



Universität für
Bodenkultur
Wien



Institut für
Geotechnik
(IGT)

**LV 873111 Fachexkursionen zu Erd- und Grundbau
Exkursion China 2015**

Ort: Provinz Hubei, China

Zeit: Oktober 2015

TEILBERICHT:

DREI - SCHLUCHTEN - SPERRE

Gruppenmitglieder:

Roland Aschinger

Michael Diermayr

Jonathan Gullner

Lukas Hochreiter

Konrad Hörandner

Philipp Trettler

Drei-Schluchten-Sperre

1. Allgemeines:

Jangtsekiang:

Der Jangtsekiang ist mit 6380 km der längste Fluss Asiens und der drittlängste der Welt. Auf seinem Weg vom Quellgebiet im tibetischen Hochland durchfließt er ein dichtbesiedeltes Gebiet mit Großstädten wie Wuhan, Chongqing, Nanjing, bevor er in der Nähe von Shanghai in das Ostchinesische Meer mündet.

Das Einzugsgebiet des Flusses ist mit 1.722.155 km² mehr als dreimal so groß wie Frankreich. Der Jangtsekiang kann in einen oberen, mittleren und unteren Abschnitt unterteilt werden. Der Obere Abschnitt befindet sich flussaufwärts der Stadt Yichang, wo der 3 Schluchten Staudamm situiert ist. Dieser Teil des Flusses ist mit 4500 km Länge und einem Teileinzugsgebiet von 1.000.000 km² wesentlich größer als die anderen.

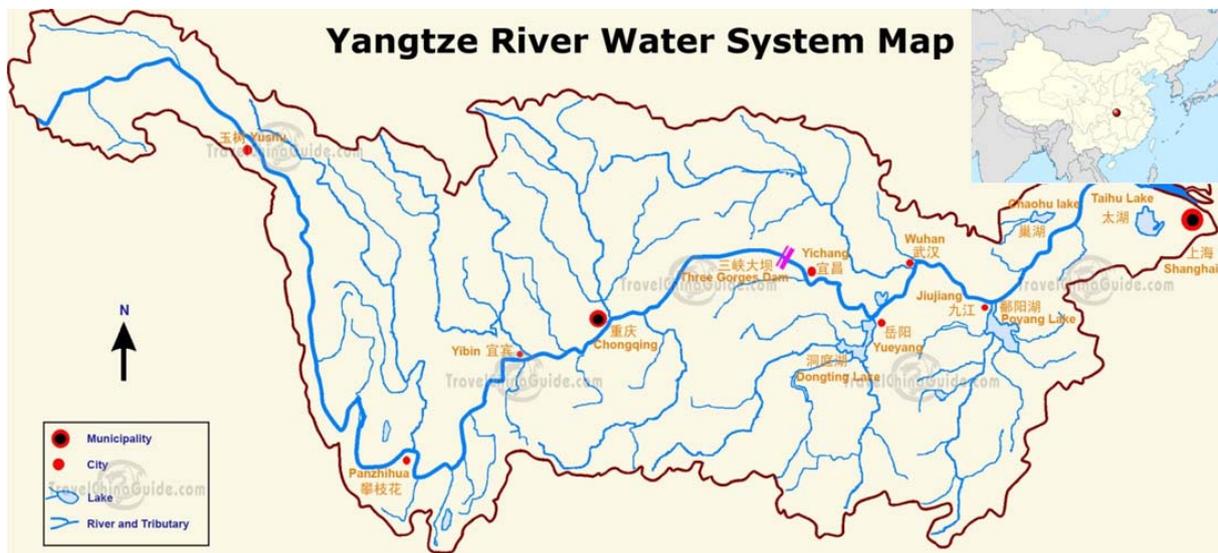


Abb. 1: Darstellung des Einzugsgebiets des Jangtsekiang.

Provinz Hubei:

Der 3 Schluchten Staudamm befindet im westlichen Teil der chinesischen Provinz Hubei, im Grenzgebiet zur eigenständigen Verwaltungseinheit Chongqing.

Die Region um den Staudamm ist von Gebirgszügen geprägt. Im westlichen Teil der Provinz Hubei gibt es bedeutende Erhebungen wie die Wudang, Jing, Wu oder Daba Gebirge, welche zum Einzugsgebiet des Jangtsekiang gehören.

Oberhalb der Talsperre durchfließt der Jangtse die Region das namensgebende Gebiet der drei Schluchten. Es ist hauptsächlich für seinen schönen landschaftlichen Charakter bekannt.

Gründe für den Bau:

Die Verminderung des Flutrisikos und der damit verbundenen Gefahren für den Menschen sind der Hauptgrund für den Bau der Talsperre. Die Wasserstände des Jangtse schwanken saisonal sehr stark und sind historisch gesehen schon immer eine Bedrohung für die Bewohner seiner Ufer. Alleine im 20. Jahrhundert sind 15 Millionen Menschen durch

Hochwässer des Jangtse umgekommen, was eine Regulierung des Stromes rechtfertigt. Ein weiterer Grund für den Bau dieses Mächtigen Staudamms ist die Stromversorgung. Die wachsende Bevölkerung und der gestiegene Lebensstandard in China ließen den Bedarf an Energie in die Höhe schnellen. In den 1980er Jahren gehörten Stromausfälle in den städtischen Gebieten zur Normalität. Da Kohle in dieser Region Chinas nicht in großen Mengen vorkommt und erst von den nördlichen Provinzen gebracht hätte werden müssen wurde die Idee eines Wasserkraftwerks immer konkreter. Die zuvor schon hohe Anzahl an kalorischen Kohlekraftwerken in China und die damit verbundene Luftverschmutzung unterstützte dieses Vorhaben.

