

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 74 (1982)
Heft: 10

Artikel: Tucuri: gigantische Wasserkraftanlage im Amazonas-Urwald
Autor: Bischof, Roland
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941159>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

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

Tucuruí: Gigantische Wasserkraftanlage im Amazonas-Urwald

Roland Bischof

Zusammenfassung

Nach einer kurzen Einführung in Auslegung und Dimension des Projektes wird über die neue Betontechnologie «Roller Compacted Concrete», die Kernmaterialgewinnung sowie über die Rodung des Staubeckens berichtet.

Résumé: Tucuruí, aménagement hydro-électrique gigantesque au Brésil

Précédé d'une introduction succincte sur la disposition et les caractéristiques générales de l'aménagement l'article traite la nouvelle technologie de béton «Roller Compacted Concrete», l'extraction des terres à noyau et l'essartement de la future retenue.

Summary: Tucuruí, Gigantic Hydro Power Plant in Brazil

Following a short introduction on layout and main characteristics of the scheme the article describes the application of Roller Compacted Concrete, the extraction of core material and the clearing of the forest in the future reservoir area.

Einleitung

Bis 1975 war Tucuruí ein verschlafener Fleck, mit 3000 Einwohnern am linken Ufer des Tocantin-Flusses, 350 km südlich von Belém im Gliedstaat Pará, doch dann tauchten im Dezember dieses Jahres fremdartige, nie vorher gese-

die ersten Lichtungen zu schaffen und damit die Aufnahme der Feldarbeiten zu ermöglichen.

Im Schatten von Itaipu [19], dem bereits weit über die engeren Fachkreise zu einem Begriff gewordenen leistungsstärksten Wasserkraftwerk der Welt (ein brasilianisch-paraguayisches Projekt), entsteht in Brasiliens Amazonas-Region eine Anlage ähnlicher Dimensionen.

1. Der Tocantin-Fluss

Erst Ende der 60er Jahre begann Brasilien mit umfassenden und systematischen Studien zur Ermittlung des hydroelektrischen Potentials seines riesigen Amazonasgebietes. Zur Leitung dieser Studien und zum Aufbau der Stromversorgung in diesem Gebiet wurde 1973 Eletronorte als regionale Tochterfirma der Eletrobras gegründet.

Neben anderen Flusssystemen wurden in den Jahren 1973 bis 1975 Potentialstudien mit generellen Ausbauplänen für den Tocantin und seine wichtigsten Nebenflüsse erarbeitet (Bild 1). Das Einzugsgebiet des Tocantins beträgt 767 000 km², sein Lauf beginnt im Zentralplateau Brasiliens. Nach einer 2500 km langen Fließstrecke in Richtung Norden endet der Tocantin zusammen mit dem Amazonas bei Belém im Atlantik.

Gemessene hydrologische Daten sind erst seit 1973 vorhanden. Für die Sperrstelle Tucuruí wurde eine mittlere Wasserführung von 9200 m³/s gemessen, der minimale Wert liegt bei 1500 m³/s, der höchste gemessene bei 68 000 m³/s (1980).

Auf eine Beschreibung der komplexen geologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet und an der Sperrstelle wird an dieser Stelle unter Hinweis auf Punkt [7] des Literaturverzeichnisses verzichtet.

2. Allgemeine Anordnung der Anlage Tucuruí

Die Elemente, welche den 8 km langen Talabschluss Tucu-
turuí bilden sind aus Bild 2 ersichtlich. Zum besseren Ver-

