

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 90 (1999)

Heft: 2

Artikel: Strom für Chinas Zukunft

Autor: Forster, Hanspeter

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-901900>

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: 30.01.2025

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

Strom für Chinas Zukunft

Das «Drei-Schluchten-Projekt» in China ist eines der anspruchsvollsten Wasserbauvorhaben, die je in Angriff genommen wurden. Es soll drei Zwecke erfüllen: Verbesserten Hochwasserschutz für 30 Millionen Menschen, Stromerzeugung in der Grössenordnung von zehn Kernkraftwerken sowie Erleichterung der Schifffahrt auf Chinas wichtigster Wasserstrasse. Am Projekt beteiligt ist auch der schweizerisch-schwedische Elektrokonzern ABB: Für das erste von zwei Maschinenhäusern liefert ABB 8 von 14 Generatoren.

■ Hanspeter Forster

Kraftwerk mit 18200 MW Leistung

Der Yangtse ist der drittgrösste Fluss der Erde und Chinas längster und bedeutendster Strom. Von der Quelle im Hochland von Tibet bis zur Mündung bei Shanghai entwässert er auf einer Länge von 6000 km ein Gebiet von 1,8 Mio. km² – das entspricht einem Fünftel der

Fläche Chinas. Am Yangtse und seinen Nebenflüssen ist die Hälfte des gesamten technisch nutzbaren Wasserkraftpotentials Chinas von 370 000 Megawatt (MW) konzentriert. In den zentralchinesischen Provinzen Sichuan und Hubei, wo er die sieben- bis achtfache Menge des Rheins führt, zwingt er sich auf 600 km durch die berühmten «Drei Schluchten», bevor er bei der Stadt Yichang ins Flachland austritt. Dort ist bereits ein erstes Flusskraftwerk errichtet worden. Das 1988 fertiggestellte Gezhouba-Kraftwerk ist derzeit mit einer Leistung von 2700 MW das grösste Wasserkraftwerk Chinas.

Gegenüber dem «Drei-Schluchten-Projekt», das 40 km flussaufwärts entsteht, nimmt es sich jedoch bescheiden aus. In einem engen Talkessel am Eingang zur Xiling-Schlucht, der letzten der berühmten Drei Schluchten, soll bis 2010 eine 185 Meter hohe Staumauer und ein Kraftwerk mit 18200 MW Leistung ent-

stehen. Es würde damit Itaipu an der Grenze zwischen Brasilien und Paraguay, bisher mit 12600 MW die Nummer 1, deutlich übertreffen. Weltweit einmalig sind auch die Ausmasse der geplanten Schleusenanlage. Mit zwei parallel angeordneten fünfstufigen Schleusentreppen (für gleichzeitige Fahrt flussauf- und flussabwärts) wird eine Höhendifferenz von 110 Metern überwunden. Für Passagierschiffe bis 3000 Tonnen ist zusätzlich ein Schiffshebewerk vorgesehen.

China profitiert von ABB-Know-how

Das Projekt wird von China in eigener Regie durchgeführt. Die «China Yangtze Three Gorges Project Development Corporation» (CTGPC) trägt unter Aufsicht des chinesischen Staatsrates die Verantwortung für das Projekt, ist zuständig für den Bau und den Betrieb des Kraftwerks sowie für die Finanzen. Bei der Ausrüstung ist CTGPC auf die Kooperation mit dem Ausland angewiesen, weil die insgesamt 26 700-MW-Generatoren, die für das Kraftwerk vorgesehen sind, von der chinesischen Industrie noch nicht hergestellt werden können.

Bei der hart umkämpften Ausschreibung setzte sich der schweizerisch-schwedische Elektrokonzern ABB gegen Konkurrenz aus Frankreich, Argentinien, Russland, Japan, Brasilien, Deutschland und Kanada durch. ABB erhielt von den

