

Justus-Liebig-Universität Gießen
Fachbereich 07: Mathematik und Informatik, Physik, Geographie
Institut für Geographie

Diplomarbeit

**Das Drei-Schluchten-Projekt und sein Einfluss auf die
Hochwassersituation am Mittellauf des Yangtze**

vorgelegt von

Heike Hartmann

Vorwort

Im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte kooperieren seit 1986 chinesische Wissenschaftler vom Geographischen Institut der Academia Sinica in Nanjing mit einer Arbeitsgruppe vom Institut für Geographie der Justus-Liebig-Universität Gießen. Zu Beginn der Zusammenarbeit waren die Themen Bodenerosion und Hochwasserschutz von zentralem Interesse. Diese wurden im Laufe der 1990er Jahre durch neue Forschungsinhalte aus dem Bereich Klima, Urbanisierung und Hochwasserrisikomanagement ergänzt. Seit 1999 setzt das Zentrum für internationale Entwicklungs- und Umweltforschung (ZEU), eine interdisziplinäre, fachbereichübergreifende Forschungseinrichtung der Justus-Liebig-Universität, gemeinsam mit dem Institut für Geographie die Forschungsarbeiten mit erweiterter, interdisziplinärer Thematik fort.

Die Forschungsarbeiten betrafen bis zum Ende der 1990er Jahre vorrangig das Einzugsgebiet des Yangtze-Unterlaufes. Als Beispiele seien hier die im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projektes „Erfassung und Bewertung von katastrophalen Hochwasserereignissen im Einzugsgebiet des Taihu-Sees, Ostchina“ entstandenen Diplomarbeiten von GUDERMANN (1998) und HOF (1999) angeführt, die beide auf der Interpretation von Satellitenbildern aufbauen. In der ersten Arbeit wird die Entwicklung von Landnutzung und Hochwasserschadenspotenzial analysiert, in der zweiten wird die Siedlungsflächendynamik im Zusammenhang mit der chinesischen Stadtplanungspolitik untersucht. Die Dissertation von JIANG (1999), in welcher Hochwassergefahren und Strategien für ein nachhaltiges Hochwasserrisikomanagement am Yangtze beschrieben werden, bezieht sich auf das gesamte Yangtze-Einzugsgebiet. Mit der Diplomarbeit von GEMMER (2000) wurde das bis zu diesem Zeitpunkt weniger stark thematisierte Einzugsgebiet des Yangtze-Mittellaufes zum Forschungsinhalt. In dieser Arbeit werden anhand von Satellitenbildinterpretationen Landnutzungsänderungen am Yangtze-Mittellauf dokumentiert und die wachsende Bedeutung der Hochwasserschutzplanung diskutiert. Der Yangtze-Mittellauf ist auch das Untersuchungsgebiet der Dissertation von WANG (2001). Diese Dissertation beinhaltet einen Vergleich der Hochwasserschutzplanung am Yangtze-Mittellauf mit der am Rhein.

Mit der fortschreitenden Durchführung des Drei-Schluchten-Projektes rückte der Yangtze-Oberlauf ins Zentrum des Forschungsinteresses. In der Diplomarbeit von KEIL (2002) werden am Beispiel des Einzugsgebietes des Xiangxi die Auswirkungen des Drei-Schluchten-Projektes auf die sozioökonomische Entwicklung untersucht; der Xiangxi ist der von der Drei-Schluchten-Staumauer aus betrachtet erste größere Zufluss in den zukünftigen Stausee aus nördlicher Richtung.

Derzeit wird die Durchführung eines interdisziplinären Forschungsprojektes geplant, in welchem am Beispiel des oben genannten Xiangxi-Einzugsgebietes Möglichkeiten einer ökonomisch und ökologisch nachhaltigen regionalen Landnutzung erarbeitet werden sollen.

Die vorliegende Arbeit über den Einfluss des Drei-Schluchten-Projektes auf die Hochwassersituation am Mittellauf des Yangtze baut auf den angeführten Arbeiten auf, behandelt jedoch auch neue Forschungsinhalte, die sich aus der Lage des Projektes am Yangtze-Oberlauf und aus der bisher wenig beachteten Wirkung auf den Hochwasserschutz ergeben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Lorenz King für die herzliche Aufnahme im Yangtze-Projekt, die Bereitstellung des Themas und die Betreuung dieser Diplomarbeit. Sein Einsatz ermöglichte es mir, an zwei Forschungsreisen nach China sowie an einem deutsch-chinesischem Symposium in Shanghai teilzunehmen.