Zusätzlich zum Hochwasserschutz und der Energieknappheit war die verbesserte Schiffbarkeit ein entscheidender Vorteil der Talsperre. Die stark schwankenden Wasserstände schränkten die Schifffahrt am Jangtsekiang saisonal stark ein. Durch den Stausee wurden die Schluchten breiter und die Wassertiefe stieg im Durchschnitt 70 Meter. Dadurch ist es nun sogar für 10.000 Tonnen-Schiffe möglich, den Hafen von Chongqing zu erreichen.

Gegner und kritische Stimmen:

Die kritischen Stimmen diesem gigantischen Bauvorhaben gegenüber sind so alt wie die Idee selbst. Die Aufstauung des Flusses und die damit verbundene Wasserspiegelhebung haben neben den genannten Vorteilen auch einige gravierende Nachteile die den kritischen Stimmen einen guten Nährboden bieten.

Durch den höheren Wasserstand verschwanden viele Dörfer, Städte und Fabriken in den Fluten. Dies hatte zur Folge, dass bis zum Jahr 2007 4 Millionen Chinesen zwangsumgesiedelt werden mussten. Zwar stellte die Regierung den Betroffenen neue Wohnungen zur Verfügung, doch nicht alle waren damit zufrieden. Es kam zu Protesten. Neben den sozialen Problemen die der Dammbau mit sich brachte, waren es vor allem ökologische Folgen die Bedenken bereiteten. Der Lebensraum von vielen Tier und Pflanzenarten wurde durch das geflutete Land verloren. Die chinesische Regierung versuchte dem entgegen zu wirken in dem man beispielsweise einzelne Arme des Flusses zu Reservaten machte. Die Sorge, dass überschwemmte Müllhalden oder anders kontaminierter Boden Giftstoffe in die Gewässer abgeben könnten blieb jedoch. Der Jangtsekiang führt seit jeher viel Geschiebe und Schwebstoffe mit sich. Durch die verlangsamte Fließgeschwindigkeit und die große Staumauer selbst werden Probleme mit der Verlandung des Stausees befürchtet. Außerdem hat sich die Gefahr für Rutschungen im Gebiet des Stausees durch den gestiegenen Wasserspiegel drastisch erhöht was, neben der Gefahr für die Bewohner, zu einem zusätzlichen Sedimenteintrag führt. Die Talsperre wurde in der Nähe einer geologischen Verwerfung errichtet. Die chinesische Regierung betont jedoch, dass das Bauwerk einem Erdbeben der Stärke 7 standhalten könne.

Quellen:

The Three Gorges Dam Project in China: history and consequences (LOPEZ/PUJOL 2006)

The Three Gorges Project: Development and Environmental Issues (GAO SHU 2007)

Wikipedia.com

2. Daten:

Der Drei-Schluchten-Staudamm ist eine Gewichtsstaumauer aus Beton. Diese Schwergewichtsmauer widersteht aufgrund ihres hohen Eigengewichts dem auftreibenden Sohlenwasserdruck. Sie ist nicht wie eine Bogenstaumauer in den Talflanken eingespannt, das wäre aber aufgrund des vorhandenen leicht verwitternden Gestein (Granit) ohnehin nicht möglich gewesen. Das Bauwerksvolumen beläuft sich auf 28 Mio. m³.

Die Höhe des Absperrbauwerks liegt zwischen 137 m und 150 m, dieser Unterschied ist auf die unterschiedliche Höhe des Geländes zurückzuführen. Die Dammkrone ist 185 m über Nullniveau und 2335 m lang. Das maximale Stauziel liegt bei 175 m, dieser Punkt wurde bei unserem Besuch Ende Oktober erreicht. Während der Wintermonate und im Frühling wird der See langsam abgesenkt, ehe Ende September mit dem neuerlichen Einstau begonnen wird. Durch diese Wasserspiegelschwankungen und durch die geologischen Gegebenheiten kommt es immer wieder zu Hangrutschungen.



Abb. 2: Wasserspiegelschwankungen im Stausee

Die gesamte Stauseelänge beläuft sich auf 663 km mit einer mittleren Stauseebreite von 1,6 km dies ergibt eine Stauseeoberfläche von 1085 km². Das Speichervolumen des Sees beträgt 39,3 km³. Für das Bauwerk wurde ein Bemessungshochwasser von 113 m³/s herangezogen.



Abb. 3: Prof Xiang erklärt über den Bau des Dammes

Für dieses Projekt wurden 13 Städte überflutet und 1,3 Millionen Menschen übersiedelt. Da dieses Gebiet aufgrund der Flussüberschwemmungen ein sehr fruchtbares ist, waren vor allem Bauern von der Umsiedlung betroffen. In naher Zukunft müssen aufgrund der Rutschungen noch weitere Personen übersiedelt werden.

Das gesamte Projekt kostete etwa 180 Milliarden Yuan (entspricht ca. 25 Milliarden Euro). Aufgrund dieser sehr hohen Summe stellt sich die Frage, was die eigentlichen Nutzen sind.

Die durch den Staudamm entstandenen Nutzen sind:

- Saubere Energiegewinnung: Da die Nachfrage nach Energie in China ständig wächst, sucht man nach Energiequellen
- Hochwasserschutz: Hochwasserereignisse können durch das Bauwerk kontrolliert werden
- Schifffahrt: Verbesserung der Schifffahrt
- Bewässerung: Durch die Anreicherung der Wasser-Vorkommen, verbessert sich die Bewässerung

Durch den Staudamm entstehen natürlich auch Probleme. Der Sedimenttransport wird durch die Sperre unterbrochen, dadurch kommt es zu einer Verlandung vor dem Staudamm. Bei einem Hochwasserereignis wird der Staudamm zwar geöffnet, jedoch wird nur ein Teil des Materials durchgespült.

Außerdem zieht ein Bauwerk in dieser Größenordnung auch ökologische Probleme mit sich.



