

Energiehungriges Brasilien

Prof. Dipl.-Ing. Guntram Schultz, Fachhochschule Karlsruhe

1. Einleitung

Brasilien ist das fünftgrößte Land der Erde und 24 Mal so groß wie Deutschland. Es hat heute 155 Mio. Einwohner; die meisten davon stammen von Einwanderern oder importierten Sklaven ab. Eine Urbewölkerung existiert kaum noch - man schätzt die Zahl der Indianer auf etwa 220000.

Die größte Stadt des Landes - Sao Paulo - liegt auf dem Wendekreis des Steinbocks und damit auf der Höhe Südafrikas, während der Norden des Amazonasbeckens vom Äquator geschnitten wird. Dies allein gibt schon einen Hinweis auf die Vielfalt der Landschaften und klimatischen Bedingungen eines Landes, das beinahe die Hälfte Südamerikas bedeckt.

Brasilien ist ein sog. Schwellenland, in dem die Mehrheit der Bevölkerung nach wie vor in einfachsten Verhältnissen lebt; entweder in traditioneller ländlicher Armut oder in den Slums der Großstädte (diese heißen dort Favelas und erreichen beachtliche Größen, z.B. bis über 200000 Bewohner in Rio de Janeiro in unmittelbarer Nähe der Luxusviertel).

Ein Prozent der Landeigentümer besitzen noch heute rund 45 % der Gesamtfläche des Landes. Brasilianer bezeichnen ihr Land daher oft als BELINDIA (= ein bißchen Belgien und viel Indien).

Nach wie vor besteht ein Widerspruch zwischen Entwicklungsmöglichkeit und -realität. Dies liegt zum großen Teil am Stil der Entwicklung, die bisher zu keinem Wandel der Gesellschaft führte, sondern immer wieder neue Krisen produzierte. Beispielhaft sei hier auf die Bevölkerungszunahme, auf die steigende Armut und Kriminalität in den Großstädten sowie auf die durch die Industrialisierung hervorgerufenen Umweltschäden hingewiesen.

Die politische Kultur stellt ein weiteres Entwicklungshemmnis dar. Es mangelt oft an Moral und die Gewaltenteilung funktioniert nicht befriedigend. Korrupte Politiker, anhaltend hohe Staatsverschuldung und eine wirtschaftliche Dauerkrise mit Inflationsraten von bis zu 50 % pro Monat prägten jahrzehntelang das Bild des Landes.

Ein radikaler Währungsschnitt im Jahre 1994 hat viele neue Hoffnungen geweckt. So ist es zum Beispiel gelungen, die Inflation auf einen konstanten Wert von etwa 2 % pro Monat zu stabilisieren. Brasilien ist zur Zeit in einer großen Aufbruchstimmung und wird als Handelspartner für Europa zunehmend interessant. Sein Brutto-Inlandsprodukt betrug im vergangenen Jahr immerhin etwa 3500 US\$ pro Kopf.

Im folgenden soll dargestellt werden, wie ein Land mit einem jährlichen Bevölkerungswachstum von über 2 % und einem angestrebten Wirtschaftswachstum von 5 % versucht, seinen ständig steigenden Energiehunger zu stillen.

2. Bevölkerung und Wirtschaft

Geographisch und wirtschaftlich läßt sich Brasilien in fünf Regionen aufteilen, die stichwortartig vorgestellt werden sollen:

Norden (Bundesstaaten Acre, Amazonas, Rondonia, Roraima, Amapá):

42 % der Fläche, aber nur 6 % der Bevölkerung (somit weniger als 2 Einwohner/km²). Die Region wird vom Amazonas beherrscht. Dieser bildet das größte zusammenhängende Flußgebiet der Erde mit ca. 1100 Nebenflüssen, davon sind 17 größer als der Rhein. Es bestehen gigantische Möglichkeiten zur Energiegewinnung. Am tropischen Regenwald wird nach wie vor Raubbau getrieben (bis zu 100000 km² pro Jahr). Bergbaugesellschaften, Goldsucher und Siedler dringen ungehindert in die letzten Indianerreservate vor.