Des Weiteren danke ich Herrn Prof. Dr. Jiang Tong für die Organisation der beiden Geländeaufenthalte in China sowie für die Beschaffung von bedeutsamer chinesischer Literatur und von Daten.

Bei Herrn Dipl.-Geogr. Marco Gemmer und Herrn Dipl.-Geogr. Martin Metzler möchte ich mich herzlich für die kollegiale Zusammenarbeit, für ihre stete Hilfsbereitschaft und ihre Unterstützung durch konstruktive Kritik bedanken.

Ebenso danke ich Herrn Dr. Stefan Becker, Herrn Dr. Wang Run und Herrn Jens-Philipp Keil für zahlreiche Diskussionen, die mir oftmals zu neuen Ideen verhalfen.

Mein Dank gilt weiterhin sämtlichen chinesischen Projektmitarbeitern, die durch Gespräche oder die Übersetzung der chinesischen Literatur zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen haben. Namentlich erwähnen möchte ich an dieser Stelle Herrn Dr. Ke Changqing, Herrn M. Sc. Kong Xian und Herrn M. Sc. Zhang Qiang.

Zu guter Letzt gilt mein herzlicher Dank meiner Familie und meinen Freunden, die mich während meines Studiums motiviert, unterstützt und beraten haben.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung	1
2	Einige Aspekte zur Ausgangssituation	5
2.1	Die Charakteristiken des Yangtze	5
2.2	Das Klima im Yangtze-Einzugsgebiet	8
2.3	Der Drei-Schluchten-Stausee : Geographische Lage und administrative Gliederung des von der Aufstauung betroffenen Gebietes	13
2.3.1	Geomorphologische Strukturen des zukünftigen Stauseegebietes	13
2.3.2	Sozio-ökonomische Rahmenbedingungen	16
3	Das Drei-Schluchten-Projekt	20
3.1	Die Hauptaufgaben und der Nutzen des Drei-Schluchten-Projektes	20
3.1.1	Hochwasserschutz	20
3.1.2	Energieerzeugung	21
3.1.3	Verbesserung der Schiffbarkeit	25
3.1.4	Kontinuität des Abflusses	26
3.2	Die Durchführung des Projektes	26
3.2.1	Die drei Bauphasen	26
3.2.2	Bauwerke und technische Daten	28
3.2.3	Kennzahlen und Regulierung der Wasserführung im Stausee	31
3.2.4	Projektfinanzierung	32
3.3	Das Drei-Schluchten-Projekt in der Diskussion	33
3.3.1	Geologische Eignung des Damm-Standortes	34
3.3.2	Ablagerung von Sedimenten im Stausee	36
3.3.3	Hangrutschungen	42
3.3.4	Geomorphologische Effekte flussabwärts des Drei-Schluchten-Staudammes	43
3.3.5	Ausbreitung der Infektionskrankheit <i>Schistosomiasis japonica</i>	44
3.3.6	Wasserqualität	47
3.3.7	Umsiedlungsproblematik	49
4	Die Hochwassersituation am Yangtze-Mittellauf	61
4.1	Der Yangtze-Mittellauf	61
4.2	Ursachen der Hochwassergefährdung	63
4.3	Historische Hochwasserereignisse	65

4.4	Der Beitrag des Drei-Schluchten-Projektes zur Hochwasserminderung	67
4.4.1	Methodisches Vorgehen	67
4.4.1.1	Wahl der Datengrundlage	67
4.4.1.2	Entwicklung eines Modells für den Drei-Schluchten-Stausee	72
4.4.2	Hochwasserszenarien	75
4.4.2.1	Die Hochwasserkatastrophe des Jahres 1998	76
4.4.2.2	Abschätzung der hochwassermindernden Wirkung des Drei-Schluchten-Projektes	84
4.4.3	Allgemeine Einschätzung des Beitrages des Drei-Schluchten-Projektes zum Schutz vor Hochwasserkatastrophen	90
5	Zusammenfassung	91
6	Ausblick	96
7	Quellen	101
7.1	Wissenschaftliche Literatur	101
7.2	Sonstige Literatur	108
7.3	Karten und Atlanten	109
7.4	Digitale Daten	109
7.5	Sonstige Daten	109
Anhang I:	Klassifizierung der seismischen Intensität nach dem China Seismological Bureau	110
Anhang II:	Auflistung der Ergebnisse aus der Berechnung der Speicherkennlinien des Drei-Schluchten-Stausees auf der Grundlage von GTOPO30	112
Anhang III:	Auflistung der Ergebnisse aus der Berechnung der Stauinhaltslinie des Drei-Schluchten-Projektes auf der Grundlage des Modells	113
Anhang IV:	Das Hochwasserereignis von 1998: Einsatz des Drei-Schluchten-Staubeckens ab einem Zufluss von 55.000 m ³ /s	115
Anhang V:	Das Hochwasserereignis von 1998: Einsatz des Drei-Schluchten-Staubeckens ab einem Zufluss von 50.000 m ³ /s	118
Anhang VI:	Das Hochwasserereignis von 1998: Einsatz des Drei-Schluchten-Staubeckens ab einem Zufluss von 47.000 m ³ /s	121