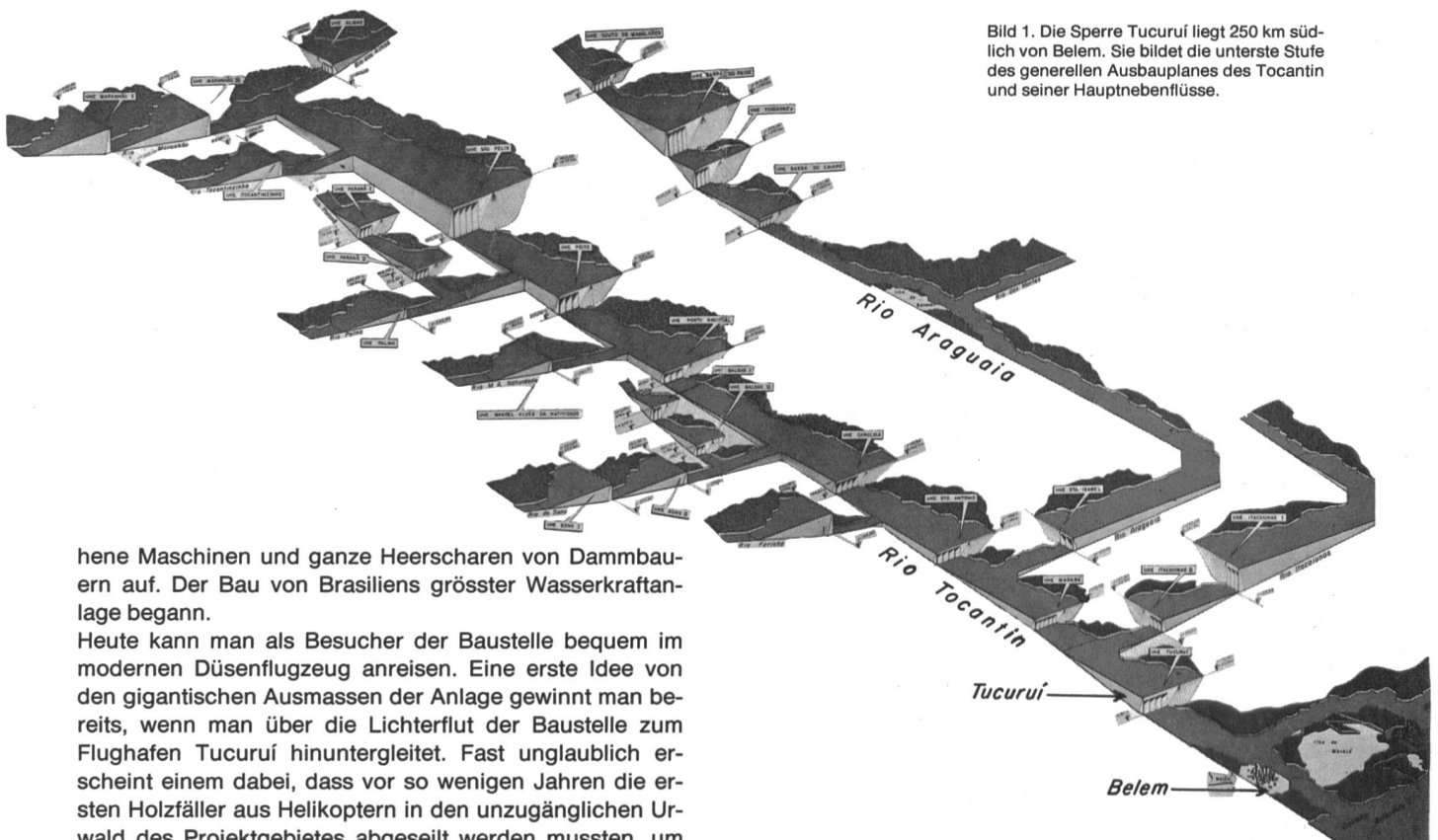


Bild 1. Die Sperre Tucuruí liegt 250 km südlich von Belem. Sie bildet die unterste Stufe des generellen Ausbauplanes des Tocantin und seiner Hauptnebenflüsse.

hene Maschinen und ganze Heerscharen von Dammbauern auf. Der Bau von Brasiliens grösster Wasserkraftanlage begann.

Heute kann man als Besucher der Baustelle bequem im modernen Düsenflugzeug anreisen. Eine erste Idee von den gigantischen Ausmassen der Anlage gewinnt man bereits, wenn man über die Lichterflut der Baustelle zum Flughafen Tucuruí hinuntergleitet. Fast unglaublich erscheint einem dabei, dass vor so wenigen Jahren die ersten Holzfäller aus Helikoptern in den unzugänglichen Urwald des Projektgebietes abgeseilt werden mussten, um

ständnis sei hinzugefügt, dass die Anlage in zwei Etappen realisiert wird. In der gegenwärtig im Bau befindlichen 1. Etappe besteht der Talabschluss auf der linken Flanke aus den in Bild 2 mit 1 bezeichneten Erddämmen. Diese schliessen an die Einlaufstruktur (5 in Bild 2) des «Erst-Phasen-Maschinenhauses» an. In diesem Maschinenhaus sind 12 Francis-Turbinen/Generator-Einheiten von je 330 MW sowie zwei Hilfseinheiten à 20 MW untergebracht, was eine installierte Gesamtleistung von 4000 MW ergibt. Das zukünftige zweite Maschinenhaus (4 in Bild 2) wird ähnlich bestückt werden und damit die Leistung der Anlage auf 8000 MW erhöhen. Bei Realisierung dieser zweiten Etappe, welche Anfang der neunziger Jahre erfolgen soll, muss ein Element des Y-förmigen Dammes gebaut (3 in Bild 2) und das andere so weit abgetragen werden, um den Zufluss zum neuen Maschinenhaus freizugeben.

3. Hauptcharakteristiken

Die Tabellen 1 bis 4 geben einen Überblick über die gigantischen Ausmasse der Anlage. Beispielsweise entspricht die auf 112 000 m³/s ausgelegte Hochwasserentlastung bezüglich Ableitkapazität einem Weltrekord.