Adresse des Autors

Hanspeter Forster
Geschäftsführer Hydro-Kraftwerke
ABB Schweiz
5242 Birr

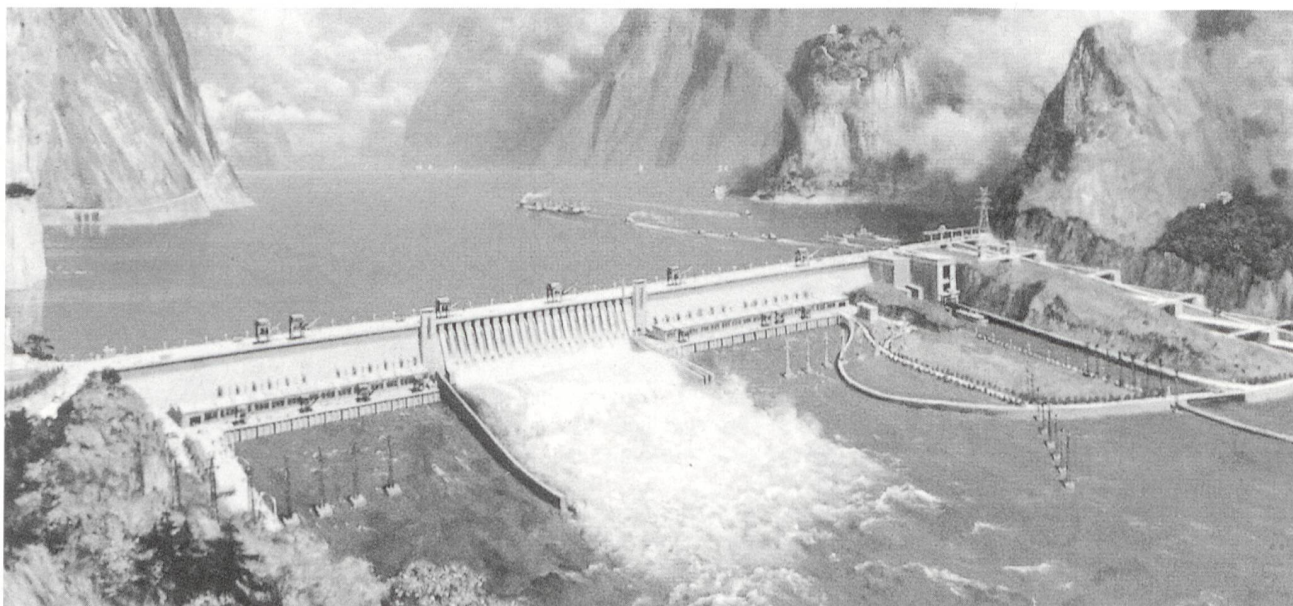


Bild 1 Zukünftige Stauanlage des Wasserkraftwerks.