Produkte der Region sind Mais, Maniok, Reis, Bohnen, Viehzucht, Kautschuk, Paranüsse, Holz. Daneben finden sich diverse Bodenschätze in großen Mengen, z.B. Eisen, Mangan, Zinn, Bauxit und auch Gold.

Nordosten (Bundesstaaten Maranhao, Piaui, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia):

18 % der Fläche, 28 % der Bevölkerung. Armenhaus der Nation. Verödung im Landesinneren durch unregelmäßig auftretende Niederschläge, Abwanderungstendenzen in die großen Städte.

Produkte der Region: Zuckerrohr, Maniok, Bananen, Reis, Palmenöl und -mark, Salz, Tabak. Daneben div. Bodenschätze wie Blei, Kupfer, Chrom, Nickel und Erdöl.

Zentraler Westen (Bundesstaaten Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Distrito Federal mit Hauptstadt Brasilia). 22 % der Fläche, 7 % der Bevölkerung.

Nur geringe Industrieproduktion. Naturpark Pantanal (dünn besiedeltes Überschwemmungsgebiet, beginnender Tourismus). Produkte der Region: Viehzucht, Reis, Mais, Soja. Große Vorkommen an Manganerz.

Südosten (Bundesstaaten Minas Gerais, Espirito Santo, Rio de Janeiro, Sao Paulo):

11 % der Fläche, 44 % der Bevölkerung. Mit Abstand am dichtesten besiedelte Region (Sao Paulo, Rio), wo 2/3 des Bruttoinlandproduktes erwirtschaftet werden. Große Industriezentren mit hohem Energiebedarf und hoher Umweltbelastung, daneben aber auch sehr fruchtbares Hochland.

Div. Bodenschätze (Eisen, Mangan, Blei, Bauxit, Uran, Edelsteine).

Süden (Bundesstaaten Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul):

7 % der Fläche, 15 % der Bevölkerung.

Ausgeprägte Jahreszeiten, angenehmes Klima, daher hauptsächlich Einwanderer aus Europa (Blumenau, Pomerode, Nova Friburgo).

Produkte der Region: Kaffee, Mais, Bohnen, Reis, Soja, Baumwolle, Weizen, Tabak, Wein, Viehzucht. Bodenschätze: Kupfer, Kohle, Edelsteine, Ölschie-

fer.

3. Energiewirtschaft

Brasilien verfügt zwar über alle denkbaren Rohstoffe, besitzt aber nur wenige fossile Primärenergieträger in Form von Kohle, Mineralöl und Erdgas. Allerdings beginnt man in letzter Zeit, durch selbst entwickelte Off-shore-Technologien größere Vorkommen von Öl und Gas im Bereich der Küste wirtschaftlich zu fördern und vermindert so deutlich den Import von Mineralöl.

Die überreichlich vorhandenen Wasserkräfte des Landes dienen bis heute als Hauptenergiequelle. Daneben liefert auch Biomasse - hauptsächlich Brennholz - einen beträchtlichen Anteil der Primärenergie. Seit Jahren erfolgt zudem ein systematischer Anbau von Zuckerrohr zur Gewinnung von Äthanol als Ersatz für Benzin.

4,5 Mio. von insgesamt 20 Mio. Pkws fahren heute ausschließlich mit diesem Treibstoff, der Rest mit einem Gemisch aus 80 % Benzin und 20 % Alkohol. Somit beträgt der Alkoholanteil am Kraftstoffverbrauch beinahe 40 %.

Wie Abbildung 1 zeigt, spielen die übrigen Primärenergieträger eine untergeordnete Rolle. Zum Vergleich sind die entsprechenden Werte für Deutschland wiedergegeben.