4. Schleusenbau mit «Rollcrete»

Bei der wirtschaftlichen Entwicklung des Tocantin-Gebietes wird die Binnenschifffahrt eine bedeutende Rolle spielen [2]. Deshalb enthält das Tucuruí-Projekt auch die entsprechenden Anlagen zur Überwindung der annähernd 70 m grossen Wasserspiegeldifferenz. Zwei ungewöhnlich hohe Schleusen schliessen zu beiden Enden eines dazwischenliegenden Schifffahrtskanales an. Beide Schleusen weisen eine Länge von 210 m und eine Breite von 33 m auf. Mit Hubhöhen von 37,8 m bei der oberen und 35,0 m bei der unteren gehören sie zu den grössten Schleusen der Welt (Bild 4).

Im Sinne eines Versuches mit neuester Betontechnologie wird beim Schleusenbau von Tucuruí «Rollcrete» verwendet [9 bis 16]. «Rollcrete» oder «Roller Compacted Concrete» (beide Begriffe meinen dasselbe) ist ein Massenbeton niedriger Zementdosierung, der in kleinen Schichten eingebracht und mit Vibrationswalzen verdichtet wird. Dadurch entsteht ein ähnlicher Baubetrieb wie beim Erddamm-bau mit entsprechenden Einsparungen an Bauzeit und Kosten, ohne auf die Vorteile des Betonbauwerkes gegenüber dem Damm verzichten zu müssen. Diese Technologie stagnierte nach dem Bau der Gewichtsstaumauer «Alpe di Gera» in Italien (Bauende 1965) für viele Jahre, doch scheint sie in neuester Zeit weltweit stark im Vormarsch zu sein. Der Betontalsperrenbau dürfte dank dieser Technologie etwas von dem an den Dammbau verlore-

Tabelle 1. Speicher und Sperre der Anlage Tucuruí

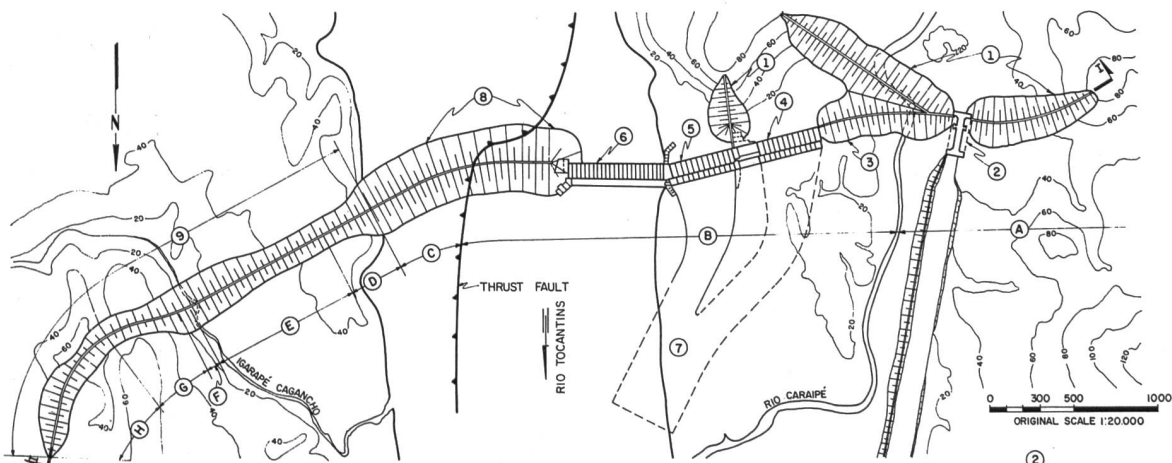
Hydrologie	
Einzugsgebiet	758 000 km²
Minimal gemessener Abfluss	1 500 m³/s
Mittlerer Abfluss	9 200 m³/s
Maximal gemessener Abfluss	68 000 m³/s
Reservoir	
Normalstau	72 m ü. M.
Max. Überstau	74 m ü. M.
Senkungsziel	58 m ü. M.
Seeoberfläche bei Normalstau	2430 km²
Nutzvolumen	25,4 Mrd. m³
Totalvolumen	45,8 Mrd. m³
Hauptlängen	
Totale Länge Betonstruktur	1215 m
Totale Länge Erd- und Steindämme	6595 m
Hauptvolumen	
Aushub Lockergestein	23 Mio m³
Felsaushub	22 Mio m³
Fangedammvolumen	17 Mio m³
Schüttvolumen Erd-/Steindämme	55 Mio m³
Nebendämme	1 Mio m³
Betonvolumen	5,5 Mio m³