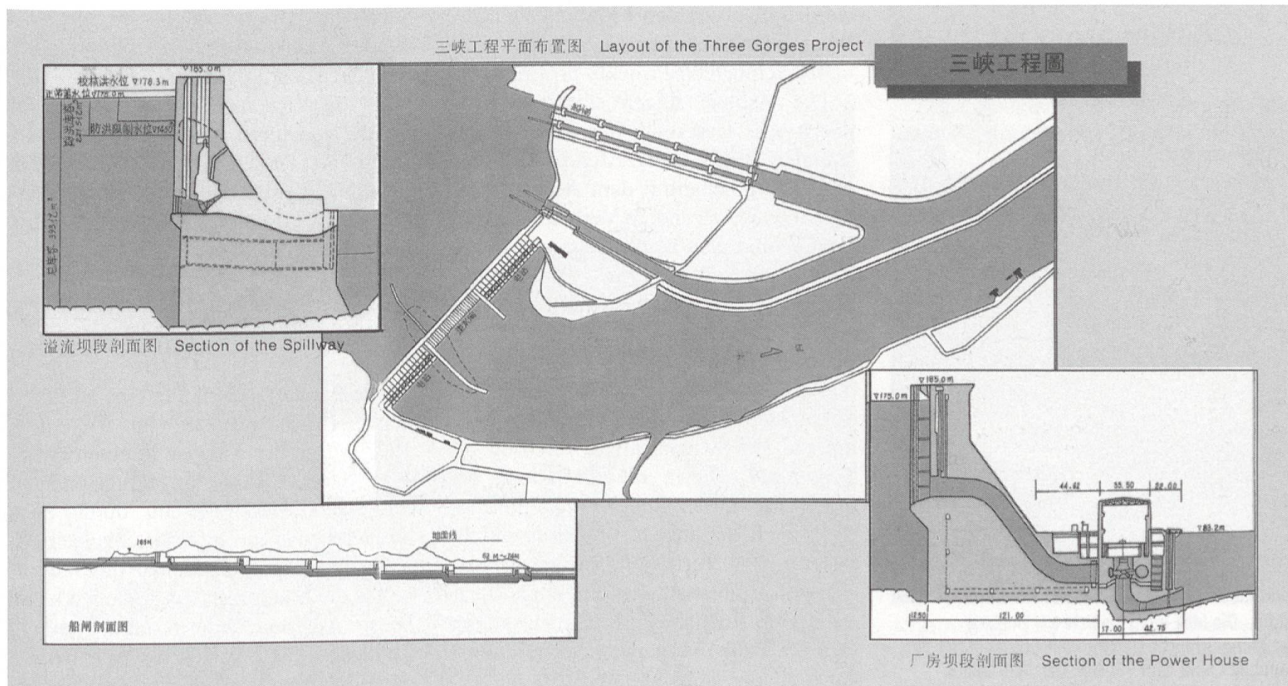


Bild 2 Layout des «Drei-Schluchten-Projekts».

ersten 14 Einheiten den Zuschlag für 8 der derzeit weltgrössten Generatoren im Wert von 210 Mio. US-Dollar. Davon geht die Hälfte des Lieferanteils an ABB Schweiz. Die anderen sechs Einheiten gingen je zur Hälfte an das deutsch-kanadische Konsortium Siemens/General Electric Hydro.

Während der Vertragsverhandlungen, die sich über acht Monate hinzogen, weilte das ABB-Team jeweils einmal im Monat für mehrere Tage in Peking und verhandelte mit der chinesischen Delegation. Der Erfolg erklärt sich in erster Linie mit den offen und fair geführten Gesprächen sowie der Bereitschaft, die Technologie zur chinesischen Industrie

zu transferieren. Damit konnte das Vertrauen der Chinesen gewonnen werden. Ausschlaggebend waren zudem die zügig vorangetriebene Finanzierung sowie die breite Erfahrung der ABB beim Bau derart grosser Generatoren. Als der Vertrag im September 1997 unterschrieben wurde, war es diese «All-Over-Performance», welche der ABB mehr Einheiten zu einem qualitativ besseren Preis eingetragen hat als der Konkurrenz.

Im gleichen Vertrag wurde zudem ein umfassender Technologietransfer festgelegt und abgemacht, dass die Generatoren mit einem chinesischen Partner hergestellt werden. Allein im letzten und in diesem Jahr wendet die ABB rund 9300

Mann Tage für die Schulung ihres chinesischen Partners auf. ABB-Projektleiter Adriano Devidé ist dafür verantwortlich, dass den Chinesen in der Schweiz das technische und praktische «Know-how» vermittelt wird. Damit soll der grösste chinesische Kraftwerksbauer, Harbin Electric Machinery Co. Ltd., in den Stand gesetzt werden, eine Ausrüstung dieser Grössenordnung in Zukunft selbst herstellen zu können. Am jetzigen Auftrag ist sie zu 30% beteiligt: Von den acht ABB-Generatoren werden zwei in China produziert. Die ersten 14 Generatoren werden bis 2006 im Kraftwerk auf der linken Flussseite eingebaut. Später erfolgt die Installation von zwölf weiteren Einheiten am gegenüberliegenden Ufer. Diese sollen voraussichtlich nur noch unter chinesischen Kraftwerkanbietern ausgeschrieben werden.

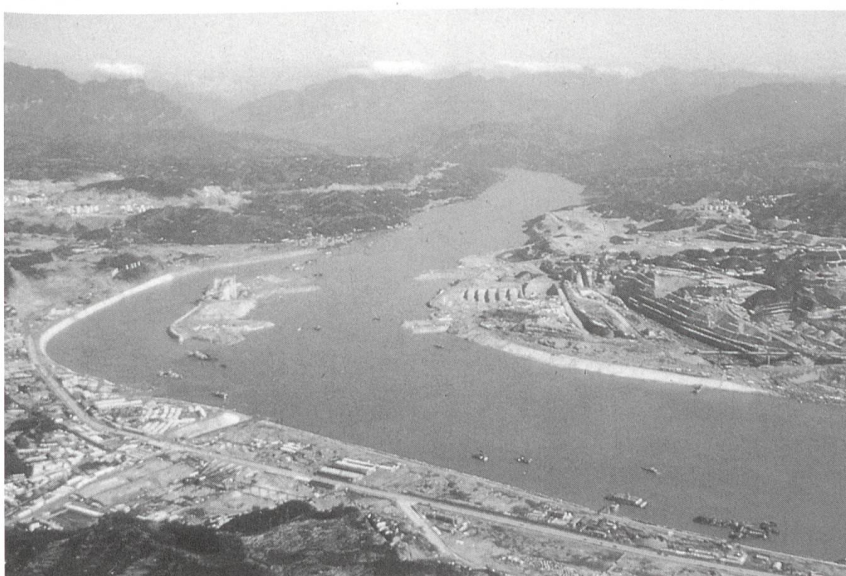


Bild 3 Baustelle des grossen Staudamms.