Seit Jahren betreibt Brasilien ein einziges Kernkraftwerk kleinerer Leistung in der Nähe von Rio de Janeiro mit dem Namen Angra I. Die aus den USA gelieferte Anlage ist allerdings ein Milliardenflop, der bis heute noch nicht störungsfrei läuft. Der bisherige Anteil der Kernenergie an den Primärenergiequellen ist somit verschwindend klein und erscheint

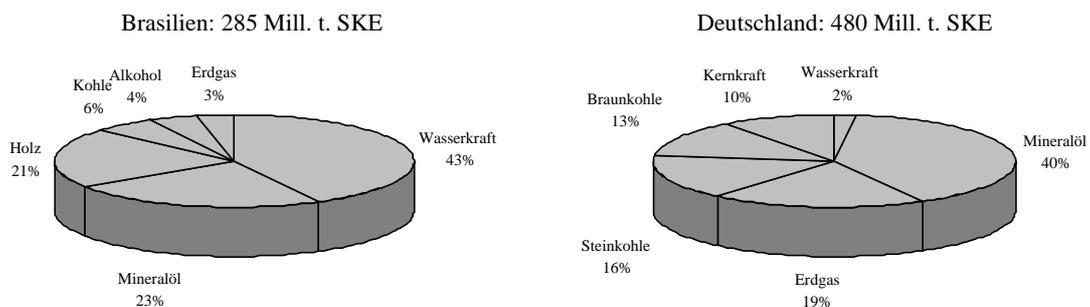


Abb. 1: Anteile der Primärenergieträger in Brasilien und in Deutschland 1994

nicht im Diagramm.

1975, zur Zeit der Militärregierung, wurde mit Deutschland ein Vertrag über die Lieferung von acht großen Kernkraftblöcken abgeschlossen. Anhaltende Rezession und der Übergang zu einer zivilen Regierung führten zu einem Einfrieren des Projektes und statt dessen einem forcierten Ausbau der Wasserkraft.

Erst vor wenigen Monaten wurden die Bauarbeiten für Angra II durch die deutsche KWU wieder aufgenommen. Die Anlage mit 1300 MW soll 1999 in Betrieb gehen. Ob danach noch weitere Blöcke folgen, ist völlig ungewiß.

Eine direkte Nutzung von Sonnenenergie (Photovoltaik oder Brauchwassererwärmung) bzw. von Windenergie in nennenswertem Umfang findet bis heute nicht statt, so daß auch diese Primärenergiequelle im Diagramm fehlt.

Wegen der relativ niedrigen Preise für Energie geht man ähnlich wie in Nordamerika nicht besonders sparsam mit derselben um.

Zudem verhinderte eine falsche Verkehrspolitik bisher den Bau von Eisenbahn- bzw. Straßenbahn- und U-Bahnstrecken in nennenswertem Umfang. Statt dessen tragen oft über 30 Jahre alte VW Käfer zum täglichen Verkehrschaos und zur Smogbelastung der Großstädte bei.

Hoffnungslos überladene Lkws mit übermüdeten

Fahrern transportieren 90 % aller Güter über Entfernungen von nicht selten 3000 km. Überlandbusse sind ähnlich gut ausgebucht, da sich nicht jeder einen Flug leisten kann. Die Statistik weist übrigens aus, daß Verkehrsunfälle mit an der Spitze bei den Todesursachen der Erwachsenen stehen.

Bis jetzt ist - im Gegensatz etwa zu Deutschland - keine Entkopplung zwischen Wirtschaftswachstum und Zunahme des Energieverbrauchs in Sicht.

Man hat zwar erkannt, daß Maßnahmen zur rationellen Energieanwendung unter dem Strich billiger sind als die Erschließung neuer Energiequellen - ganz abgesehen von den Problemen der Umweltbelastung und des Landverbrauchs - die nötigen Vorleistungen dazu will aber niemand erbringen.

Halbherzige Energiesparprogramme der Regierung konnten die bisherige Entwicklung nicht spürbar beeinflussen; und so wird auch Brasilien in den nächsten Jahren seinen Beitrag zu den Themen "Ressourcenverknappung" und "Treibhauseffekt" leisten.