Tabelle 2. Hochwasserentlastung, Maschinenhaus, Schifffahrt

Hochwasserentlastung/Baumleitung	
Länge	602 m
Höhe	86 m
Typ	Kronenüberfall/Sprungschanze
Hochwasserentlastungs-Schützen	23 × (20,0 × 21,0 m)
Ableitkapazität	112 000 m³/s
Provisorische Öffnungen für Baumleitung	40 × (6,5 × 130 m)
Bauhochwasser (Q ₂₅)	56 000 m³/s
Wasserfassung/Maschinenhaus Nr. 1	
Länge Wasserfassung	400 m
Länge Maschinenhaus	528 m
Haupteinheiten (1. Phase)	12 × 330 MW
Hilfseinheiten	2 × 20 MW
Turbinentyp	Francis
Turbinendurchfluss (bei Nominalhöhe)	576 m³/s
Fallhöhe (nominal)	60,8 m
Rotationsgeschwindigkeit	83,72 r.p.m.
Schifffahrt	
Wasserspiegel:	
Stausee	58,0 bis 74,0 m ü. M.
Zwischenkanal	37,5 bis 38,5 m ü. M.
Unterwasser	3,5 bis 25,1 m ü. M.
Schleusenabmessungen	33 × 210 m
Schleusenhub:	
obere Schleuse	37,8 m
untere Schleuse	35,0 m
Zwischenkanal:	
Länge	5500 m
min. Breite	140 m
Erdaushub	6 Mio m³
Felsaushub	1,6 Mio m³
Erd- und Steindämme	7,5 Mio m³
Betonvolumen	1,4 Mio m³
Stahlwasserbauausrüstung	9800 t

Bild 2. Anlage Tucuruí, allgemeine Anordnung.

- 1 Erddamm – linke Flanke (1. Phase)
- 2 Obere Schifffahrtsschleuse
- 3 Erddamm – linke Flanke (2. Phase)
- 4 Einlaufbauwerk und Maschinenhaus (2. Phase)
- 5 Einlaufbauwerk und Maschinenhaus (1. Phase)
- 6 Hochwasserentlastung
- 7 Unterwasserkanal
- 8 Steindamm im Flussbett
- 9 Erddamm – rechte Flanke



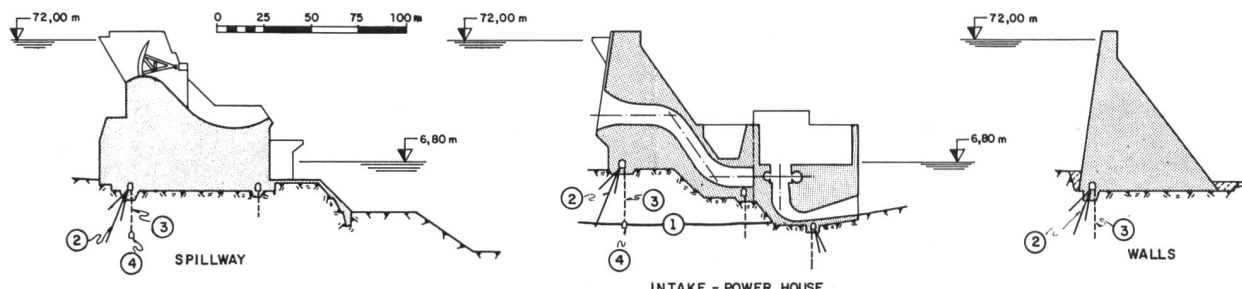


Bild 3a. Querschnitte durch Betonstrukturen. Links Hochwasserentlastung, Mitte Einlaufwerk-Zentrale, rechts Anschlussmauer Beton/Damm.

Tabelle 3. Belegschaft, Infrastruktur

Belegschaft/Wohnbevölkerung (Daten April 1982)			
Arbeiter und Angestellte			27 952
Wohnbevölkerung			56 128
davon:	männl.	weibl.	total
Kinder (unter 17 J.)	18,4 %	19,6 %	38,1 %
Erwachsene	47,5 %	14,4 %	61,9 %
Total	65,9 %	34,1 %	100,0 %
Wohnhäuser			
Permanent			2 835
Temporär			2 730
«Pioneira»			117
Total			5 682
Erziehung			
Schulen			24
Lehrkörper			701
Gesundheit			
Spitäler			2
Ärzte			47
Klinikpersonal inkl. Hilfspersonal			590
Trinkwasserkonsum			
Mittlerer Tageskonsum		14 578 m ³	
Mittlerer «Pro-Kopf-Konsum»		349 l/Tag	
Elektrische Leistung			
4 Dieselgruppen à 2 500 kW		10 000 kW	
2 Gasturbinen à 11 500 kW		23 000 kW	
Total		33 000 kW	