Flutkontrolle schützt Mensch und Natur

Neben der Stromproduktion dient das «Drei-Schluchten-Projekt» vor allem der Flutkontrolle. Die dicht besiedelten Gebiete von Hubei und Hunan liegen in einer Senke unter Flussniveau. Das hat in diesem Jahrhundert trotz Schutzdämmen immer wieder zu verheerenden Überschwemmungen geführt, bei denen mehrere hunderttausend Menschen ums Leben gekommen sind. Zudem wurden jeweils Millionen von Hektaren Kulturland überflutet. Bei den Überflutungen im letzten Sommer entstand dabei ein



Bild 4 Die Idee eines Damms am Eingang der Xiling-Schlucht stammt vom Gründervater der Republik China, Sun Yat-sen, der 1919 seinen Entwurf zur Modernisierung des Landes skizzierte.

Schaden in Milliardenhöhe. Nach der Katastrophe von 1954 mit über 30 000 Toten wurden die Deiche erhöht und gleichzeitig ernsthaft mit den Planungen für die «Drei-Schluchten-Staumauer» begonnen. Erstmals hatte die Idee der Gründervater der Republik China, Sun Yat-sen, der 1919 seinen Entwurf zur Modernisierung des Landes skizzierte. Für ihn blieb es ein Traum. Wegen Krieg und innerer Unruhen kam man auch in den folgenden Jahrzehnten einer Realisierung nicht näher. Erst nach der Öffnung Chinas in den 70er Jahren wurde die Idee des «Drei-Schluchten-Projekts» wieder aufgegriffen und vorangetrieben. Nachdem der Nationale Volkskongress das Projekt 1992 absegnete, wurde 1993 mit dem Bau begonnen.

Zur Flutkontrolle ist folgendes Konzept vorgesehen: Vor der sommerlichen Monsunzeit wird der Wasserspiegel um 30 Meter auf das sogenannte «Flutkontrollniveau» abgesenkt und so ein Speicherraum von 22 Mrd. m³ freigemacht. «Normales» Hochwasser lässt man passieren, nur wenn kritische Marken überschritten werden, wird gestaut. Erst im September, wenn keine schweren Regenfälle mehr zu erwarten sind, wird der Wasserstand wieder auf den Normalpegel angehoben. Im Vergleich zum Jahresdurchfluss von 450 Mrd. m³ ist das Stauvolumen relativ gering (5%). Nach den Berechnungen lassen sich Hochwasserspitzen aber soweit kappen, dass auch eine 100-Jahres-Flut nicht in eine Katastrophe münden muss. Die Bevölkerung, die regionale Wirtschaft und die Umwelt

werden also von den Möglichkeiten der Wasserstandsregulierung durch das «Drei-Schluchten-Projekt» profitieren.

Die Zahlen zeigen übrigens, dass durch das Reservoir der Abfluss des Yangtse nicht tiefgreifend verändert wird. Vergleiche mit dem Assuan-Staudamm, wo ganz andere Verhältnisse vorliegen, sind also nicht zulässig. Mit der Wasserregulierung zur Flutkontrolle wird gleichzeitig auch eine zu starke Versandung des Stausees verhindert. Von den 500 Mio. Tonnen Sediment, die der Yangtse im Schnitt jährlich durch die Schluchten transportiert, entfallen 80% auf die Hochwassersaison von Juni bis September. Da in dieser Periode der Durchfluss in der Regel ungebremst ist, wird auch der meiste Schlamm durchgespült. Das Verfahren wird nach langjährigen Umbauten am Sanmenxia-Staudamm am Huang He (Gelber Fluss), der mit 35 kg/m³ weitaus mehr Sediment führt als der Yangtse mit 1,2 kg/m³, erfolgreich praktiziert.