Nach dieser kurzen Übersicht über die einzelnen Energiearten soll der Sektor der elektrischen Energiewirtschaft etwas näher beleuchtet werden.

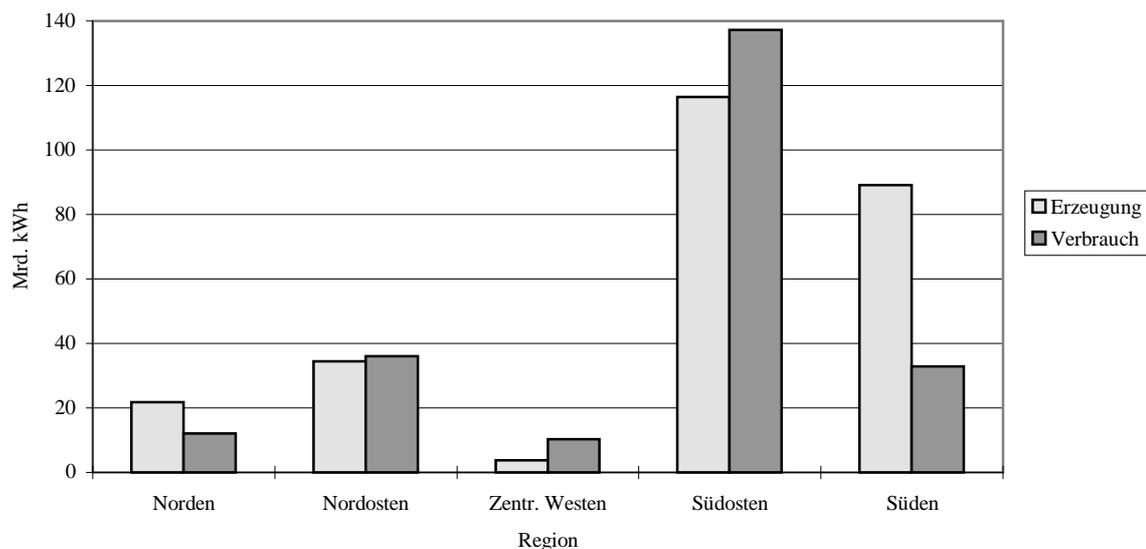


Abb. 2: Stromerzeugung und -verbrauch in den einzelnen Regionen 1993

4. Elektrische Energiewirtschaft

Brasilien kann auf eine lange Tradition seiner Stromversorgung zurückblicken.

Nachdem 1882 und 1884 die ersten Dampfkraftwerke zur öffentlichen Versorgung in New York bzw. in Berlin in Betrieb gingen, entstand 1889 in Juiz de Fora (Bundesstaat Minas Gerais) das erste Wasserkraftwerk Südamerikas mit einer Leistung von immerhin 250 kW.

Die Entwicklung der für das Land so bedeutungsvollen Elektrizitätswirtschaft läßt sich in drei Phasen untergliedern:

1. Phase (ca. 1880 - 1934): Unkoordinierter Bau von Kraftwerken zur Deckung des Bedarfs der sich an-

siedelnden Industrie, keinerlei zusammenhängendes Netz.

2. Phase (1934 - 1962): Einrichtung privater Elektrizitätsgesellschaften, starkes Wachstum parallel zur wirtschaftlichen Entwicklung. Trotzdem kommt es Anfang der 60er Jahre zu Engpässen in der Versorgung und zu Rationierungsmaßnahmen in Form von Stromsperrern.

3. Phase (1962 - heute): Konsolidierung der Elektrizitätswirtschaft durch Gründung einer Dachorganisation ELETROBRAS. Beginn der Verstaatlichung der Unternehmen; Planung von Großprojekten und dadurch Anpassung der Erzeugerleistung rechtzeitig an den zukünftig zu erwartenden Verbrauch.