Abb. 4: Exkursionsteilnehmer vor dem Staudamm

Quellen Daten:

Massenbewegung am Drei Schluchten Stausee; Prof. Dr. Wei Xiang

3. Planung:

Der Erste, der die Vision eines Staudammes über den Yangtse Flusses hatte, war der Präsident der Republik China, Sun Yat-Sen (12.Nov. 1866-12.März 1925). Er schlug 1919 vor, einen Damm zu errichten, der sowohl die ständig durch Hochwasser gefährdeten Gebiete entlasten, als auch Chinas anhaltende Probleme mit der Stromversorgung lösen sollte. Er schlug damals die besonders günstige Stelle unterhalb der Drei-Schluchten vor.



*Abb. 5: Untersuchungsgebiet des noch ungestauten Yangtse Fluss unterhalb der Drei Schluchten.
Der Pfeil markiert die heutige Position der Staumauer.*

1934 begann man unter Aufsicht des Vertrauten von Sun Yat-Sen, der Politiker und Militär Chiang Kai-shek, an Plänen für ein Staudammprojekt an dieser Stelle. 1939 eroberte Japan weite Teile Chinas, unter anderem die Provinz Yichang, in der das Kraftwerkprojekt zu liegen kommt. Auch Japan griff die Idee für dieses Projekt auf und begann, das Gelände zu untersuchen und Varianten auszuarbeiten.

Im Jahre 1944, auf Einladung Chian Kai-sheks, untersuchte der amerikanische Wasserbauingenieur John L. Savage das Gebiet und legte eine erste Planung vor. 54 ausgewählte chinesische Ingenieure wurden daraufhin zur Ausbildung in die USA entsandt. Es musste eine neue Methode zum Transport der Schiffe erdacht werden: es sollten Schiffe in Schleusen einfahren, die oberhalb und unterhalb des Dammes positioniert waren. Danach sollten sie mit Seilen in die jeweils nächste Schleuse gezogen werden. Kleinere Schiffe sollten vorab vertäut werden und im Verband transportiert werden.

Es wurden noch weitere Untersuchungen und Variantenstudien und in auf Auftrag gegeben, doch auf Grund des Chinesische Bürgerkrieges musste das Projekt am 15.August 1947 vorläufig gestoppt werden.

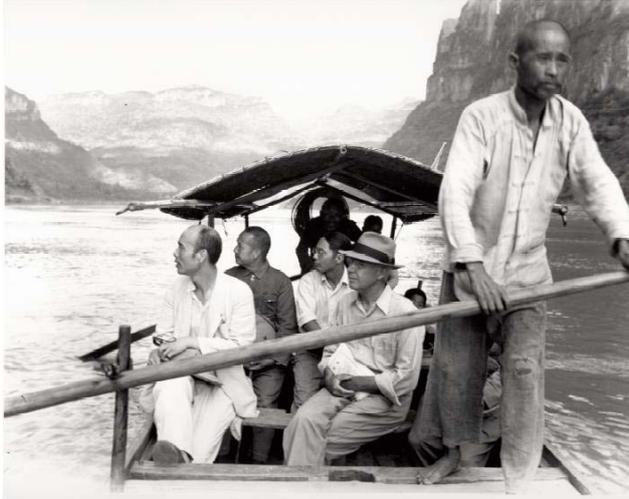


Abb. 5: John Savage (2.v.r) am Jangtse Fluss 1944



Abb. 6: Savage's erster Entwurf für die Talsperre am Jangtse Fluss

Erst in den 1980er Jahren, nunmehr unter kommunistischer Regierung, wurde das Projekt erneut vorangetrieben. 1992 stimmten 1767 von 2633 Delegierten des Nationalen Volkskongresses für den Bau der Drei-Schluchten Mauer, am 14. Dezember 1994 wurde mit dem Bau begonnen.

4. Bau:

Für den Bau mussten zunächst Fangdämme mit mehreren Kubikmeter großen, pyramidenförmigen Felsen geschüttet werden, um den 2km breiten Fluss zu teilen. Während der Bereich innerhalb der Dämme trockengelegt wurde, verblieb ein Kanal, der dem Fluss als Abfluss verblieb. Innerhalb der Dämme wurden nach vorangegangener Bodeninjektion mit Zementsuspension die ersten beiden Sektionen des Damms hergestellt. (siehe folgende Darstellung).



Abb. 6: Satellitenaufnahme der Baustelle im Juli 2000. Zu erkennen ist der trocken gelegte Bauplatz der ersten beiden Abschnitte der Mauer, während der Fluss daran vorbeigeführt wurde.

Danach wurde der verbleibende Kanal mit Hilfe von Beton abgesperrt, um die letzte Sektion der Mauer zu errichten, während der Fluss über die geöffneten Schotten und Schleusen abfließen konnte.



Abb. 7: Satellitenaufnahme der Baustelle im Mai 2006. Der letzte Abschnitt der Mauer am rechten Ufer ist in Herstellung. Der Fluss fließt über Schotten und Schleusen ab.

Nach der Fertigstellung der Mauer wurde der Fangerdamm aus Beton, in dessen Schutz der letzte Abschnitt hergestellt wurde, mit 190 Tonnen Dynamit gesprengt und der Damm somit erstmals der vollen Belastung des Wassers ausgesetzt.

Funktionen der Gebäudeteile

Krafthäuser

Die beiden jeweils 700m langen Krafthäuser zur Linken und Rechten des Überfallwehrs beherbergen die insgesamt 32 Generatoren. Sie werden über Zulaufrohre aus Beton gespeist (siehe nachstehende Darstellung).