Aus experimentellen Untersuchungen an Modellen des Flusslaufes und aufgrund von Simulationsrechnungen schliesst man, dass sich die Sedimentablagerungen im «Drei-Schluchten-Reservoir» innerhalb von 80 Jahren weit unter dem Flutkontrollniveau stabilisieren werden. Der darüberliegende Stauraum, und damit die Funktionsfähigkeit für Stromproduktion, Flutkontrolle und

Schifffahrt, kann problemlos erhalten werden. Dank der Flutkontrolle wird zudem der wichtige 660 km lange Wasserweg von Yichang nach Chongqing für Schiffe von bis zu 10 000 Tonnen massiv verbessert. Dadurch wird die jährlich mögliche Schiffstransportkapazität verfünffacht, das heisst von 10 auf 50 Mio. Tonnen erhöht.

Wasser ist sauberer als Kohle

Die Bauarbeiten sind in eine entscheidende Phase getreten. Im November 1997 wurde der Yangtse in einen knapp 4 km langen Kanal umgeleitet und anschliessend das Flussbett durch zwei 80 Meter hohe und 1000 Meter lange Felswälle abgeriegelt, damit man die Baugrube für die Staumauer trockenlegen kann. Diese Arbeiten standen unter starkem Zeitdruck: Sie mussten bis zum Beginn der Hochwassersaison im letzten Jahr abgeschlossen sein. Monatlich waren bis zu 3 Mio. m³ Gesteinsmaterial zu schütten.

Der Stausee wird sich über 600 km bis Chongqing in Sichuan erstrecken, im Durchschnitt aber nur ein bis zwei Kilometer breit sein. Dabei handelt es sich nicht, wie immer wieder zu lesen war, um den grössten Stausee der Welt. Mit einer Fläche von 1000 km² und einem Volumen von 40 Mrd. m³ wird er weltweit hinter zwei Dutzend umfangreicheren



Bild 5 Betonierung des Kofferdamms.

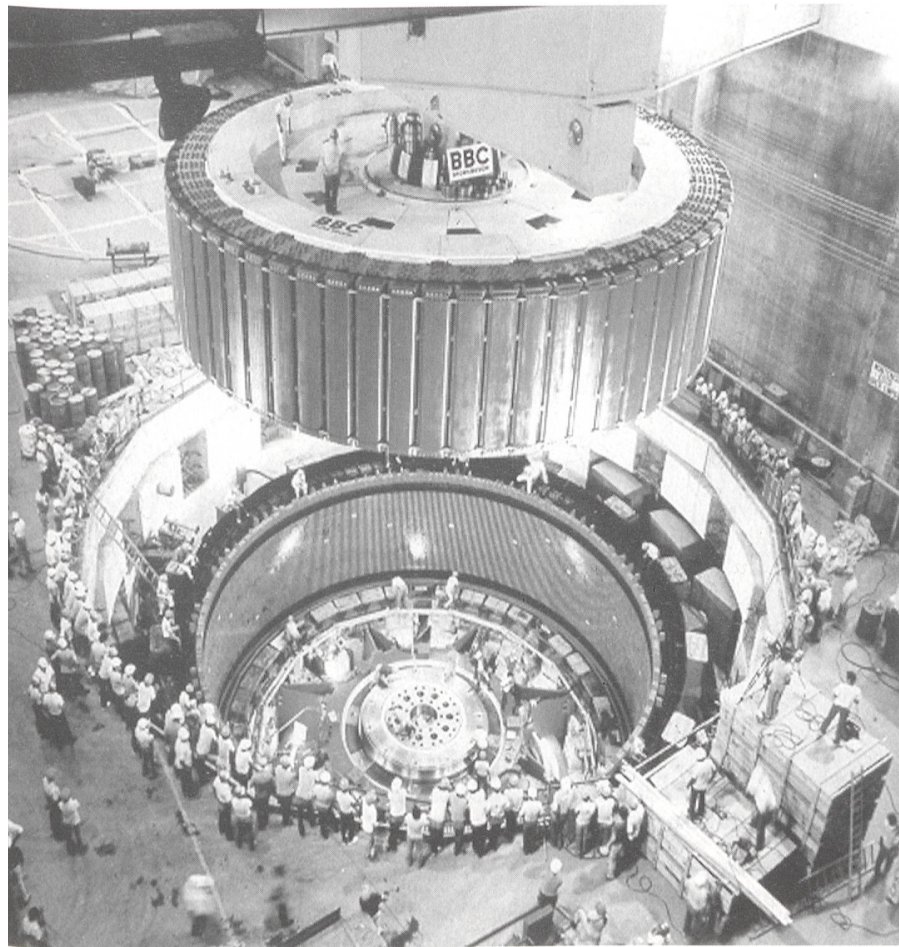


Bild 6 Generator-Rotor wie er für für das «Drei-Schluchten-Projekt» vorgesehen ist (hier für das Wasserkraftwerk Itaipú).