Seit 1993 gibt es eine weitere Organisation mit dem



Abb. 3: Geplantes Verbundnetz (bis 2003)

Namen SINTREL (Sistema Nacional de Transmissao de Energia Eléfrica) zur Koordinierung des Verbundbetriebs. In ihr sind die 200 größten Kraftwerke zusammengeschlossen, die rund 35 Mio. Abnehmer versorgen.

Die wichtigsten Kennzahlen der Elektrizitätswirtschaft - wiederum im Vergleich zu Deutschland - lauten:

Tabelle 1: Daten zur elektrischen Energiewirtschaft in Brasilien und in Deutschland 1993

Land	Brasilien	Deutschland
installierte Leistung	58 GW ¹	105 GW
davon in isolierten Systemen	3%	-
Brutto-Erzeugung	266 TWh ²	520 TWh
Pro-Kopf-Verbrauch	1.700 kWh	6.500 kWh
Vorwiegende Primärenergie	Wasser (90%)	Kohle (54%)
höchste Spannungsebene	750 kV	380 kV
Übertragungsverluste	14%	4,5% (West)

¹ 1 GW = 1.000 MW = 1 Mio. kW

² 1 Twh = 1 Mrd. kWh

Wie schon erwähnt, besteht in Brasilien ein ausgeprägtes wirtschaftliches Nord-Süd-Gefälle. Dies zeigt sich auch in dem Diagramm in Abbildung 2, das Erzeugung und Verbrauch der einzelnen Regionen wiedergibt:

Als Folge davon muß die Energie zum Teil über weite Strecken transportiert werden, was natürlich mit Verlusten verbunden ist.

Brasilien besitzt ein Hochspannungsnetz mit Spannungen von 230 bis 750 kV von insgesamt rund 60000 km Länge!

Allerdings sind nicht alle Regionen zu einem einheitlichen Verbundnetz zusammengeschlossen (vgl. Abbildung 3).

Um den wachsenden Bedarf an elektrischer Energie zu decken, sollen in Zukunft vor allem die Wasserkräfte im Gebiet des Amazonas verstärkt genutzt werden. Abbildung 4 gibt einen Überblick über das gesamte im Land vorhandene und wirtschaftlich nutzbare hydraulische Potential.

Falls die vorgesehenen Projekte überhaupt finanziert werden können, müssen dazu allerdings riesige Flächen des Regenwaldes geopfert werden. Besonders der Amazonas hat nämlich nur ein ganz geringes Gefälle, und das bedeutet, daß sehr große Stauseen

angelegt werden müssen, um vertretbare Fallhöhen zu bekommen.



Abb. 4: Hydraulisches Potential Brasiliens

Ein Projekt, das diesen Nachteil nicht aufweist und auch eine geringere Entfernung zu den Verbrauchschwerpunkten hat, soll jetzt vorgestellt werden:

5. Itaipu - größtes Wasserkraftwerk der Welt

Itaipu - was auf Deutsch "singender Fels" heißt, liegt am Rio Paraná, der in diesem Gebiet die Grenze zu Paraguay bildet.

Der Paraná ist der siebtgrößte Fluß der Erde und mündet in Argentinien in einem Delta in den Rio de la Plata.

Der Bau eines Kraftwerks an einem Grenzfluß erfordert umfangreiche Verträge zwischen den betroffenen Staaten. Diese wurden bereits 1966 geschlossen und gaben den Startschuß für Planung und Durchführung eines gigantischen Projekts mit der Leistung von 12600 MW, das entspricht zehn großen Kernkraftwerks-Blöcken.

1974 wurde eine binationale Gesellschaft gegründet (Itaipu Binacional), die den beiden Betreibern absolut gleiche Rechte und Pflichten einräumte.

Mit den eigentlichen Bauarbeiten wurde 1976 begonnen. Dazu mußte der Fluß auf einer Länge von zwei Kilometern in ein provisorisches Bett verlegt werden, um die Staumauer bauen zu können. Für diese Vorarbeiten wurden drei Jahre benötigt.