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1:	Das Yangtze-Einzugsgebiet _____	6
Abb. 2.2:	Beispiel-Klimastationen im Yangtze-Einzugsgebiet _____	9
Abb. 2.3:	Niederschlagsmaxima im Yangtze-Einzugsgebiet _____	11
Abb. 2.4:	Niederschlagsdiagramme zur Erläuterung von Abbildung 2.3 _____	12
Abb. 2.5:	Der Drei-Schluchten-Stausee mit betroffenen Kreisen, Stadtbezirken und bezirksfreien Städten _____	14
Abb. 2.6:	Reliefdarstellung des von der Aufstauung betroffenen Gebietes _____	15
Abb. 2.7:	Bevölkerungsverteilung im betroffenen Gebiet im Jahr 1998 _____	17
Abb. 2.8:	Bruttoinlandsprodukte der Provinzen der VR China für die Jahre 1996 und 1998 _____	18
Abb. 2.9:	Bruttoinlandsprodukte der betroffenen Kreise, Stadtbezirke und bezirksfreien Städte _____	18
Abb. 3.1:	Prozentuale Verteilung der genutzten Energiequellen im Jahr 2000 _____	23
Abb. 3.2:	Prozentuale Verteilung des Energieverbrauchs nach Sektoren im Jahr 1999 _____	23
Abb. 3.3:	Die Bauphasen des Drei-Schluchten-Staudammes _____	27
Abb. 3.4:	Lageplan der einzelnen Komponenten des Drei-Schluchten-Projektes _____	29
Abb. 3.5:	Sedimentfracht des Yangtze an der Messstation in Yichang in Millionen t _____	37
Abb. 3.5:	Umsiedlungen für das Drei-Schluchten-Projekt _____	49
Abb. 4.1:	Der Yangtze-Mittellauf _____	61
Abb. 4.2:	Der maskierte Bereich im digitalen Höhenmodell GTOPO30 _____	69
Abb. 4.3:	Stauflächenlinie des Drei-Schluchten-Stausees auf der Grundlage von GTOPO30 _____	70
Abb. 4.4:	Stauinhaltslinie des Drei-Schluchten-Stausees auf der Grundlage von GTOPO30 _____	71
Abb. 4.5:	Modell des Drei-Schluchten-Stausees _____	73
Abb. 4.6:	Seitenansicht des Staubeckens _____	74
Abb. 4.7:	Stauinhaltslinie des Drei-Schluchten-Stausees auf der Grundlage des Modells _____	75
Abb. 4.8:	Gesamtniederschlag in mm für den Monat Juni des Jahres 1998 _____	77
Abb. 4.9:	Gesamtniederschlag in mm für den Monat Juli des Jahres 1998 _____	78
Abb. 4.10:	Gesamtniederschlag in mm für den Monat August des Jahres 1998 _____	78
Abb. 4.11:	Die Weststadt von Jiujiang nach dem Deichbruch vom 7. August 1998 _____	80
Abb. 4.12:	Deichbrüche im Einzugsgebiet des Yangtze im Jahr 1998 _____	83
Abb. 6.1:	Das South-to-North-Water-Diversion-Project _____	97

Fotoverzeichnis

Foto 3.1:	Der Gezhouba-Staudamm _____	25
Foto 3.2:	Die Baustelle des Drei-Schluchten-Projektes _____	28
Foto 3.3:	Errichtung der Schleuse des Drei-Schluchten-Projektes _____	30
Foto 3.4:	Neue Stadt im Kreis Zigui _____	53
Foto 3.5:	Hinweisschild nahe der Mündung des Xiangxi _____	54
Foto 3.6:	Unterschiede in der Siedlungsstruktur _____	55
Foto 4.1:	Jingjiang-Deich bei Shashi _____	63
Foto 4.2:	Deich zum Schutz des Gong'an Sicherheitsdistriktes im Jingjiang-Hochwasserrückhaltebecken _____	65