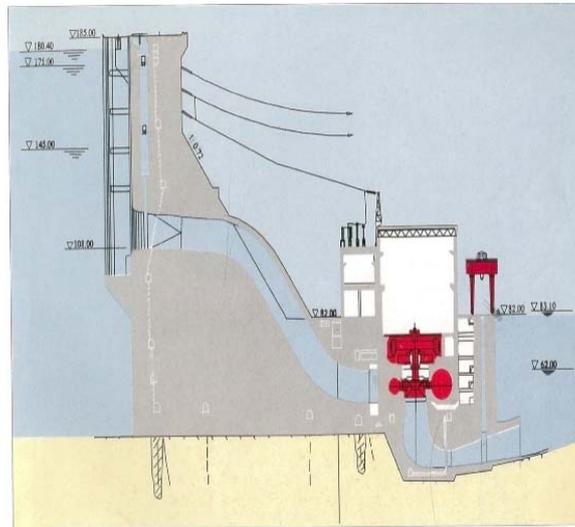


Abb. 9: Querschnitt des Krafthauses

Überlaufwehr

Das Überlaufwehr hat die Aufgabe, im Hochwasserfall die kinetische Energie des 100m tief fallenden Wassers so stark wie möglich zu reduzieren, da es sonst zur Erosion des Fundamentes kommen könnte. Daher wurden die Überläufe so gestaltet, dass sie das Wasser in hohen Bögen auf den Unterwasserbereich schleudern, sodass die Wasserstrahlen in kleine Tropfen zerstäubt und zerstörungsfrei abgeführt werden (siehe nachstehende Darstellung).



Abb. 10: Querschnitt des Überlaufwehrs

Schleusenanlage

Die fünfstufige Doppelschleusenanlage gewährleistet die reibungslose Abwicklung des Transportverkehrs am Yangtze. Etwa 170 Schiffe am Tag passieren die Schleusenanlage mit ca. 100 m Höhenunterschied. Die beansprucht eine Zeit von etwa 4 Stunden.



Abb. 11: Schleusenanlage mit Blick Richtung Oberwasser

Schiffshebewerk

Das Schiffshebewerk ermöglicht es Passagierschiffen, die Staumauer in 36 Minuten zu passieren. Mit Hilfe von 16 Stück 1000 Tonnen schweren Blöcken als Gegengewichten ist es möglich, Schiffe von 13000 Tonnen mitsamt dem Wasser, auf dem sie schwimmen, die Staumauer überwinden zu lassen, gleich einem Personenaufzug (siehe nachstehendes Bild).



Abb. 12: Schiffshebewerk im Bauzustand



Abb. 13: Gebäudeteile im Überblick

Quellen Planung & Bau:

blog.richmond.edu

Wn.com

Wikipedia.com

Pinterest.com

Chinadaily.com.cn

5. Geologie und Geotechnik

Geologische Karte:



Abb. 84: Geologische Karte [Prof. Dr. Wei XIANG]

Abdichtung des Untergrundes:

Um eine Schwergewichtsmauer im Ausmaß der Dreischluchten-Talsperre zu erbauen, waren im Vorfeld ausgiebige Untergründerkundungen nötig. Diese Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, dass im Bereich des geplanten Bauwerks vorwiegend Granit im Untergrund ansteht. Dieser wäre grundsätzlich gut geeignet als Fundierung, jedoch wies er vermehrt Störungen mit sehr flachen Einfallswinkeln auf und war teilweise stark angewittert und angebrochen. Um die Eigenschaften des Granituntergrundes zu verbessern, wurden Betoninjektionen durchgeführt, um die hydraulische Durchlässigkeit zu vermindern und die Tragfähigkeit, die durch die vielen Störungen vermindert war, zu verbessern. Durch die Betoninjektionen wurde außerdem ein undurchlässiger Abdichtungsschirm hergestellt. Dieser besteht aus einem Hauptschirm, der die Abdichtung gegen das Wasser im Staubecken flussaufwärts gewährleisten soll und aus einem inneren Schirm. Bei der Herstellung des Hauptdichtschirmes wurden Bohrungen mit einer Tiefe von ca. 60-80 Metern hergestellt, für den vom Hauptschirm eingeschlossenen Sekundärschirm Bohrungen von 40-60 Metern. Im Bereich des tieferen Wasserkanals wurden die Bohrungen mit einer Tiefe von bis zu 140 Metern ausgeführt, da das Gestein teilweise hydraulisch sehr durchlässig war. Mittels laufendem Monitoring und Versuchen nach der Fertigstellung des Dichtschirmes wurde die hydraulische Durchlässigkeit erprobt. Die Versuche zeigten, dass 99,56% des Hauptschirms, sowie 99,06% der Teilabschnitte des flussabwärts gelegenen Dichtschirmes, eine Durchlässigkeitsrate von weniger als 1 l/min aufwiesen. Somit wurde die Vorgabe von 1l/min eingehalten.

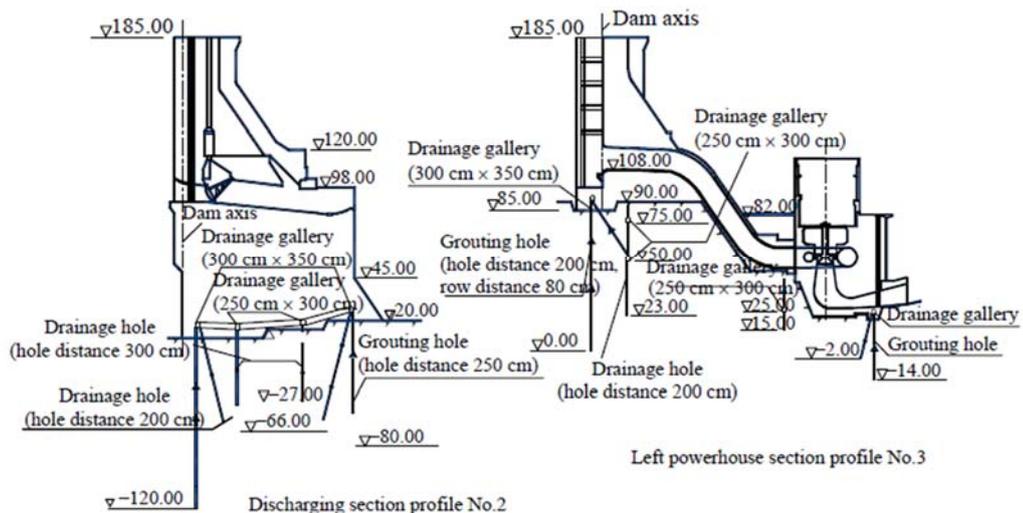


Abb. 159: links: Profil des Entlastungsbauwerkes rechts: Profil des linken Krafthauses