Reservoirs rangieren. Auch die Stau-
mauer sprengt nicht alle Dimensionen.
Die gleichartige Konstruktion von Grand
Dixence im Wallis ist mit 285 Metern
noch 100 Meter höher, wenn auch we-
niger breit.

Natürlich wird mit dem «Drei-
Schluchten-Staudamm» auch Strom ge-
wonnen – und zwar in nicht geringem
Ausmass. Doch die gewaltige Leistung
von 18 200 MW und die Jahreserzeugung
von 85 Terrawattstunden (TWh) des
Kraftwerks relativieren sich angesichts
des chinesischen Strombedarfs. Im Jahre
2006, zum Zeitpunkt der Fertigstellung
der 14 Einheiten am linken Ufer, wird das
Kraftwerk rund 3 bis 4% zur chinesi-
schen Elektrizitätsversorgung beisteuern.
Bei voller Leistung, also wenn dereinst
alle 26 Generatoren in Betrieb sein wer-
den, wird «Three Gorges» nur gerade
10% der derzeit in China produzierten
elektrischen Energie liefern. Dies ent-
spricht einer Menge von jährlich rund
40 bis 50 Mio. Tonnen Kohle, welche
ansonsten für die Erzeugung der glei-
chen Menge Energie benötigt würden
und deren Verbrennung die Umwelt ganz
erheblich mit CO₂ belasten würde.

Garant für prosperierende Region

Ein Standardeinwand gegen das
«Drei-Schluchten-Projekt» lautet, es sei
umweltverträglicher, an seiner Stelle
eine Reihe kleinerer Kraftwerke zu er-
richten. Will man einen grossen Stausee
in bezug auf Stromproduktion und Flut-
kontrolle gleichwertig durch kleinere Re-
servoirs ersetzen, muss jedoch insgesamt
erheblich mehr Land überflutet werden.
Das ist quasi ein Naturgesetz und durch
zahllose Beispiele empirisch belegt. Aus-
serdem würden mehrere kleine Kraft-
werke teurer zu stehen kommen, als das
«Drei-Schluchten-Projekt».

Allerdings befürworteten auch in
China in den achtziger Jahren Politiker
und Energieexperten anstelle des «Drei-
Schluchten-Projekts» den Bau kleinerer
Kraftwerke. Dabei standen aber volks-
wirtschaftliche Überlegungen im Vor-
dergrund. Man befürchtete, ein Gross-
projekt werde zu viele Investitionsmittel
binden und so Deng Xiaopings Plan ge-
fährden, Chinas Sozialprodukt zwischen
1980 und 2000 zu vervierfachen. Doch
diese Sorge hat sich inzwischen erübrigt,
denn das Ziel wurde schon 1995 erreicht.

Die schwerste Hypothek des Projekts
ist die erforderliche Umsiedlung von
1,3 Millionen Menschen. Selbst in China
hat ein einzelnes Vorhaben noch nie einen
solchen Bevölkerungstransfer notwendig

