses Wolkenbruches seien zuerst beschrieben aus der Sicht des Betriebspersonals des am stärksten betroffenen Kraftwerkes Nilo Peçanha. Ungefähr um 22 h des 22. Januars bemerkte der auf dem Turbinenboden (Kote 86.75) diensttuende Wärter der Nachtschicht, dass Wasser auf diesen Boden eindrang (Bild 4). Er eilte zum Generatorboden (Kote 90.60) hinauf, um den Dienstchef der Nachtschicht zu alarmieren; dieser kam hinunter, stellte fest, dass das Wasser durch einen Pumpenschacht von unten herkam, ging zurück zum Generatorboden und gab Befehl, alle Einheiten abzuschalten. Dann ging er wieder hinunter und machte sich daran, mit Hilfe von zwei übrigen Schichtleuten, die sechs Kugelschieber zwischen der Vertteilleitung und den Turbinen zu schliessen. Als der fünfte Schieber geschlossen war, reichte dass Wasser den Leuten bereits bis an die Hüften; sie gingen dann hinauf und benutzten die Möglichkeit, den sechsten Schieber vom Generatorboden aus zu schliessen. Um 23.00 h war das Kraftwerk stillgelegt. Aber noch bevor der letzte Schieber vollständig geschlossen war, begann schlammhaltiges Wasser vom darüberliegenden Boden (Kote 93.15) herunterzufliessen. Als die fünf Schichtleute, die nur unvollständig wussten, was unterdessen draussen vorgefallen war, mit Mühe zum Hauptboden (Kote 93.15) emporkamen und durch den Eingangstunnel den Weg ins Freie nehmen wollten, fanden sie diesen durch eindringendes Wasser und Geschiebe versperrt. Zum Glück für sie war während des Baues ein vertikaler Entlüftungsschacht vom Kavernengewölbe an der Eintrittsseite ins Freie getrieben worden. Dieser Schacht war permanent überdeckt und mit einer Leiter von 362 Sprossen versehen. Er bildete die einzige Entkommensmöglichkeit für die fünf Leute der Betriebsschicht, die durch das rechtzeitige Abschalten der Generatoren und Schliessen der Turbinenschieber grösseres Unheil verhindert hatten.

Was war nun geschehen? Durch den gewaltigen Regenguss waren die Abhänge rings um den Talkessel von Fontes buchstäblich ins Fliessen geraten. Diese bestehen aus Gehängeschutt oder zum grösseren Teil aus roter, toniger Erde, dem Verwitterungsprodukt der Felsunterlage von archäischem Gneis. Die Überlagerung mit weichem, halb- oder ganzverwittertem Material wechselt in Dicken von etwa 2 bis 30 m.

Alle diese Abhänge waren ursprünglich mit dichtem Urwald bewachsen. Sie wurden aber im Laufe der letzten 30 bis 50 Jahre grösstenteils entwaldet. Das hatte verschiedene Ursachen. In der nächsten Umgebung der Kraftwerke wurde der Wald, wie oben erwähnt, wegen der Malaria entfernt. In der weiteren Umgebung haben jedoch andere Faktoren wesentlich mitgewirkt. Einmal waren die Brasilianer von altersher gewöhnt, in ihren Küchen Holzkohle zu verwenden. Tausende von Hektaren Wald, zuerst in der näheren und dann in der weiteren Umgebung der Städte, sind der Holzkohlenherstellung zum Opfer gefallen. Dann hat der brasilianische Bauer die Tendenz seine Felder eher an den Hängen als in den Flussböden anzulegen. Wenn auch die Erde in den Flussböden in der Regel fetter ist, so werden die Ernten dort oft durch Überschwemmungen gefährdet. Auch ist es leichter, einen Abhang zu roden, als ein ebenes Stück Wald; wenn man während der Trockenzeit am Fuss des Abhanges Feuer legt, so frisst sich das Feuer auch ohne Wind den Abhang hinauf; gewöhnlich geht dann ein viel grösseres Stück Land, als der Bauer für seinen Mais- oder Mandiocaacker braucht, in Flamme und Rauch auf, aber das kümmert ihn wenig. Zum dritten enthielt der sehr artenreiche Wald auch wertvolle Nutzhölzer, die Hand in Hand mit der Holzkohlengewinnung ausgebeutet wurden.

So war der Grund vorbereitet für das, was folgen musste, wenn bei einem Regen von der hier geschilderten Intensität das Wasser von allen Hängen herunterstürzt und eine enorme Erosionskraft entfaltet. Es ist nachher gesagt worden, auch bewaldete Hänge seien als mit Baumstämmen vermischte Schuttströme zu Tal gekommen. Wenn von bewaldeten Hängen gesprochen wird, so bedeutet dies aber wahrscheinlich meistens Wald, welcher nach der ersten Entwaldung nachgewachsen ist und welcher dem Boden, sowohl gegen den direkten Aufprall des Regens als auch gegen das Fortgewaschenwerden, weniger Schutz bot, als es der ursprüngliche Urwald vermocht hätte.