Hangstabilität an der 5-stufigen Schiffsschleuse:

Für die 5-stufige Schiffsschleuse wurde, der in Flussrichtung gesehen linke Berg, entlang seines Grates getrennt. Die daraus anthropogen geschaffene Gerinneform bot genug Platz um dieses Bauwerk, welches mit seinem immerhin 1621 Metern einen Aushub von 55 Millionen Kubikmetern benötigte, unterzubringen. Durch das Heraussprengen der Gerinneform entstanden beidseitig bis zu 170 Meter hohe, steile Hänge, an deren Fuß die Seitenmauern der Schiffsschleuse eingebettet sind. Um eine problemlose Funktion der Schleusentore zu gewährleisten war es notwendig, dass die Hangstabilität gewährleistet sowie die Hangverformungen eingedämmt werden. Dies wurde durch mehrere Maßnahmen erreicht:

- Maßnahme 1: Zur Verbesserung der Hangstabilität wurde eine Untergrunddrainage hergestellt. Um dieses Drainagesystem wirksam zu gestalten, wurden im Vorfeld unter anderem 2D- sowie 3D- Untergrund- Durchgängigkeitsanalysen durchgeführt.
- Maßnahme 2: Die Sprengarbeiten wurden streng überwacht und die Hänge mit Spritzbeton gesichert.
- Maßnahme 3: Weiters wurden die Böschungen mit Vorgespannten Stahlseilen zurückgespannt. Für die beinahe vertikalen Abschnitte wurden zuerst unterschiedliche Verankerungsschemen betrachtet, bis man sich letztlich für 1000kN – und 3000kN Spannkabel aus nichtverbundenem Spannstahl entschied.

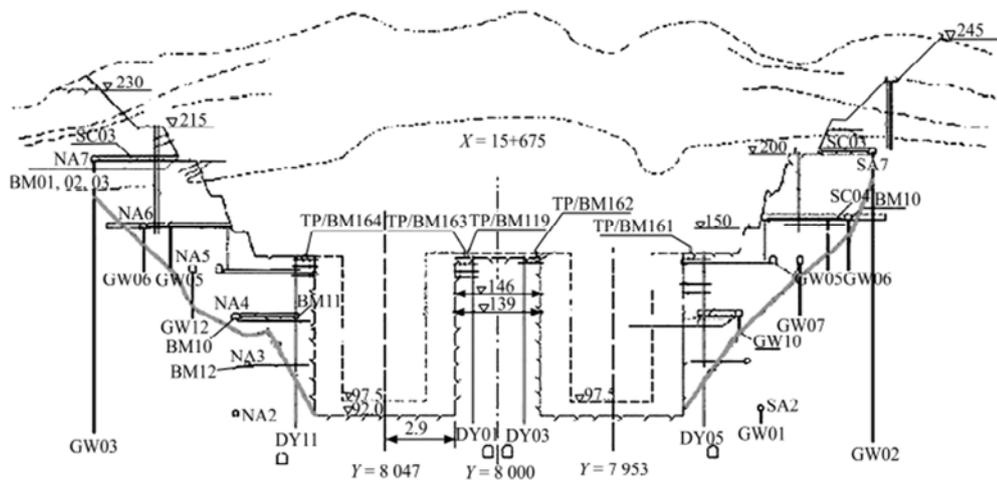


Abb. 106: Querschnitt des anthropogenen Gerinneprofiles mit Schiffsschleuse

Quellen Geologie & Geotechnik:

Fan, Q., Zhu, H., & Chen, X. (2011). Key Issues in rock mechanics of the Three Gorges Project in China. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 3(4), 329-342.

6. Elektrische Anlagen der 3-Schluchten-Sperre:

Die Drei-Schluchten-Sperre ist was die Leistung betrifft das weltweit größte Wasserkraftwerk mit insgesamt 34 Generatoren. Zu unterscheiden sind 32 Hauptgeneratoren, mit einer Leistung von 700 MW und zwei Generatoren zur Eigenversorgung des Kraftwerks, mit jeweils 50 MW Leistung. In Summe ergibt sich eine Gesamtleistung von 22.500 MW. Von den 32 Hauptgeneratoren, sind 14 in der Nordseite des Sperrenbauwerks, 12 in der südlichen Seite und die restlichen sechs liegen unterirdisch im Erdreich südlich der Sperre. Die erwartete jährliche Stromproduktion soll über 100 TWh zu sein, wobei 2014 mit 98,8 Milliarden kWh erstmals mehr Strom erzeugt wurde als im brasilianischen Kraftwerk Itaipu, welches bis dahin die größte jährliche Menge an Strom produzierte.

Generatoren & Turbinen

Die Hauptgeneratoren wiegen jeweils etwa 6.000 Tonnen und wurden auf eine Leistung von 700 MW und eine Druckhöhe von 80,6 m ausgelegt. Die Durchflussrate variiert zwischen 600 bis 950 Kubikmeter pro Sekunde in Abhängigkeit von der verfügbaren Oberwasserspiegellage. Je größer die Fallhöhe, desto weniger Wasser wird benötigt, um die volle Leistung zu erbringen. Verbaut wurden Francis-Turbinen mit einem Turbinendurchmesser von 9,7 / 10,4 m (VGS-Design / Alstom Design) und einer Drehzahl von 75 Umdrehungen pro Minute.