Tabelle 4. Bauprogramm und Kosten

Bauprogramm		24. November 1975
Vertrag für Bau der Fangedämme		2. Januar 1979
1. Beton bei Hochwasserentlastung		30. Oktober 1981
Montagebeginn Maschine Nr. 1		1983
Betriebsaufnahme Maschine Nr. 1		
Die weiteren 11 Maschinen folgen in Intervallen von		4 Monaten
Kosten (ohne Bauzinsen)		
Totale Kosten der 1. Stufe (4000 MW) =		3,8 Mrd US-\$
Spezifische Kosten 1. Stufe		954 US-\$/kW
Kostenschätzung 1. und 2. Stufe (7960 MW) "		5,0 Mrd. US-\$
Spezifische Kosten 1. und 2. Stufe		629 US-\$/kW
Gliederung der Kosten der 1. Stufe		
	Ausgaben in:	
	nationaler Währung	fremder Währung
	%	%
Bauarbeiten	58,17	—
Elektromechanische Ausrüstung inkl. Stahlwasserbau und Ersatzteile	5,46	6,73
Transporte und Versicherungen	3,12	—
Montage	1,94	—
Versuche	—	0,02
Infrastruktur	7,45	—
Landerwerb, Rechte	0,56	—
Engineering	4,48	0,01
Montage Überwachung	0,18	0,66
Bauleitung	4,55	—
Koordination	—	0,83
Administration	5,84	—
Sub-Total	91,75	8,25
Total	100 %	

nen Terrain zurückgewinnen. So wurden beispielsweise bei der Reparatur unterhalb der Sprungschanze der Hochwasserentlastung von Tarbela 344 000 m³ «Roller Compacted Concrete» (RCC) bei extrem hohen Tagesleistungen von bis zu 19 000 m³ eingebracht. RCC wird verwendet bei den gegenwärtig im Bau stehenden Gewichtsmauern Ohkawa in Japan, Upper Stillwater und Willow Creek in den USA.

100m

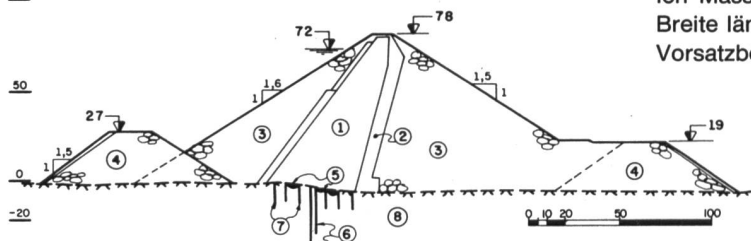
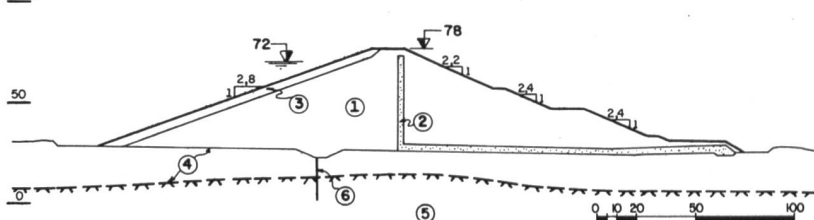


Bild 3b. Typische Dammquerschnitte. Oben: Erddamm linke Flanke. Unten: Steindamm im Flussbett.

100m



Die Anwendung beim Schleusenbau in Tucuruí zeigt die grosse Flexibilität von RCC. Während bei den Reparaturarbeiten in Tarbela keine grosse Anforderung an die Geometrie des Betonkörpers gestellt wurde, wird bei der Willow-Creek-Gewichtsmauer die senkrechte Wasserseite aus vorfabrizierten, nach der Methode der armierten Erde eingebauten Betonelementen gebildet. In Tucuruí hingegen wird mit den üblichen Schalungen des konventionellen Massenbetonbaus gearbeitet. Ein Streifen von 2,5 m Breite längs der Aussenschalung, entsprechend unserem Vorsatzbeton, wird als normaler Massenbeton dosiert und mit Nadelvibration verdichtet eingebracht.

Der eigentliche Kernbeton ist ein RCC, der in Schichtstärke von 18 cm eingebaut und mit 8 Passagen einer 7-t-Walze verdichtet wird. Nach jeweils 2,5 m Höhe wird für das Versetzen der Schalung eine horizontale Arbeitsfuge («cold joint») erforderlich, die in bekannter Manier des Massenbetons behandelt wird. Zudem wird die letzte und die erste 18-cm-Schicht eines 2,5-m-Betonierblockes mit einem auf 38 mm reduzierten Maximal Korn ausgeführt. Folgende zwei RCC-Mischungen gelangen damit zum Einbau:

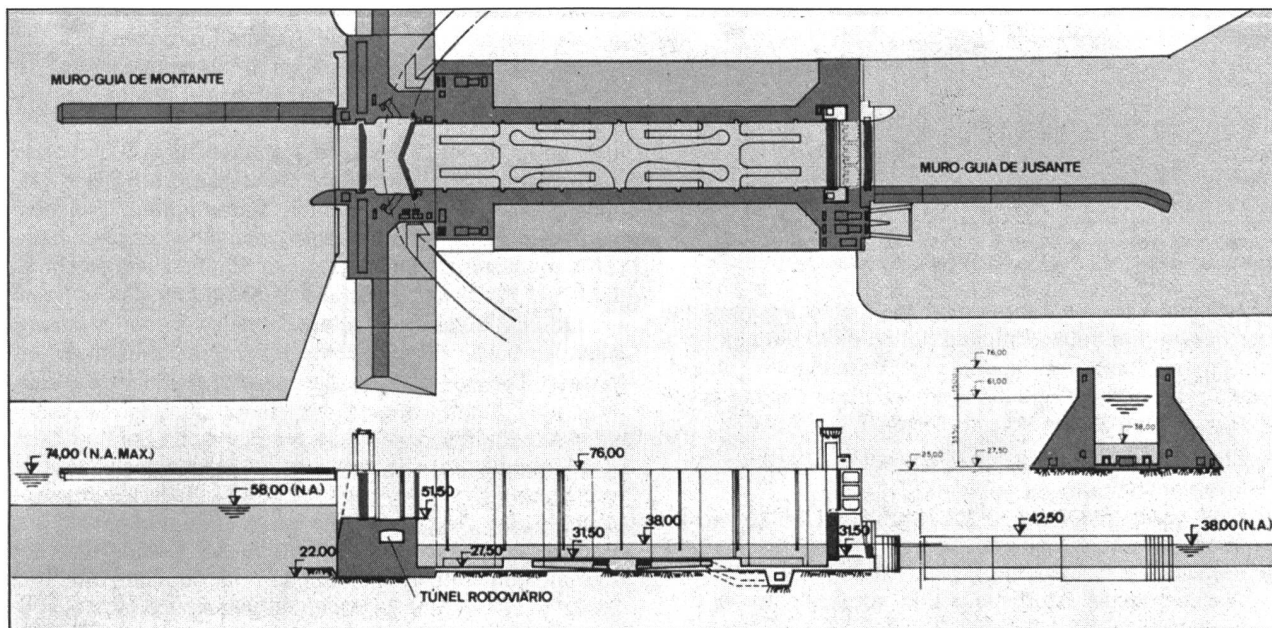


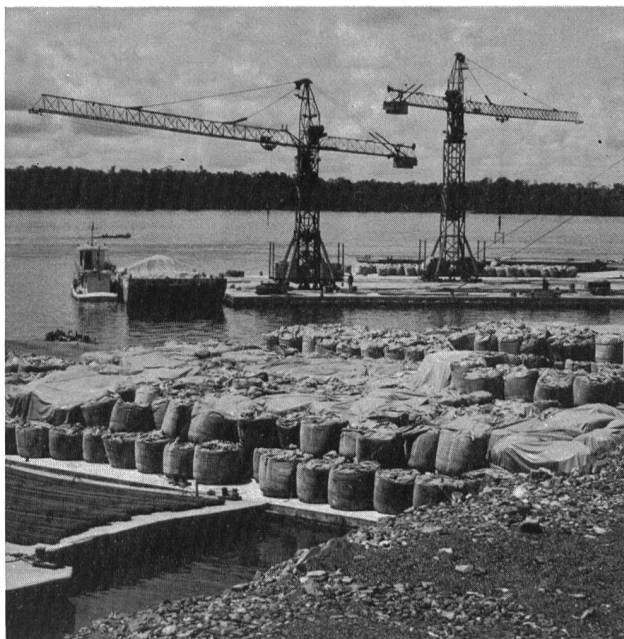
Bild 4. Obere Schiffahrtsschleuse, Situation, Längs- und Querschnitt. In den voluminösen Teilen der über 50 m hohen Gewichtsmauern beidseits der Schleusen-kammer (33 x 210 m) sowie in den Übergangsmauern an die beiderseits der Schleuse anschliessenden Erddämme wird «Rollcrete» eingebaut.

Maximalkorn, Durchmesser	38 mm	76 mm
Zuschlag		
Sand	867 kg	702 kg
Kies ¾"	592 kg	408 kg
Kies 1½"	887 kg	706 kg
Kies 3"	—	607 kg
Zement	65 kg	51 kg
Puzzolan	38 kg	30 kg
Wasser	76 kg	60 kg

Die mittlere 90-Tage-Festigkeit dieses RCC-Betons beträgt $\beta_{90} = 75 \text{ kg/cm}^2$.

