

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 97 (1979)
Heft: 23: SIA-Heft 3

Sonstiges

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: 14.03.2025

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

Streckenverlauf des Rio Paraná. Nach den Vorstudien schlossen die beiden Regierungen 1973 den Vertrag von Itaipú, der den Bau und den Betrieb der Kraftstation sowie die Verwendung der erzeugten elektrischen Energie regelt. Für die Durchführung des Projektes wurde eine gemeinsame Gesellschaft gegründet, die Itaipú Binational.

Die Arbeiten begannen im Jahre 1975 mit der Ausschachtung des 2 km langen und 90 m tiefen Umleitungskanals auf der brasilianischen Seite des Flusses. Nach dessen Fertigstellung im Oktober 1978 konnte mit der Errichtung des Hauptstaudammes mit Einlaufkanal, Überlaufkanal und Kraftwerk begonnen werden. Der 190 m hohe Staudamm und die zugehörigen Bauwerke werden von der Arbeitsgemeinschaft Unicon-Conempa errichtet, zu der sich fünf brasilianische und sechs paraguayische Baufirmen zusammengeschlossen haben. Nach Fertigstellung des Damms wird der Fluss zu einem 180 km langen und 7 km breiten See mit einem Nutzinhalt von 29 Mrd m³ aufgestaut (zum Vergleich der Inhalt des Bodensees: rund 50 Mrd m³).

Die Normalhöhe des Wasserspiegels im Stausee wird 120 m betragen. Mit dem Staudruck sollen 18 Francis-Spiralturbinen angetrieben werden, die mit je einem 700-MW-Drehstromgenerator gekuppelt sind. Das Kraftwerk Itaipú wird von dem aus brasilianischen, paraguayischen und europäischen Unternehmen bestehenden Konsortium CIEM (Consórcio Itaipú Eletro Mecânico) gebaut werden. Neun der Generatoren sind für die Frequenz 50 Hz (Paraguay) ausgelegt, die anderen neun für 60 Hz (Brasilien).

Entsprechend dem Abkommen von Itaipú hat nämlich jedes der beiden Vertragsländer Anspruch auf die Hälfte der Energieerzeugung und zugleich ein Vorzugsrecht zum Erwerb der überschüssigen Energie, die das andere Land nicht ausnutzen kann. Der jetzige Energiebedarf Paraguays ist verhältnismässig niedrig, und der Überschuss soll deshalb zur Versorgung des expandierenden Industriezentrums im Südosten Brasiliens (São Paulo) beitragen. Für den Transport dieser Energie ist eine Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) vorgesehen. Die von den neun «brasilianischen» Generatoren erzeugte Energie wird über 765-kV-Drehstromleitungen übertragen. Eine derart hohe Übertragungsspannung wurde bisher nur in Kanada, den USA und der Sowjetunion benutzt.

Die Gesamtkosten für das Projekt Itaipú werden mit 8,7 Mrd Dollar veranschlagt. Die Inbetriebnahme des ersten Maschinensatzes ist für 1983 geplant, und fünf Jahre später sollen alle 18 Einheiten fertiggestellt sein.

Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung

Fast die Hälfte der im Kraftwerk Itaipú erzeugten Elektrizität – 600 MW – soll über zwei Leitungen mit einer Gleichspannung von ± 600 kV nach São Paulo übertragen werden. Eine Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) hat sowohl technische als auch wirtschaftliche Vorteile. Wenn nämlich die Energie in grossen Kraftwerken erzeugt und über Freileitungen oder Kabel über grosse Entfernungen hinweg übertragen wird, hat eine HGÜ-Anlage einen höheren Wirkungsgrad als eine Drehstromübertragung. Diese Voraussetzungen treffen für das Kraftwerk Itaipú zu, bei dem der grösste Teil der von den «paraguayischen» Generatoren

Neuer Ozean aus dem Golf von Kalifornien?

Der Golf von Kalifornien ist ein geologisch junger und sich rasch ausweitender Meeresarm. Dies haben zwölf Bohrungen gezeigt, die von Bord des Tiefsee-Bohrschiffes *Glomar Challenge* aus Anfang dieses Jahres im Rahmen des internationalen «Deep Sea Drilling Project» vor Kalifornien durchgeführt wurden. An dem Projekt wirken Wissenschaftler aus den USA, der Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, Japan, der Sowjetunion und Mexiko mit. Der deutsche Anteil wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen eines Schwerpunktprogramms aus Sondermitteln des Bundesministers für Forschung und Technologie gefördert. Die neuesten Ergebnisse, welche die Entstehung eines neuen Ozeans aus dem Golf von Kalifornien vermuten lassen, werden von den beteiligten Wissenschaftlern als weiterer wichtiger Beweis für die Richtigkeit der Hypothese von der Meeresbodenausbreitung und der Kontinentaldrift gewertet.

Die «neue» Theorie von der Entstehung der Kontinente und Ozeane geht davon aus, dass vor rund 200 Millionen Jahren die heutigen Kontinente einem einzigen Riesenkontinent angehörten. Entlang von «Schwäche-zonen» teilte sich sodann der «Superkontinent», und es entstanden grosse ozeanische Teilbecken wie etwa der Atlantische oder der Indische Ozean. Die Bruchstücke driften auch heute noch immer weiter auseinander. So entfernt sich Amerika von Europa und Afrika jährlich maximal um vier Zentimeter. Dieser Ausweitungsprozess, von den Wissenschaftlern «Sea Floor Spreading» genannt, entsteht dadurch, dass sich entlang der Achsen von Gebirgsrücken, die den Ozean durchziehen, der Meeresboden teilt und sich heisse Gesteinsschmelzen aus dem Erdinneren auf den Meeresboden ergiessen, so dass ständig neuer Meeresboden gebildet wird. Eines der erdumspannenden Unterwassergebirge, an denen neuer Meeresboden gebildet wird, ist der Ostpazifische Rücken, der sich bis in den Golf von Kalifornien hineinzieht. Wissenschaftler sehen in diesem

toren erzeugten elektrischen Energie 900 km weit nach São Paulo transportiert werden soll.