Material von den zahllosen Erdrutschen, die in das Tal des Lajes-Baches oberhalb der Maschinenhäuser Fontes hinunterflossen, und das dann durch das normalerweise trockene Bachbett abwärts transportiert wurde, füllte bald den Unterwasserkanal von Fontes II und verstopfte die Saugrohrausgänge. Die höherliegenden Abflussrinnen der Peltonturbinen von Fontes I blieben offen. Weil aber der Zufluss zu den Druckleitungen für die alten Einheiten 1, 2 und 3, der durch eine zum grössten Teil offen verlegte Rohrleitung zwischen dem Lajes-Stausee und der Schieberkammer gebildet wird, durch einen Erdrutsch gefährdet schien, wurden diese drei Einheiten am Morgen des 23. Januar ausser Betrieb gesetzt, so dass an jenem Morgen vom ganzen Kraftwerkkomplex nur noch die Einheiten 4 bis 8 des Maschinenhauses Fontes I mit zusammen etwa 40 MW in Betrieb standen.

Die Geschiebemassen, welche das Tal des Fazenda-Baches hinunterkamen, stauten sich an der Brücke, wo die Zugangsstrasse von Rio rechtwinklig in das Kraftwerkareal hinein abbiegt und gleichzeitig über das Abflussportal des Unterwasserstollens des Kraftwerkes Nilo Peçanha hinüberführt. Von dort ergoss sich ein Teil der Geschiebemasse über das Areal der Schalt- und Verteilanlage, gelangte so in den Eingangstunnel zum Kraftwerk, und in dieses hinein (vom Portal bis zur Kaverne ist der Tunnel 175 m lang mit 1,95% Gefälle gegen die Kaverne), was, wie oben erwähnt, das Schichtpersonal zum Verlassen der Kaverne durch den Luftschacht zwang. Ein anderer Teil dieses Geschiebes vereinigte sich mit demjenigen, der durch das Bett des Lajes-Baches herunterkam, den Unterwasserkanal von Fontes II auffüllte und dann durch den Unterwasserstollen ebenfalls in die Maschinenkaverne von Nilo Peçanha eindrang.

Die Lage, die sich der Betriebsleitung beim Morgengrauen des 23. Januar darbot, war die folgende: Maschinenhaus Nilo Peçanha mit 380 MW ausser Betrieb, Wasser und Schlamm 25 cm hoch über dem obersten Maschinenhausboden, alle Generatoren verschlammt und unter Wasser, Saugrohre und Unterwasserstollen mit Schlamm und Geschiebe aufgefüllt; Maschinenhaus Fontes II mit 110 MW ausser Betrieb; Saugrohre und Unterwasserkanal mit Schlamm und Geschiebe aufgefüllt, aber Maschinen intakt; im Maschinenhaus

Fontes I fünf Einheiten in Betrieb (40 MW), die drei anderen Einheiten betriebsfähig, aber abgeschaltet wegen Befürchtungen für die Sicherheit der Wasserzuleitung; Kraftwerk Pereira Passos eine Einheit für Revision teilweise demontiert, die andere betriebsfähig, aber fast ohne Wasser, da die fünf alten Einheiten von Fontes I nur einen Bruchteil der für Vollast erforderlichen Wassermenge durchliessen.

Von der normal verfügbaren Nettoleistung (nach Abzug der Abgabe an die Pumpen) des Fontes-Komplexes von etwa 545 MW waren demnach noch etwas über 40 MW verfügbar, oder zusammen mit dem unversehrt gebliebenen Kraftwerk Ilha dos Pombos, 200 MW, was für die Stadt Rio de Janeiro mit einer Belastungsspitze von etwa 825 MW einer Katastrophe gleichkam.

Fontes ist mit dem System von São Paulo, das heisst mit den Kraftwerken von Cubatão, durch eine 220-kV-Übertragungsleitung verbunden, die jedoch wegen der notwendigen Umformung von 60 auf 50 Hz auf die Umformerkapazität von 50 MW beschränkt ist. Nun war aber auch dieser Bezug unmöglich, weil die Kontrollapparaturen in der Schaltanlage Nilo Peçanha beschädigt worden waren.