Wie der übrige Beton in Tucuruí wird auch für den RCC die auf 14°C spezifizierte Einbautemperatur verlangt. Um diese Limite zu erreichen, muss während des Bandtransportes zum Betonurm die Kiesfraktion mit gekühltem Wasser besprüht werden. Zusätzlich wird im Mischer das Anmachwasser in Form von Schuppeneis beigegeben. Bei

Bild 5. Abgepackt in 1,5-t-«Plastiksäcke» gelangt der Zement via den Hochseehafen Belém auf dem Tocantin-Fluss zum Schwimmhafen der Baustelle.



starkem Sonnenschein wird über der RCC-Einbauzone mit Wasser und Druckluft eine Sprühnebelwolke erzeugt.

Zement und Puzzolan werden aus dem Süden Brasiliens zum Hochseehafen Belém und von dort 300 km den Tocantin hinauf zum Schwimmhafen der Baustelle Tucuruí transportiert. Als Transportbehälter dienen wasserdichte, wiederverwendbare «Plasticsäcke», die je 1,5 t Zement oder 2,0 t Puzzolan enthalten (Bild 5).

5. Bis 2 000 000 m³ Dammeinbau pro Monat

Das gesamte Einbauvolumen beträgt 55 Mio m³ Erd- und Steindamm. Infolge der tropischen Niederschläge muss der Erdbau praktisch während der ersten vier Monate des Jahres eingestellt werden. Daher war es nötig, die Einbaukapazität bis auf 2 Mio m³ pro Monat zu steigern.

So wird beispielsweise das Kernmaterial in den Entnahmehöhlen durch 4 «Holland Loader» mit je 1000 m³/h Leistung abgebaut (Bild 6). Dieses Abbaugerät ist rittlings auf zwei Caterpillar D 9 montiert. Kontinuierlich bewegt es sich im Schneckentempo der 3,5 m hohen, senkrechten Abbaufrente entlang und schält dabei eine weitere Tranche von etwa 50 cm Dicke ab. Über ein Schrägförderband gelangt das abgebaute Material in die parallel rollenden Transportriesen (z. B. Athey PW 722—100 Tonnen). Ohne Unterbruch fährt ein Transporter nach dem anderen vor, nimmt seine 70 t Fracht auf und bringt sie direkt zur Einbaustelle im Damm.

So frisst jedes der vier Abbaugeräte seinen eigenen mehrere hundert Meter im Durchmesser messenden, kreisrunden Abbaukrater aus dem ursprünglichen Urwaldboden heraus. Erstaunlich gering, nämlich mit im Mittel nur 30 bis 50 cm, wird die erforderliche Oberflächenabräumung angegeben, bevor mit der Ausbeutung des Kernmaterials begonnen werden kann. Die Urwaldriesen sind offensichtlich ausgesprochene Flachwurzler.

6. Millionen von Bäumen müssen gefällt werden

Ein Stausee von dieser Grössenordnung, nach Guri in Venezuela der zweitgrösste Lateinamerikas, bringt bedeutende Umweltveränderungen mit sich. Auch Menschen müssen umgesiedelt werden. Im Falle von Tucuruí etwa 8000 Personen, darunter auch Angehörige von zwei India-



Bild 6. Holland-Loader beim Abbau des Kernmaterials. Der auf zwei Rampenfahrzeugen (D9) sitzende Loader schält das Material von der 3,5 m hohen vertikalen Abbaufont (Hintergrund) und fördert es in die Transportfahrzeuge. Das Beladen eines 70-t-Transporters dauert etwa eine Minute.

nerstämmen, deren Umsiedlung in Zusammenarbeit mit der FUNAI (Fundação Nacional do Índio) vorbereitet wird. Eine ganze Reihe von Studien zur Erfassung der Umweltbeeinträchtigungen und zur Verminderung der negativen Folgen sind im Gange; so zum Beispiel:

- Studie der Zersetzung von Biomasse im Stausee
- Inventar der Flora
- Einfluss des Staus auf epidemische Krankheiten
- Meteorologische Studien
- Kataster der Bodenarten
- Wasserqualität: Ist-Zustand und voraussichtliche Entwicklung
- Inventar des Fischbestandes und der übrigen Fauna.

Die Probleme im Zusammenhang mit der Zersetzung von Biomasse im zukünftigen Stausee sollen im folgenden kurz angesprochen werden.

Beim Verrottungsprozess des eingestauten Urwaldes wird der Sauerstoff aus dem Wasser aufgezehrt und Gase wie Methan und Schwefelwasserstoff können gebildet werden. Dies würde nicht nur die ökologischen Verhältnisse des Stausees ungünstig beeinflussen, sondern auch Gefahren für den Betrieb der Anlage mit sich bringen. So haben beim Bau des Furnas-Dammes am Rio Grande in Brasilien Gasexplosionen im Umleitstollen mehreren Arbeitern das



Bild 7. Das Roden des Urwaldes im zukünftigen Staubecken verlangt unglaubliche Anstrengungen und birgt vielerlei Gefahren in sich. Die Bäume sind mit Lianen ineinander verhängt und unter anderem auch von gefährlichen Insekten bewohnt.