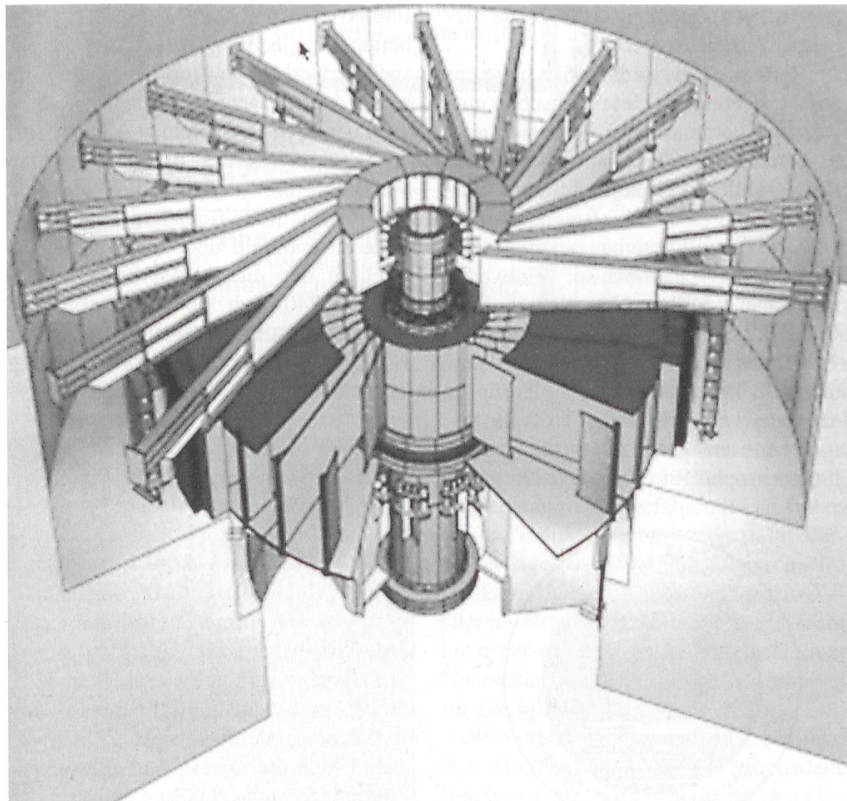


Bild 7 Generator-Stator für das «Drei-Schluchten-Projekt».

gemacht. Vergleicht man die Zahl mit den rund 2 Millionen Menschen, die in den letzten zehn Jahren im «Neuen Entwicklungsraum» Pudong in Shanghai den Büro- und Verwaltungshochhäusern weichen mussten, nimmt sich die Zahl allerdings bescheiden aus.

In der Mao-Zeit waren die Menschen bei der Bewältigung ihrer Probleme weitgehend auf sich selbst gestellt. Ihnen wurde geraten, «mehr gute Ideologie und weniger antike Möbel mitzunehmen». Die meisten gerieten in empfindliche Notlagen. Laut einer Weltbank-Studie hat sich seither aber ein Wandel zum Besseren vollzogen. Es sei jetzt offizielle chinesische Politik, den Lebensstandard der Umsiedler zu heben, sagt Robert Goodland, Umweltberater der Weltbank. So soll jede Person, die durch das «Drei-Schluchten-Projekt» den Wohnort wechseln muss, rund 5000 US-Dollar erhalten – das entspricht fünf Jahresgehältern eines sehr gut verdienenden chinesischen Angestellten. Etwa 40% der Betroffenen sind Bauern. Für sie müssen grösstenteils neue Existenzgrundlagen geschaffen werden. Denn es gibt kaum Ersatz für das geflutete Ackerland (rund 300 km²), da so gut wie jedes geeignete Stück Boden bereits genutzt wird. Der Erfolg wird im wesentlichen davon abhängen, ob in China und speziell in der Projektregion der wirtschaftliche Aufschwung anhalten wird. Und hierfür ist «Three Gorges» fast schon ein Garant, werden allein schon während des Projekts 25000 neue Arbeitsplätze geschaffen.

In Europa oder Nordamerika hätte ein Projekt, bei dem so viele Menschen umgesiedelt werden, keine Realisierungschance. Doch in China ist man mit Problemen anderer Grössenordnung konfrontiert. Professor Lin Bingnan, einer der führenden Wasserbauexperten Chinas, sieht das Dilemma so: «Entweder siedelt man 1 Million Menschen um und sichert dadurch 30 Millionen stromabwärts, oder man verzichtet darauf und hofft bei der nächsten grossen Flut für sie das Beste.» Ein schwacher Trost für besagte Millionen, die unter der letzten Flutkatastrophe im Sommer 1998 gelitten haben.