Was die Lage zusätzlich erschwerte, war die Unterbrechung aller Strassenverbindungen. Die Zufahrt nach Fontes von Rio de Janeiro zweigt von der Autobahn Rio–São Paulo an einem Punkt ab, der 56 km von Rio und 6 km von Fontes entfernt ist. Die Autobahn beginnt an jenem Punkt den Aufstieg über die Serra das Araras; die Zufahrt nach Fontes folgt dem Talboden des Lajes-Baches und war durch zahlreiche Erdschlipfe unterbrochen. Die Autobahn selbst wurde an vielen Stellen entweder fortgewaschen oder durch auf die Strasse geschwemmtes Material unpassierbar gemacht. Eine Vorstellung von der Gewalt der die drei benachbarten Täler der Bäche von Lajes, Cacaria und Floresta herunterstürzenden Wassermassen ergibt sich daraus, dass nahe der Mündung des Floresta-Baches in den Lajes-Bach, das heisst ungefähr dort, wo die Zufahrt nach Lajes von der Autobahn abzweigt, ein von Rio nach São Paulo sich unterwegs befindlicher Omnibus umgestürzt wurde, wobei 32 Personen den Tod fanden. In dem Dörfchen Cacaria am gleichnamigen Bach, einige Kilometer südlich von Fontes, wurden Dutzende von Toten gezählt, und im Barackenlager einer Strassenbauunternehmung mehr als hundert, die alle im Schlafe überrascht worden waren.

Für das Kraftwerk musste, nach Feststellung der Schäden und der Behelfsmöglichkeiten, das erste Bemühen sein, die Hochspannungsverbindung mit São Paulo wiederherzustellen und die nicht beschädigten Einheiten der Anlage Fontes II durch Freilegung des Unterwasserkanals wieder in Betrieb setzen zu können.

Wegen den zerstörten Strassenverbindungen bestand die Hauptschwierigkeit anfänglich darin, Aushubgeräte ins Kraftwerkareal zu bringen; das war erst nach Verlauf einiger Tage möglich. Mit Einsatz aller verfügbaren Kräfte erreichte man jedoch, dass nach 24 Stunden die Hochspannungsverbindung mit São Paulo wieder hergestellt war und nach einer Woche Fontes II den Betrieb wieder aufnehmen konnte.

Für das Kraftwerk Nilo Peçanha war die Sachlage weniger einfach. Erst nach mehreren Tagen konnte die Kaverne so weit ausgeräumt werden, dass die Relais- und Kontrollgeräte auf dem Generatorboden zugänglich wurden. Um Mitte Februar war man so weit, dass die Statorwicklungen untersucht werden konnten. Es stellte sich dabei heraus, dass entgegen der Hoffnung, man könne diese trocknen und reinigen, die Isolierung vielfach so stark gelitten hatte, dass die Wicklungen vollständig ersetzt werden mussten. Die erste Einheit von Nilo Peçanha konnte am 16. April 1967 wieder in Dienst gestellt werden; bis Ende Juni war das ganze Kraftwerk wieder in Betrieb.

Das im vorstehenden geschilderte Ereignis hat natürlich Anlass gegeben zu Berichten, Untersuchungen und Vorschlägen für Massnahmen zur Verhütung oder Verminderung zukünftiger Schäden ähnlicher Natur. Nach dem übereinstimmenden Urteil der Nächstbeteiligten kann den Planern und Erbauern der Kraftwerkgruppe von Fontes-Nilo Peçanha kein Vorwurf daraus gemacht werden, dass sie die Möglichkeit der Verstopfung des Unterwasser- und des Eingangstunnels durch Wasser und Geschiebe nicht voraussahen. Die Mündung des Fazenda-Baches in den Lajes-Bach am Eingang zum Werkareal könnte allerdings als ein Punkt erscheinen, an welchem die Voraussetzungen für eine Geschiebeansammlung vorhanden sind, besonders in Hinsicht darauf, dass dort auch der Stau des unterliegenden Kraftwerkes Pereira Passos ausläuft. Jedoch ist die Geschiebeführung des Fazenda-Baches normalerweise sehr gering, und die Schleppkraft der Abflüsse von Fontes und Nilo Peçanha hatte bis zu diesem Zeitpunkt vollständig genügt, um jede Geschiebeansammlung an der Stelle zu verhindern. Als aber in jener Nacht, wie durch nachträgliche Untersuchungen ermittelt wurde, ein Wasserstrom von etwa 30 bis 40 m^3/s durch dieses Bachbett hinunterkam (aus einem Einzugsgebiet von 3,4 km^2), gleichzeitig mit einem etwa gleich grossen Abfluss aus dem normal trockenen Lajes-Bach, entwickelte sich in Minuten der Schuttkegel, welcher die Unterwasserkanäle der Kraftwerke verstopfte. Die Betten beider Bäche waren schon ursprünglich auf den harten Felsuntergrund erodiert, und somit war Unterwaschung der Ufer durch Erosionsvertiefung keine wesentliche Ursache der Erdschlipfe, wohl aber die Seitenerosion durch die aufs vielfache erhöhte Wassertiefe, durch welche die Uferhänge ihrer Unterstützung beraubt und zum Abgleiten gebracht wurden. Die Bilder 6 und 7, die eine Woche nach dem Wolkenbruch aufgenommen wurden, zeigen einigermassen das verheerende Ausmass der Hangerosion in der Umgebung von Fontes; insbesondere ist Bild 7 mit Bild 2 zu vergleichen.