Die 1982 vollendete Hauptstaumauer ist rund einen Kilometer lang bei einer maximalen Höhe von 196 m (das entspricht einem Hochhaus mit 65 Stockwerken). In sie ist das Maschinenhaus integriert. Auf beiden Seiten schließen sich noch Flügelmauern an, die das Bauwerk auf eine Länge von insgesamt 7,6 km erweitern. Der dadurch gebildete Stausee hat eine Oberfläche von 1460 km² und ein Volumen von 29 Mrd. m³.

Der Paraná ist ein sehr wilder Fluß mit einer durchschnittlichen Wasserführung von 8500 m³/s, die aber rasch auf 30000 m³/s ansteigen kann. Das Stauwerk mußte daher mit einem Hochwasserüberlauf versehen werden. Dieser wurde für einen Maximalwert von 70000 m³/s ausgelegt und in Form von 3 Schußrinnen mit jeweils 550 m Länge ausgeführt. Die Wassermenge, die jede dieser Schußrinnen abführen kann, entspricht der mittleren Wasserführung des Rheins bei Köln!

Für die Bauarbeiten wurden 12,5 Mio. m³ Beton und 220000 t Stahl benötigt (diese Menge Beton wäre ausreichend, um eine Autobahn von Lissabon bis Moskau zu bauen). Der Beton wurde in eigens dazu errichteten Fabriken direkt an der Baustelle hergestellt.

Da im Gebiet von Itaipu Temperaturen bis zu 40° C herrschen, mußte der Beton bei seinem Einbau künstlich gekühlt werden. In einer weiteren Fabrik auf der Baustelle wurden daher täglich bis zu 1500 t Eis erzeugt, das dem Anmachwasser beigegeben wurde.

In Spitzenzeiten waren bis zu 40000 Personen auf der Baustelle beschäftigt. Für diese mußten etwa 10000 Häuser errichtet werden, die heute eine Trabantenstadt neben dem Kraftwerk bilden.

Natürlich wurde durch den Staudamm ein beträchtliches Stück ursprünglicher Natur zerstört. Man muß allerdings anerkennen, daß speziell bei diesem prestigeträchtigen Projekt viel Geld für Umweltschutzmaßnahmen aufgewendet wurde, z.B. für die Umsiedlung von Menschen und auch Tieren sowie für die Anlage eines Grüngürtels um den neu entstandenen Stausee zur Verhinderung von Bodenerosion.

Bei anderen Großprojekten - z.B. beim Bau der Anlage Tucuruí an einem Nebenfluß des Amazonas mit einer Leistung von "nur" 4250 MW - wurde weit mehr Tropenwald unter Wasser gesetzt und dieser

zuvor mit dem Gift "Agent Orange" entlaubt, um die Bildung von Faulgasen zu verringern.

Doch nun zum elektrischen Teil des Kraftwerks Itaipu: Die Gesamtleistung der Anlage von 12600 MW teilt sich auf 18 Generatoren zu je 700 MW auf. Brasilien besitzt als einziges Land Südamerikas ein Netz mit einer Frequenz von 60 Hz. Also mußten die neun Generatoren Brasiliens für 60 Hz (Nenn-drehzahl 92,3 min⁻¹) und die neun Generatoren Paraguays für 50 Hz (Nenn-drehzahl 90,9 min⁻¹) ausgelegt werden. Die Generatorspannung beträgt in beiden Fällen 18 kV.

Weitere Daten dieser in jeder Hinsicht beachtlichen Maschinen mit direkt wassergekühlter Ständerwicklung sind:

- Läuferdurchmesser eines Generators: 16 m
- Gesamtgewicht eines Generator: 3340 t (entspricht ungefähr 30 Elektrolokomotiven)
- Traglagerbelastung (incl. Wasserschub): 4240 t
- Der Antrieb erfolgt über Francisturbinen mit einem Durchsatz von 700 m³/s bei einer Nennfallhöhe von 120 m.
- Die Generatorspannung wird im Maschinenhaus auf 500 kV herauftransformiert. Die dazu gehörenden Einrichtungen sind in platzsparender Isoliergastech-nik (SF₆) ausgeführt. Vom Kraftwerk aus erfolgt die Ableitung des brasilianischen Anteils zu einer 8 km entfernten Umspannanlage in Foz do Iguacu, von wo aus die Energie mit einer Spannung von 750 kV zu den Verbrauchschwerpunkten im Großraum Sao Paulo übertragen wird.