Die Erzeugerspannung der Generatoren beträgt 20 kV.

Auch die Abmessungen der Generatoren sind bemerkenswert. Der Außendurchmesser des Stators beträgt 21,4 / 20,9 m, der Innendurchmesser beträgt 18,5 / 18,8 m. Der Stator ist der größte seiner Art mit 3 m Höhe. Die Belastung der Lager in den Generatoren beträgt 5050/5500 Tonnen. Im Betrieb kann ein durchschnittlicher Wirkungsgrad von bis zu 96,5% erzielt werden.

Die Generatoren wurden von zwei Joint-Ventures hergestellt. Das eine besteht aus den Firmen Alstom, ABB-Konzern, Kvaerner und der chinesischen Firma Haerbin Motor. Die andere bilden Voith, General Electric, Siemens (als VGS abgekürzt), und die chinesische Firma Oriental Motors. Mit der Vertragsunterzeichnung wurde auch eine Technologietransfer-Vereinbarung getroffen.

Die meisten Generatoren sind wassergekühlt. Bei den neueren kommt aber auch eine Luftkühlung zum Einsatz, welche einfacher in Konstruktion, Fertigung und Instandhaltung ist.



Abb. 17: Der Rotor eines Generators wird eingesetzt.

Generatoreinheiten im Einsatz

Die 14 Hauptgeneratoren auf der Nordseite sind in Betrieb. Der erste ging am 10. Juli 2003 in Betrieb. Die volle Leistung (9.800 MW) wurde erst am 18. Oktober 2006 erreicht, nachdem das Wasser ein Niveau von 156 m erreichte.

Seit Juni 2007 sind auch die 12 Hauptgeneratoren auf der Südseite in Betrieb.



Abb. 11: Francis-Turbine vor dem Einbau. Durchmesser etwa 15m

Mit 23. Mai 2012 ist auch der letzte der unterirdischen Haupt-generatoren in Betrieb gegangen. Nach 9 Jahren Bauzeit, Installation und Prüfung hat das Kraftwerk seine maximale Leistung von 22,5 GW erreicht.

Energieerzeugung

Während der Trockenzeit von November bis Mai, ist die Leistung durch den geringeren Durchfluss beschränkt. Bei überdurchschnittlichem Durchfluss wird die Leistung von der ausgelegten Turbinenleistung begrenzt. Die maximalen Leistungskurven wurden auf der Grundlage der durchschnittlichen Durchflussrate im Sperrquerschnitt ermittelt, bei einem Wasserstand von 175 m und einem Wirkungsgrad von 90,15 %. Die tatsächliche Leistung im Jahr 2008 wurde die monatliche Einspeisekapazität in das Netz erhoben.

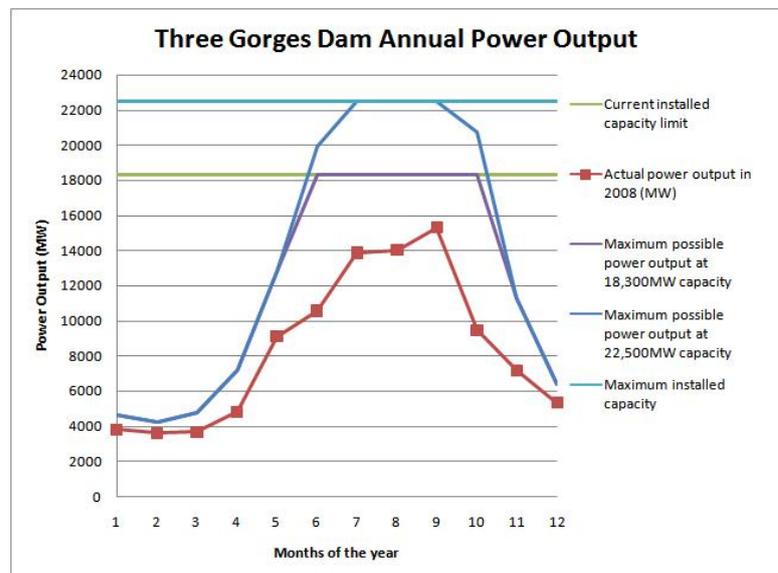


Abb. 12: Jahresenergieerzeugung in [MW].]

Am 26. Oktober 2010 wurde die festgelegte maximale Fallhöhe von 175 m im Stausee erreicht. Im Jahr 2012 gingen alle 32 Turbinen-Generatoreinheiten ans Netz. 2015 wurde die oben bereits erwähnte Rekordkapazität von 98,8 TWh Strom erzeugt, was etwa 17% der gesamten chinesischen Wasserkraft ausmacht.

Verteilung

Die „State Grid Corporation“ und die „China Southern Power Grid“ bezahlten bis zum 2. Juli 2008 eine Pauschale von ¥ 250 pro MWh (entspricht heute etwa € 35). Seitdem variiert der Preis je nach Provinz, von ¥ 228,7 bis ¥ 401,8 je MWh. Besser zahlende Provinzen wie Shanghai erhalten Priorität. Insgesamt beziehen neun Provinzen und zwei Städte Strom von der 3-Schluchten-Sperre.

Die errichtete Infrastruktur für die Energieverteilung und -übertragung kostete 34,387 Milliarden Yuan (heute knapp € 5 Mrd.). Der Bau der Verteilungsanlagen wurde im Dezember 2007 abgeschlossen.