Leben gekostet, und grosse Wasserverluste zwangen zu schwierigen und kostspieligen Reparaturarbeiten [17]. Auch in Deutschland ist es beim Sektorwehr Landesbergen zu tragischen Unfällen mit biogenen Gasen gekommen [18].

In Anbetracht der Grösse des Stausees Tucuruí und einer Vegetationsdichte von 240 m³ Biomasse pro ha sind Gegenmassnahmen kein leichtes Unterfangen. Trotzdem wurde zugunsten der wohl einzig möglichen Lösung, nämlich der vollständigen Rodung des Staubeckens entschieden (Bild 7). Dieser Entscheid wurde durch den auf eine Milliarde US-\$ veranschlagten Handelswert der dabei anfallenden 9 Mio m³ exotischer Harthölzer um einiges erleichtert. Die Ausbeutung dieses «grünen Schatzes» verlangt aber auch unglaubliche Anstrengungen. So ist es nicht verwunderlich, dass die brasilianische Forstbehörde (IBDF) nur mit grossen Schwierigkeiten eine geeignete Unternehmung für diese Arbeiten finden konnte. Die brasilianische Firma Agropecuária Capemi hat schliesslich die Aufgabe übernommen. Der Aufbau der Camps und der notwendigen Infrastruktur begann im August 1980. Das Gebiet wurde in fünf Regionen aufgeteilt, und jede ausgerüstet mit Sägerei, Camp, Schule, Klub, medizinischer Station und Landepiste. Ein 1000-km-Strassennetz dient neben den Wasserwegen der Erschliessung. Tausend Mann, ausgerüstet mit 450 Motorsägen, 300 Lastwagen, 100 Traktoren neben Flössen, Schleppbooten und ähnlicher Ausrüstung, stehen im Einsatz und verwandeln «Urwald» in Schnittholz, Eisenbahnschwellen, Holzkohle und Alkohol-Treibstoff. Trotz dieses Einsatzes bildet die Rodung den kritischen Punkt des Programmes, das den Einstaubeginn auf Anfang September 1983 vorsieht.

Literatur

- [1] Tucuruí 8000 MW. Broschüre der Eletronorte.
- [2] Eclusas de Tucuruí. Broschüre der Portobras.
- [3] Reservoir of Tucuruí Hydroelectric Project. Broschüre der Eletronorte betreffend Ökologie.
- [4] UHE Tucuruí. Broschüre der Eletronorte.
- [5] Resumo estatístico. Abril 1982 Eletronorte.
- [6] Manchete. Special edition Brazil 1982.
- [7] 14. ICOLD-Kongress Rio de Janeiro Q 53/R 51: The complex metamorphic Rock Foundation conditions of the Tucuruí Hydroelectrical Project.
- [8] 14. ICOLD-Kongress Rio de Janeiro GP-RS 9: General Report of the Brazilian National Committee on Large Dams.
- [9] E. K. Schrader: World's first all-rollcrete Dam «Civil Engineering-ASCE» April 1982.
- [10] Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), London: Rolled Concrete for Dams. Reprints of the CIRIA Conference, Juni 9/10, 1981.
- [11] CIRIA Technical Note 105: Rolled Concrete for Dams – a laboratory study of the properties of high fly ash content concrete. By R. H. Dunstan, May 1981.
- [12] CIRIA Technical Note 106: Rolled Concrete for Dams – construction trials using high fly ash content concrete, by R. H. Dunstan, May 1981.
- [13] Report No. ACI 201 512-80: Roller Compacted Concrete. Reported by ACI Committee 207, ACI-Journal July/August 1980.
- [14] ASCE Publication: Rapid Construction of Concrete Dams. Proceedings of the Asilomar Conference 1970 and 1972.
- [15] 11. ICOLD-Kongress Madrid 1973, Qu. 43: New Ideas for more rapid and economic Construction of Concrete Dams.
- [16] Toshio Hirose: Research and Practice concerning R.C.D. Method. «Civil Engineering in Japan» Dezember 1981, Volume 20.
- [17] F. H. Lyra and W. MacGregor: Furnas Hydro-Electrical Scheme, Brazil, Closure of Diversion Tunnels. Paper 6993, Institution of Civil Engineers 1967.
- [18] Dieter Müller: Zur Gefährdung von Wasserbauwerken durch explosive Gase aus mikrobiologischen Stoffumsetzungen. «Wasserwirtschaft» 65 (1975) 2.
- [19] Schnitter N.: Itaipu das grösste Wasserkraftwerk der Welt. «wasser, energie, luft» 71/1979, Heft 1, S. 17.

Adresse des Verfassers: Roland Bischof, dipl. Ing. ETH, Sekretär des schweizerischen Nationalkomitees für Grosse Talsperren, Eidg. Technische Hochschule, 8093 Hänggerberg/Zürich.