Der paraguayische Anteil wird zunächst in eine nahegelegene Umspannstation auf der anderen Seite des Paraná geleitet und dort entsprechend den Erfordernissen des Landesnetzes auf 220 kV heruntertransformiert.

Da das kleine Land jedoch auf viele Jahre die riesige Energiemenge von 6300 MW nicht benötigt, wird vorher der größte Teil (z.Zt. etwa 80 %) wieder zur Umspannanlage auf der brasilianischen Seite zurückgeleitet; allerdings noch mit der Frequenz 50 Hz. Anschließend erfolgt nun eine Umwandlung in Gleichstrom und Übertragung über eine 800 km lange Doppelleitung wiederum in die Nähe von Sao Paulo. Dort geschieht die Rückumwandlung in Dreh-

ITAIPU TRANSMISSION SYSTEM ADOPTED CONFIGURATION

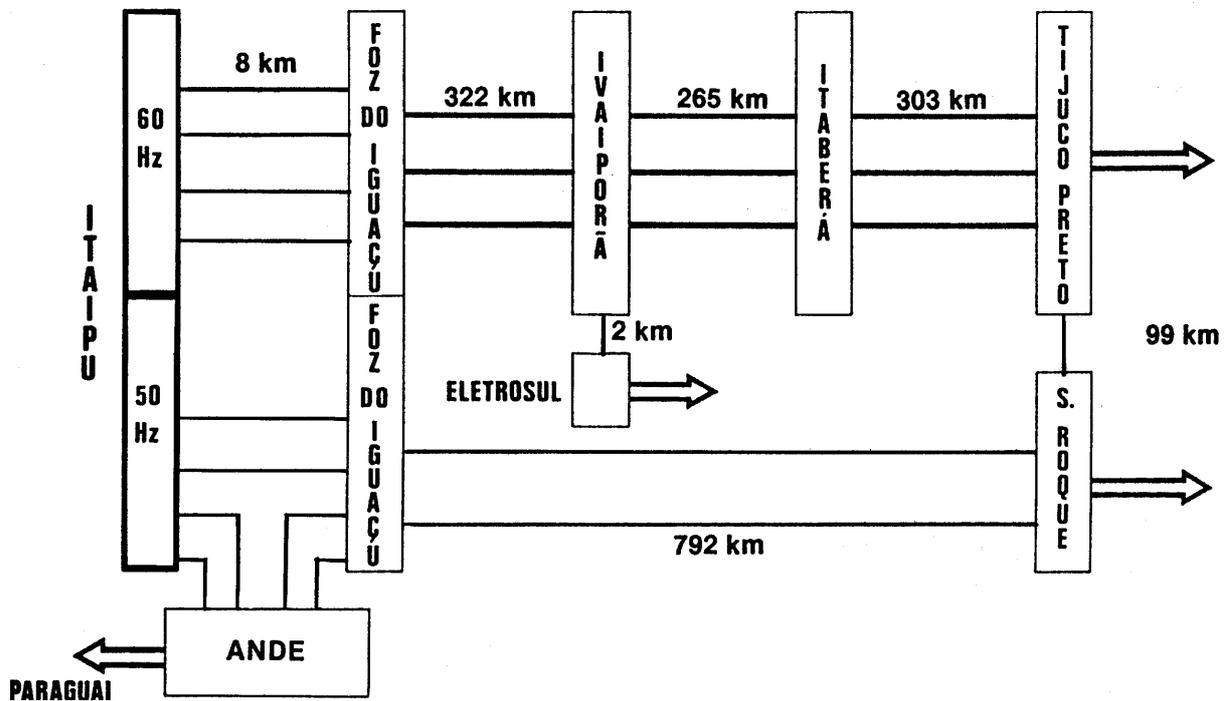


Abb. 5: Übersichtsschaltplan

strom mit 60 Hz und die Einspeisung ins Verbundnetz.