Die Stromversorgung erfolgt über mehrere 500 kV Leitungen. In die East China Grid führen drei Gleichstrom Leitungen mit 7.200 MW Leistung: Nach Shanghai (3.000 MW), Changzhou (3.000 MW) und von Gezhouba nach Shanghai (1.200 MW). Die Übertragung in die Central China Grid erfolgt über Wechselstromleitungen mit einer Gesamtkapazität von 12.000 MW.

Stromversorgungssituation in China nach dem Bau

Der Damm wurde darauf ausgelegt 10% von Chinas gesamten Stromverbrauch zu erzeugen. Allerdings hat sich der Stromverbrauch Chinas in den letzten Jahren mehr erhöht als prognostiziert wurde und somit konnte das Kraftwerk selbst unter maximaler Last im Durchschnitt nur etwa 1,7% des Strombedarfs von China im Jahr 2011 erzeugen. Der Gesamtverbrauch lag bei 4692,8 TWh.

Chinas Wasserkraft hatte 2014 eine installierte Leistung von 282GW und somit diesen Energiesektor seit 2009 (172GW) sehr stark ausgebaut. Der Anteil der Wasserkraft beträgt 17,3% der gesamten Energieerzeugung. Über das gesamte Jahr wurden 1000TWh Strom erzeugt, das entspricht 85% der primären Stromerzeugung. Das technisch realisierbare Wasserkraftpotential wird auf 500GW geschätzt, daher ergibt sich ein Ausbaugrad von nur 50-60%. Somit ist noch Spielraum für einen weiteren Ausbau der Wasserkraft vorhanden.

Quellen Elektrische Anlagen:

https://en.wikipedia.org/wiki/Three_Gorges_Dam

https://en.wikipedia.org/wiki/Electricity_sector_in_China

<https://www.pinterest.com/pin/296182112969708184/>

7. Folgen und Auswirkungen

Bereits vor Baubeginn der Drei Schluchten Talsperre, gab es von mehreren Seiten Bedenken über die möglichen Folgen dieses Megaprojektes. Bis heute kann man noch nicht genau abwägen welche Langzeitfolgen durch den Bau und Betrieb hervorgerufen werden.

Landschaftsbild und Geografie

Das Landschaftsbild der Drei Schluchten ist geprägt von mehr als 1000m hohen Felswänden und zählt zu einer der schönsten Naturregionen in der Volksrepublik China, dadurch ist die Region vor allem bei Touristen beliebt und ist somit auch eine wichtige Einnahmequelle. Durch die Aufstauung des Jangtsekiang gingen rund hundert historische Stätten sowie auch ein gewisser Anreiz des Landschaftsbildes verloren. Die Schluchten, die diese Landschaft prägen wurden durch das Aufstauen um rund 90 m verringert,



Abb. 13: Ausbreitung Jangtsekiang 1987 zu 2006.

was aber nur eine geringfügige Veränderung des Panoramas der Schluchten bewirkte. Auch wenn das Landschaftsbild mit seinen hohen Felswänden und markanten Felsspitzen zum Großteil erhalten bleibt, verliert die Passage der drei Schluchten für Touristen an Dramatik.

Flora Fauna

Durch den Bau des Drei Schluchten Dammes ist eine Vielzahl an Tier- und Pflanzenarten betroffen, da ein Großteil ihres natürlichen Lebensraumes durch die Aufstauung zerstört wurde oder direkt bedroht ist. In Zahlen gefasst handelt es sich dabei um 2862 Pflanzenarten, 335 entdeckte Fischarten wie der Chinesische Stör (*Acipenser sinensis*), der Jangtse-Stör (*Acipenser dabryanus*) und der Schwertstör (*Psephurus gladius*), weiters bedroht sind auch 22 Tierarten, die bereits auf der roten Liste der aussterbenden Tierarten stehen wie der China-



Abb. 14: Chinesischer Flussdelfin (*Lipotes vexillifer*)

Alligator (*Alligator sinensis*). Auf der roten Liste wird auch der Chinesische Flussdelfin (*Lipotes vexillifer*) geführt, der aufgrund von Überfischung, erhöhtem Schiffsverkehr, steigender Sedimentfracht und Abwässer als vom Aussterben bedrohte Art gelistet wird. Um dem Aussterben weiterer Tierarten vorzubeugen plant die chinesische Regierung an einem abgesperrten Flussarm des Jangtsekiang ein Reservat zu errichten, das ökologisch noch weitgehend intakt ist.

Eine Studie aus dem Jahre 2005 (Xian et al. (2005) zeigt, dass es durch das Drei Schluchten Projekt bereits negative ökologische Folgen gibt. Im Gezeiten beeinflussten Mündungsbereich des Jangtsekiang wurde eine starke Zunahme von eingewanderten Quallenarten beobachtet,

die die heimische essbare Qualle *Rhopilema esculentum* verdrängen. Durch einen verringerten Abfluss, kommt es bei Flut im Mündungsbereich zu einem erhöhten Einströmen von Salzwasser aus dem Ostchinesischen Meer, wodurch optimale Bedingungen für die eingewanderten Quallenarten entstehen.

Müllproblematik und Abwasser

Eine große Problematik besteht auch in der ständigen Einleitung von Abwässern und Abfällen in den Stausee. Bereits ein Jahr nach der ersten Stauung 2004, wurden schon 1,3 Mio. t Müll und 1,3 Mrd. t Abwasser in den Stausee entsorgt. Dies liegt daran, dass die nötigen Deponien fehlen bzw. keine ausreichenden Müllentsorgungssysteme verfügbar sind und die mehr als 150 Millionen Menschen die flussaufwärts des



Abb. 15: Müllsammler am Jangste.

Dammes leben den Müll oft direkt in den Jangtse Fluss entsorgen. Im August 2010

drohte sogar die Verstopfung der Schleusenanlage und somit ein Erliegen der Schifffahrt, da man den anfallenden Müllmengen nicht mehr Herr wurde.