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1:	Die Flussabschnitte des Yangtze _____	7
Tab. 3.1:	Technische Daten der Bauwerke des Drei-Schluchten-Projektes _____	31
Tab. 3.2:	Kennzahlen des Drei-Schluchten-Stausees _____	32
Tab. 3.3:	Geplante Abwasserreinigungsanlagen im Gebiet des Drei-Schluchten-Stausees _____	48
Tab. 4.1:	Hochwasserkatastrophen am Yangtze im 20. Jahrhundert und durch diese entstandene Schäden _____	66
Tab. 4.2:	Datenquellen des GTOPO30 Höhenmodells _____	68
Tab. 4.3:	Hochwasserwellen der Hochwasserkatastrophe von 1998 an der Messstation in Yichang _____	80
Tab. 4.4:	Abflussmengen am Yangtze im Jahr 1998 im Vergleich zu Rekordmessungen _____	81
Tab. 4.5:	Pegelstände im Jahr 1998 im Vergleich zu Rekordmessungen _____	82

1 Einleitung und Zielsetzung

Das Drei-Schluchten-Projekt ist eines der weltweit am meisten umstrittenen Großbauprojekte. Die Diskussionen sind jedoch nicht erst mit dem Beginn des Baus aufgeflammt; vielmehr durchziehen sie das gesamte 20. Jahrhundert.

Die Geschichte des Drei-Schluchten-Projektes reicht zurück bis in das Jahr 1919. Schon zu dieser Zeit plante der Gründer und Parteiführer der Nationalen Volkspartei (Guomindang) Dr. Sun Yatsen die Regulierung des Yangtze mit Hilfe eines Staudammes. Hierdurch sollte die Energie des Wassers nutzbar und das Binnenland mit dem Schiff erreichbar gemacht werden. Sein Nachfolger Chiang Kaishek entwickelte konkrete Pläne, den Yangtze im Bereich der drei Schluchten aufzustauen. China beauftragte im Jahre 1944 Wasserbauingenieure des US Bureau of Reclamation mit der Dammplanung, die eine Stelle bei Sandouping nahe am heutigen Entstehungsort des Dammes vorschlugen. Diese Pläne zerschlugen sich jedoch 1947 wegen des chinesischen Bürgerkrieges (vgl. ZHANG 2000, S. 8).

Nach der Hochwasserkatastrophe am Yangtze von 1949 wurde eine Studie zur möglichen Hochwasserregulierung über vier kleinere Stauseen angefertigt. Die drei Hauptzuflüsse des Yangtze-Oberlaufes sowie der Yangtze selbst oberhalb von Yibin sollten aufgestaut werden. Das Ergebnis dieser Studie zeigte jedoch, dass diese vier Stauseen die Hochwassergefahr für den Yangtze-Mittel- und -Unterlauf nicht entscheidend hätten mindern können (vgl. YAO 1991, S. 5 f.).

Mao Zedong, der Gründer und erste Präsident der Volksrepublik China, verfolgte im Anschluss an diese Studie die Idee, durch einen Damm im Bereich der drei Schluchten die Fluten des Yangtze kontrollieren und somit Hochwasserkatastrophen verhindern zu können. Das verheerende Hochwasserereignis im Jahre 1954, bei dem etwa 33.000 Menschen starben (vgl. JIANG 2000, S. 43), unterstrich diese Notwendigkeit zusätzlich. In den folgenden Jahren wurde die Planung des Projektes mit Unterstützung der Sowjetunion fortgesetzt, bis es 1960 zum Bruch der staatlichen Beziehungen kam (vgl. BARBER & RYDER 1993, S. 3). Während der ersten Hälfte der 1960er Jahre betrieben chinesische Wissenschaftler weiterhin Grundlagenforschung für die Durchführung des Drei-Schluchten-Projektes. Zur Zeit der Kulturrevolution zwischen 1966 und 1969 wurde die Forschungsarbeit unterbrochen, denn Mao Zedong hielt es für unklug, die Durchführung eines derartigen Projektes zu erwägen, während man sich für einen Krieg rüste (vgl. HONG 1993, S. 53 f.).