Eine HGÜ-Anlage erleichtert auch die Kupplung zweier Drehstromnetze mit unterschiedlicher Frequenz. Das jetzige Netz Brasiliens arbeitet mit 60 Hz, während in vielen Nachbarländern eine Frequenz von 50 Hz benutzt wird. Der von den neun paraguayischen Generatoren in Itaipú erzeugte Drehstrom hat eine Frequenz von 50 Hz und kann also in Brasilien nicht unmittelbar verwendet werden. Der Drehstrom wird deshalb erst gleichgerichtet, als Gleichstrom hoher Spannung nach São Paulo transportiert und dort in einer zweiten Stromrichterstation in Drehstrom der Frequenz 60 Hz umgewandelt.

Da es relativ leicht ist, vorhandene Drehstromnetze mit Hilfe einer Gleichstromverbindung zu koppeln, können Netze im südlichen Teil Brasiliens mit neuen Netzen im Norden und Nordwesten des Landes verknüpft werden. Damit lässt sich ein grosses, das ganze Land umfassende Verbundnetz aufbauen.

Die Stromrichterstationen gehören zu den wichtigsten Teilen einer HGÜ-Anlage. Sie bestehen ihrerseits aus Thyristorventilen, Transformatoren, Filterkreisanlagen und

Golf zwischen der Halbinsel Kalifornien und dem mexikanischen Festland einen «Ozean im Embryonalstadium», in dem die geologischen Prozesse am Beginn der Meeresbodenausbreitung und der Kontinentaldrift exemplarisch beobachtet werden können.

Jetzt war es zum ersten Mal möglich, durch Bohrungen vor der Südspitze der Halbinsel Kalifornien nachzuweisen, dass sich jeweils im Frühstadium des Auseinanderdriftens der Kontinentalblöcke die Erdkruste verdünnt und zum Teil erheblich absinkt. So wurde zum Beispiel in 2000 Metern Wassertiefe ein Granit erbohrt, der bereits einmal der Verwitterung in einem heissen und trockenen Klima ausgesetzt war, ähnlich dem Klima auf der heutigen Halbinsel Kalifornien. Knapp 20 Kilometer von diesem Fundort entfernt wurde ein Basalt angetroffen, der aus einer Gesteinsschmelze erstarrte, die vor 3,5 bis 4 Millionen Jahren im Bereich der Achse des Ostpazifischen Rückens aufgestiegen war. Aus der Entfernung des Basaltfundortes zur heutigen Achse des Ostpazifischen Rückens konnte geschlossen werden, dass sich der Fundort mit einer Geschwindigkeit von 65 Metern je tausend Jahre vom Ostpazifischen Rücken entfernt hat.

Im nördlichen Golf von Kalifornien, auf der Höhe der mexikanischen Stadt Guaymas, wurde durch die Bohrungen die Vermutung bestätigt, dass der sich von den Kontinentalrändern in den Golf ergiessende kontinentale Schutt das Ausfliessen der im Zentrum des Golfs aufdringenden Magmen auf den Meeresboden verhindert. Stattdessen wandern die heissen Gesteinsschmelzen in die nicht-magmatische Auflage ein und verändern deren mineralogische Zusammensetzung. Dabei werden auch die organischen Verbindungen, die von marinen Lebewesen stammen, «aufgebrochen», und es bilden sich erdöl- und erdgasähnliche Kohlenwasserstoffe. Die nunmehr gewonnenen Informationen sind von grosser Bedeutung für die Erforschung der Erdölentstehung.

den leittechnischen Einrichtungen. Die Hochspannungs-Thyristorventile, mit denen Drehstrom in Gleichstrom verwandelt wird und umgekehrt, bilden den eigentlichen Kern einer Stromrichterstation.

Der schwedische Elektrokonzern ASEA entwickelte als erstes Unternehmen der Welt eine Technik für den Energietransport mit Gleichstrom hoher Spannung. Die Forschungsarbeiten der ASEA auf diesem Gebiet gehen bis ins Jahr 1929 zurück und führten 1954 zu der ersten kommerziellen Übertragungsanlage zwischen der Ostseeinsel Gotland und dem schwedischen Festland. Seit dieser Zeit nimmt das Unternehmen eine führende Position auf dem Gebiet der HGÜ ein. Die ASEA-Stromrichtertechnik wird heute in sieben von zehn HGÜ-Anlagen in der ganzen Welt benutzt, und mehr als zwei Drittel der hierzu erforderlichen Ausrüstungen stammen direkt aus Schweden. Von den insgesamt 24 HGÜ-Anlagen, die gegenwärtig im Betrieb oder im Bau sind, arbeiten zwölf mit ASEA-Ausrüstungen, und zwar in folgenden Ländern: Brasilien, Dänemark, Frankreich, Grossbritannien, Italien, Japan, Kanada, Neuseeland, Norwegen, Schweden, USA und Zaire.