Laut dem Betreiber China Three Gorges Corporation werden mittlerweile jährlich rund 150.000 bis 200.000 Kubikmeter Abfall vor dem Damm eingesammelt und mehr als eine Millionen Euro dafür aufgewendet.

Die finanziellen Mittel für die Abwasserbehandlung geplanten 140 Kläranlagen, wurden von den jeweiligen Verwaltungsbehörden teilweise zweckentfremdet und der Bau von notwendigen Abwasserbehandlungsanlagen ausgesetzt.

Sedimentation

Der Jangstekiang transportiert aufgrund von massiver Abholzung und Erosion in seinem Einzugsgebiet, eine Jahresfracht von rund 680 Millionen Tonnen Sedimenten. In Kombination mit der reduzierten Fließgeschwindigkeit, hervorgerufen durch die Stauwirkung des Dammes, kommt es zu einer erhöhten Sedimentablagerung im Staubereich.

Durch die Versandung des Stauraumes wird das Volumen reduziert welches normalerweise für den Hochwasserschutz und die Energiegewinnung zur Verfügung steht.

Um diesem Trend entgegenzuwirken sind vom Kraftwerksbetreiber (China Three Gorges Corporation) in regelmäßigen Abständen Stauraumspüllungen vorgesehen. Diese führen aber wiederum zu weiteren negativen ökologischen Auswirkungen wie:

- Sofortige Sauerstoffzehrung
- erhöhter Schwebstoffeintrag (toxische Belastung)
- Mechanische Störung der Kiemen und Haut durch Schwebstoffe
- Schwall- und Sunkwirkung
- Abdrift
- Fischsterben
- Verlust von Habitaten durch Ablagerungen sowie Zerstörung von Laichplätzen durch Versiegelung

Ein weiteres Problem ergibt sich durch das Absenken von Sedimenten sowie die Überflutung von organischem Material im Zuge der Stauraumflutung. Diese verwesen im Stauraum unter anaeroben Umständen und verwandeln sich zu Faulschlamm. Dabei werden neben CO₂ Unmengen an Faulgasen (z.B. Methan) produziert. Methan ist 25x klimaschädlicher als CO₂ und trägt zurzeit zu ca. 20% als Treibgas zum Treibhauseffekt bei.

Weiters wirkt eine Staumauer wie eine Barriere, dadurch wird der Geschiebehaushalt des Jangtse erheblich beeinflusst und ein Großteil der Geschiebefracht zurückgehalten. Dieser Verlust an Geschiebe führt dazu, dass sich unterhalb des Drei Schluchten Dammes der Jangtse eintieft und zu erhöhten Hangerosionen führt.

Eine weitere Folge der um etwa ein Drittel verringerten Sedimentfracht ist, dass das Delta des Jangtse zu schrumpfen begonnen hat. Durch die Verringerung des Jangtse Deltas dringt Salzwasser in den Mündungsbereich ein und führt zu Problemen in den angrenzenden landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen sowie im Bereich der Trinkwasserversorgung.

Experten gehen davon aus, dass es noch Jahrzehnte dauern wird, bis sich am Jangtse ein neues Gleichgewicht zwischen Erosion und Ablagerungen eingestellt hat.

Umsiedlungen

Dem Drei Schluchten Damm Projekt mussten im Zuge seiner Verwirklichung nicht nur Lebensräume für Pflanzen und Tiere weichen, sondern auch 140 Städte, 1600 Fabriken und insgesamt rund 2 Millionen Menschen wurden umgesiedelt. Durch die Aufgabe dieser Gebiete gingen auch hundert historische und kulturelle Stätten, darunter 5.000 Jahre alte Gräber und uralte Felsmalereien verloren. Zum Teil wurden die Stätten aus dem Stauseebereich entfernt und anderorts wieder aufgebaut, ein weiterer Teil für den zukünftigen Tauchtourismus präpariert. In Fuling wurde für zum Schutz und dem Erhalt der antiken hydrologischen Station Beiheliang eigens ein Unterwassermuseum gebaut und 2009 eröffnet.

Der Großteil der Umgesiedelten waren Bauern, die von ihrem ertragreichen Schwemmland des Jangtsekiang in die weniger ertragreichen Höhenlagen oder teilweise in weit entfernte Regionen umsiedeln mussten. Man geht sogar davon aus, dass die karstigen Höhenlagen rund 1/5 weniger Ertrag bringen.

Zusätzlich gibt es Berichte, dass nicht jeder der Umsiedler wie von Seiten der Regierung zugesichert eine gleichwertige Behausung bekommt und zugesagte Entschädigungen im Korruptionssumpf versickern. Viele Versprechungen seitens der Regierung wurden nicht eingehalten, und die Lebensbedingungen der Umgesiedelten haben sich häufig massiv verschlechtert und Hunderttausende von Menschen wurden arbeitslos.

Die Neuen Siedlungsgebiete oberhalb des Sees haben zu einem dicht besiedelten Gebiet geführt und zu einer starken Zunahme der Bodenerosion.

Durch die erhöhte Gefährdung durch Hangerosionen und Anstieg des Wasserspiegels wegen der Verlandung, sollen bis 2020 weiter 4 Millionen Menschen aus den Uferregionen in die Nähe der oberhalb des Sees gelegenen Stadt Chongqing umgesiedelt werden. Es soll dadurch ein Grüngürtel entlang des Speichersees entstehen um der Erosion und Verschmutzung entgegen zu wirken.

Quellen Auswirkungen:

www.amnesty.ch

<http://www.sueddeutsche.de>

<https://de.wikipedia.org>

<http://www.chinahush.com>

<http://ngm.nationalgeographic.com>

<http://www.fisheries.noaa.gov>

<http://www.iucnredlist.org>

<http://geb.uni-giessen.de>

<http://www.greenpeace.org>