Im Jahre 1970 wurde mit dem Bau des kleineren Gezhouba-Staudammes bei Yichang etwa 40 km flussabwärts der Baustelle des Drei-Schluchten-Staudammes begonnen. Die Errichtung des größeren Drei-Schluchten-Staudammes wurde aufgrund technischer und finanzieller Probleme sowie divergierender regionaler Interessen aufgeschoben. Die Stadt Chongqing favorisierte beispielsweise eine möglichst hohe Staumauer, um für hochseegängige Frachter erreichbar zu sein und somit ihre Hafenfunktion zu stärken. Die Stadt Shanghai befürchtete hingegen, dass bei einer zu großen Dimensionierung des Drei-Schluchten-Projektes durch die Abnahme der Sedimentfracht Salzwasser ins Mündungsgebiet des Yangtze intrudieren und das dortige Ökosystem gefährden könnte (vgl. MEIER-HILBERT 1997a, S. 359). Der Bau des Gezhouba-Staudammes sollte nützliche Erfahrungen für die Durchführung des größeren Drei-Schluchten-Projektes bringen.

Nach Mao Zedongs Tod im Jahre 1976 wurde die Idee des großen Projektes wieder aufgegriffen. Im Anschluss an eine Studie U.S.-amerikanischer Spezialisten schlug ein U.S.-Firmenkonsortium 1985 vor, den Drei-Schluchten-Damm in einem Joint Venture mit der chinesischen Regierung zu bauen (vgl. BARBER & RYDER 1993, S. 5 f.). Auch die kanadische International Development Agency empfahl in einer Machbarkeitsstudie 1988 einen baldigen Baubeginn (vgl. WCD 2000, S. 13). Wegen wirtschaftlicher Schwierigkeiten wurde das Projekt jedoch aufgeschoben. Im darauffolgenden Jahr gab der Vizepremier Yao Yilin bekannt, das Projekt werde vor allem wegen seiner möglichen ökologischen Auswirkungen zurückgestellt und müsse tiefgreifender untersucht werden (vgl. WÖHLERT 1999).

Im Jahr 1992 gelang es Chinas damaligem Ministerpräsidenten Li Peng trotzdem, das Projekt politisch durchzusetzen, allerdings „nur“ mit einer Zweidrittelmehrheit des Nationalen Volkskongresses. Folgende Argumente für den Bau des Drei-Schluchten-Staudammes wurden vorgetragen und leiteten letztendlich die Durchführung des Projektes ein (vgl. CTGPC 2000, S. 2 f.):

- 1. Schutz vor Hochwasser:** Durch ein Flutkontrollvolumen von 22,15 km³ wird es möglich, den Mittellauf des Yangtze vor einem 100-jährlichen Hochwasser zu schützen, das heißt vor einem Hochwasser, das im Mittel über viele Jahrhunderte gesehen einmal in 100 Jahren erreicht oder überschritten wird (vgl. PLATE 1996, S. 510). Bis jetzt ist dieser Bereich nur vor einem 10-jährlichen Hochwasser gesichert.
- 2. Erzeugung von Hydroenergie:** Mit der jährlichen Erzeugung von ca. 85 GWh Strom und einer maximalen Generatorenleistung von 18.200 MW wird das Drei-Schluchten-Projekt einen erheblichen Beitrag zur Verminderung der Kohlendioxidemissionen leisten können, denn die chinesische Stromerzeugung beruht vorwiegend auf Kohlekraft. Zum Vergleich: Die derzeit größte Generatorenleistung besitzt das Itaipu-

Wasserkraftwerk am Paranã mit 12.600 MW (vgl. ITAIPU BINACIONAL 1997, S. 12). Die erzeugte Energie soll die wirtschaftliche Entwicklung Zentralchinas ankurbeln und die Energieversorgung der Küstenstädte im Osten der VR China garantieren.