Die Hochspannung - Gleichstromübertragung (HGÜ) gehört zu den größten ihrer Art und verdient noch einige Erläuterungen:

Sie besteht aus zwei unabhängigen und jeweils zweipolig ausgeführten Leitungssystemen mit einer Nennspannung von ± 600 kV.

Bei der Übertragung von 6300 MW fließt durch jeden Leiter ein Strom von 2600 A. Das System ist jedoch so ausgelegt, daß im Störfall die gesamte Leistung für eine begrenzte Zeit von einer der beiden Doppelleitungen übertragen werden kann.

Die Nullpunkte der beiden Leitungssysteme sind geerdet. Das bedeutet, daß bei Ausfall einer Ventilstrecke oder auch bei Wartungsarbeiten jeweils noch die halbe Leistung über das betreffende Leitungssystem übertragen werden kann. In diesem Fall dient das Erdreich als Ersatz für den anderen Leiter. Die dazu erforderlichen Elektroden sind in drei Metern Tiefe in Form eines Kreises von rund 1 km Durchmesser verlegt.

Das Herzstück der HGÜ-Anlage bilden die Umrichterstationen in Foz do Iguacu bzw. bei Sao Pau-

lo. In jeder der beiden Stationen befinden sich rund 18000 wassergekühlte Hochleistungsthyristoren, die in 15 m hohen und elektrisch abgeschirmten Hallen untergebracht sind. Die Zündung der Thyristoren erfolgt optoelektronisch, wozu in jeder der beiden Umrichterstationen rund 600 km an Lichtwellenleitern verlegt werden mußten.

Abschließend ein Wort zu den Kosten: Diese können wegen der langen Bauzeit und den hohen Inflationsraten nur ungefähr angegeben werden und betragen etwa 15 Mrd. US\$ für das Kraftwerk und ungefähr 3 Mrd. US\$ für die Übertragungsstrecke nach Sao Paulo.

Mit Ausnahme verschiedener elektronischer Komponenten aus dem High-Tech-Bereich - z.B. den Thyristoren - wurde die gesamte Kraftwerksausrüstung in Brasilien gefertigt. Da es sich sowohl bei der wasser- und maschinenbaulichen als auch bei der elektrischen Seite um bisher unbekannte Dimensionen handelte, wurden während der langen Bauzeit unschätzbare Erfahrungen gesammelt. Itaipu darf daher zu recht als ein großer Technologiesprung Brasiliens auf seinem Weg in die Zukunft angesehen werden.

6. Schluß

Brasilien befindet sich auf dem Weg, ein moderner Industriestaat zu werden. Seinen ungeheuren Hunger nach Energie versucht es so weit wie möglich aus eigenen Quellen zu stillen. Bei Erdöl und Erdgas gelingt dies schon ungefähr zur Hälfte. Der seit Jahren staatlich geförderte Anbau von Zuckerrohr ermöglicht es, daß ein Großteil der Autos mit Äthanol anstelle von Benzin fahren.

Auf dem Gebiet der elektrischen Energieversorgung dominiert die Wasserkraft. Kohle und Kernkraft spielen nur eine untergeordnete Rolle. Riesige Projekte im Amazonasgebiet sollen auch in Zukunft eine sichere Stromversorgung gewährleisten. Zur Erzeugung und vor allem zur Übertragung der elektrischen Leistung über weite Entfernungen müssen teilweise neue (und finanzierbare!) Technologien entwickelt werden. Wachsendes Umweltbewußtsein der betroffenen Bevölkerung lassen allerdings Widerstände gegen Großprojekte wie Itaipu erwarten.

Es bleibt zu hoffen, daß auch Brasilien in Zukunft mehr die Möglichkeiten zur rationellen Verwendung von Energie nutzt, um eine gewisse Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch zu erreichen.