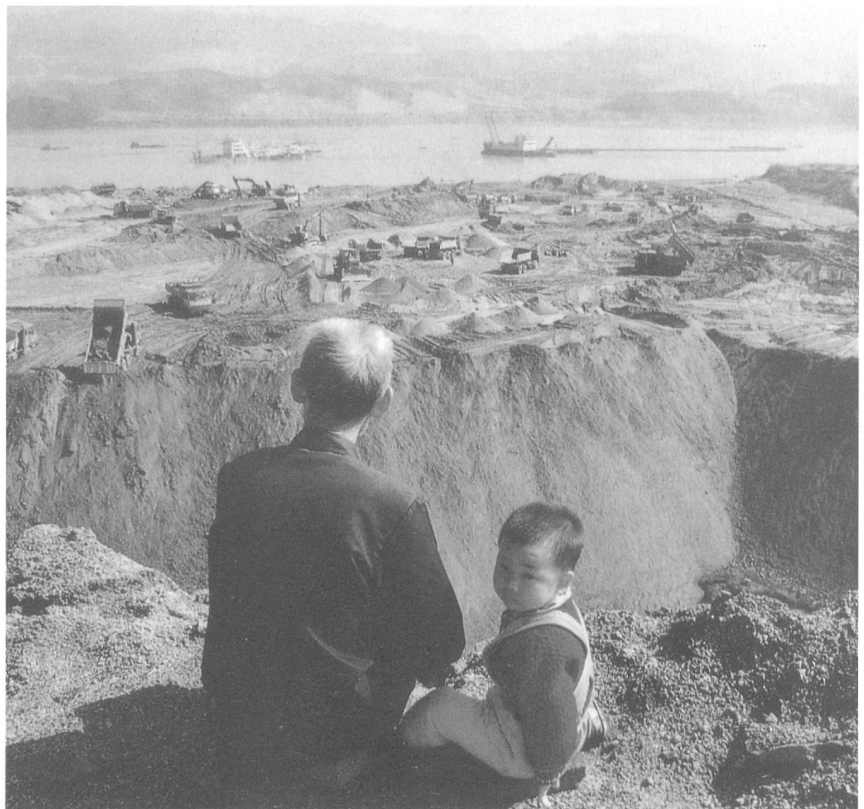
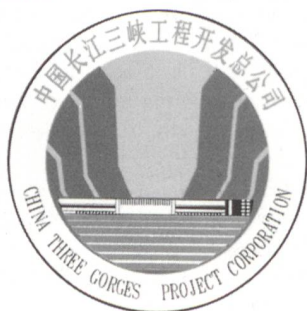


Bild 8 Baustelle am Yangtse.

In Wasserkraft investieren

Neben dem «Drei-Schluchten-Projekt» sind in China derzeit noch 20 grosse Wasserkraftwerke mit 17000 MW Gesamtleistung im Bau. ABB ist am Flusskraftwerk Guigang mit vier Einheiten von je 30 MW und am Pumpspeicherwerk Xikou mit zwei Einheiten von je 50 MW beteiligt. Ausserdem geht auch der Zubau von kleinen Anlagen (bis 25 MW), die bereits zu Zehntausenden verbreitet sind, zügig voran. Insgesamt soll die installierte Kapazität bis zur Jahrtausendwende auf über 70000 MW anwachsen und die Jahreserzeugung von 150 auf 240 Twh klettern. China wird damit neben den USA und Kanada zur Weltspitze in der Wasserkraftnutzung aufrücken.

Eines ist also gewiss: Als Land mit der weltweit grössten Bevölkerung ist Chinas Bedarf an Energie riesig. Und China hat auch Anspruch auf diese Leistung. Es geht nicht an, dass wir Europäer China in seiner Entwicklung behindern, nur weil bei uns die nötige Leistung schon längst installiert ist. Der Strom aus der Steckdose ist bei uns selbstverständlich. In China aber noch lange nicht!

Für ABB ist China neben Indien der wichtigste Markt in Asien. Die erfolgreichen Verhandlungen beim «Drei-Schluchten-Projekt» sollen deshalb eine Fortsetzung finden und sich in weiteren Aufträgen niederschlagen. Um so mehr, da offizielle Quellen verlauten liessen, dass China den Umweltgedanken vorantreiben und verstärkt auf Wasserkraftwerke setzen will.

De l'électricité pour l'avenir de la Chine

Avec son «projet des trois gorges», la Chine s'est attaqué à la réalisation de l'un des plus ambitieux concepts de construction hydraulique qui aient jamais été imaginés. Ce projet vise trois objectifs, à savoir améliorer la protection contre les crues pour 30 millions d'habitants, produire de l'électricité de l'ordre de grandeur de dix centrales nucléaires et faciliter la navigation sur la principale voie navigable de Chine. Le groupe électrotechnique suède-suisse ABB participe au projet en livrant 8 générateurs (sur 14 au total) pour l'un des deux bâtiments de machines.