Mit Bezug auf Massnahmen zur Verhütung ähnlicher Schäden und Betriebsunterbrüche in der Zukunft ergibt sich die grundsätzliche Frage, vor allem für die Kraftwerksleitung, bis zu welchem Punkte es wirtschaftlich gerechtfertigt ist, Vorkehrungen zu treffen gegen Ereignisse, die nur äusserst selten vorkommen. Demgegenüber muss aber wieder in Betracht gezogen werden, dass in der nahen Zukunft Regenfälle viel geringerer Intensität auf das in hohem Grade der Pflanzendecke beraubten Gelände der Umgebung unverhältnismässig grosse Erdbewegungen auslösen können. Es sind denn auch einerseits einige Sofort-Massnahmen ergriffen, anderseits Untersuchungen für Massnahmen auf lange Sicht unter Beiziehung von Geologen und Erdbausachverständigen eingeleitet worden. Zu den ersteren gehört ein Abschlusstor für den Eingangstunnel von Nilo Peçanha. Aus dem Kraftwerkareal, das heisst hauptsächlich den Unterwasserkanälen, sind über 100000 m^3 Geschiebe entfernt worden. Die Vergrösserung des Durchflussprofils des Fazenda-Baches nahe der Mündung sowie der Bau von Leitmauern wurden sofort in Angriff genommen und dürften jetzt beendet sein. Ebenfalls vorgesehen wurde der Bau von Geschiebesperren in den verschiedenen Bachbetten.

Was weitere Kreise als nur die Kraftwerkleitung angeht, ist die Wiederherstellung einer Pflanzendecke, das heisst Aufforstung über weite Gebiete. Das ist nur möglich mit tatkräftiger Förderung durch die Behörden. In der Öffentlichkeit sind auch sofort nach dem Unglück Stimmen laut geworden, welche bis jetzt fehlende Gesetze und Massnahmen gegen die Waldverwüstung und für die Wiederaufforstung fordern, als hervorragendstes Mittel, um ähnliche Verluste an Menschen und Anlagen in der Zukunft zu vermeiden oder wenigstens zu verringern. Ob solche Bestrebungen nachhaltige Wirkungen haben oder mit der schwindenden Erinnerung an die Ereignisse wieder der Vergessenheit anheimfallen, wird erst die Zukunft zeigen.

Der Verfasser ist seinen ehemaligen Vorgesetzten, *M. H. Mackenzie* und Dr. *Adolpho Santos* Jr., Vizepräsident bzw. Direktor der «Light–Serviços de Eletricidade S.A.», der brasilianischen Tochtergesellschaft der «Brazilian Light & Power Co., Ltd.», von Toronto, verpflichtet für ihre freigebigen Mitteilungen und die Ermächtigung, diese für den vorliegenden Bericht zu gebrauchen.

Adresse des Verfassers: *Paul Gisiger*, dipl. Ing., 6911 Comano.

Buchbesprechungen

World Dams Today. Herausgegeben von der *Japan Dam Association*. 435 S. mit 525 Abb. und 50 Tabellen. Text englisch. Tokyo 1967, Selbstverlag des Herausgebers. Preis 56 Fr.

Der Talsperrenverband in Japan dient einer Interessengemeinschaft von beratenden Ingenieuren, Unternehmern, Lieferanten, Versicherungen und einiger Behörden, um Erfahrungen zu sammeln und zu nutzen. Dazu wird die Literatur systematisch studiert. Zu Werkbesichtigungen werden Delegationen entsandt und bei Kollegen im Ausland werden Erkundigungen eingeholt. Das so gesammelte Material wurde erstmals 1963 in «New Horizons – Topmost Dams of the World» und neuerdings 1967 in «World Dams Today» in englischer Sprache veröffentlicht. Eine internationale Elite von Fachleuten, einschliesslich einiger Ingenieure der Schweiz, bespricht in 66 Kurzberichten mannigfache Probleme des zeitgemässen Talsperrenbaues. Das Spektrum des Gebotenen mögen einige Titel beleuchten: Weltbank und Talsperren der Erde von *Simon Aldewereld;* Neue Bogensperren in der Schweiz und in Österreich von *Henri Gicot;* Verhalten von Talsperren im Erdbeben von Skoplje von Prof. *Branislav Kujunzic;* Talsperren auf schwieriger Fundation in der Türkei von *Orhan M. Ural;* Mehrzweckanlagen in Japan von *Raishiro Koga.*