3. **Verbesserung der Schiffbarkeit:** Das Drei-Schluchten-Projekt wird Frachtern bis zu 10.000 t den Schiffsweg von der Küste bis nach Chongqing, der bevölkerungsreichsten Stadt Chinas und dem Zentrum der Schwerindustrie, ermöglichen. Zu Zeit ist es nur Schiffen bis maximal 3.000 t möglich, den Bereich der drei Schluchten zu passieren. Die verbesserte Schiffbarkeit soll zur ökonomischen Eingliederung und Entwicklung des Raumes beitragen.
4. **Kontinuität des Abflusses:** Der Niedrigwasserabfluss kann von etwa 3.000 m³/s auf über 5.000 m³/s angehoben werden. Hierdurch wird eine Verbesserung der Schiffbarkeit im Mittellauf des Yangtze erreicht, und es wird mehr Wasser zur Bewässerung in der Landwirtschaft zur Verfügung stehen. Des Weiteren wird durch den erhöhten Niedrigwasserabfluss die Bereitstellung von Wasser für den geplanten Wassertransfer von Süden in den trockenen Norden zum Huanghe gewährleistet.

Die Vorarbeiten für den Bau des Drei-Schluchten-Staudammes begannen 1993 bei Sandouping etwa 40 km stromaufwärts der Stadt Yichang.

Nach den internen Diskussionen wurde und wird das Drei-Schluchten-Projekt in den Medien diskutiert und häufig kritisiert. Die häufigsten Punkte dieser Art sollen hier nur kurz angeführt werden; die zitierte Literatur ist exemplarisch zu verstehen:

- Die für die Durchführung des Projektes notwendigen Umsiedlungen werden kritisiert (vgl. ADAMS & RYDER 1998, S. 688; JACKSON & SLEIGH 2001, S. 66).
- Die Fähigkeit zur Hochwasserminderung wird angezweifelt (vgl. ERLING 1996; EDMONDS 2000, S. 165).
- Fragen über Stauraumverlust durch Sedimentation werden laut (vgl. KING, GEMMER & METZLER 2002, S. 42). Die Sedimentation könne im Laufe der Zeit zu Behinderungen in der Schifffahrt führen (vgl. MEIER-HILBERT 1997a, S. 362).
- Die Verschmutzung des Reservoirs ist ein weiterer Kritikpunkt (vgl. RITTER 2001, S. 27).
- Es wird infrage gestellt, dass der Staudamm an einem geologisch geeigneten Standort errichtet wird (vgl. HEESCH 1996, S. 86).
- Eine Ausbreitung der Infektionskrankheit *Schistosomiasis japonica* bei den in den Bewässerungsgebieten arbeitenden Bauern wird befürchtet (vgl. ADAMS 1995).

- Die Überflutung von zahlreichen historisch bedeutsamen Orten wird verurteilt, weil nur wenige der betroffenen Sehenswürdigkeiten durch Auslagerung gerettet werden könnten (vgl. EDMONDS 2000, S. 173).

Wie aufgezeigt, sind die Punkte, die Anlass zur Diskussion geben, mannigfaltig. Die Geographie als integrative Wissenschaft bietet sich daher für eine detaillierte Betrachtung des Drei-Schluchten-Projektes an. Dies bedeutet, dass seine Vor- und Nachteile objektiv abgewogen werden.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine detaillierte Betrachtung des Drei-Schluchten-Projektes. Die angeführten Kritikpunkte werden hierbei diskutiert, und es erfolgt eine Gegenüberstellung der kritischen Stimmen mit den offiziellen Aussagen. Diese Diskussion wird mit den Ergebnissen unabhängiger Studien aus internationalen Fachzeitschriften vervollständigt, die bis auf eine Ausnahme sämtliche Punkte abdecken. Der Beantwortung der Frage, ob das Drei-Schluchten-Projekt die Prognose zum Schutz vor Hochwasserereignissen am Mittellauf des Yangtze erfüllen kann, wurde bisher in internationalen Publikationen kaum Beachtung geschenkt. Daher werden in der vorliegenden Arbeit eigene Berechnungen vorgestellt, die eine Beantwortung dieser Frage ermöglichen.

Um die dargelegte Zielsetzung erreichen zu können, wird folgende Vorgehensweise gewählt:

In **Kapitel 2** werden die hydrologischen, geomorphologischen und klimatischen Grundzüge des Yangtze-Einzugsgebietes beschrieben, wobei das Gebiet des zukünftigen Stausees einen Schwerpunkt bildet. Zudem wird die geographische Lage des zukünftigen Stausees bestimmt, die administrative Gliederung des von den aufgestauten Wassermassen betroffenen Gebietes wird vorgestellt, und die sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen werden angeführt. In **Kapitel 3** werden die Vorteile und Ziele benannt, welche die chinesische Regierung an den Bau des Drei-Schluchten-Staudammes knüpft, und nach einer Beschreibung der Projektdurchführung werden diese den Einwänden, die von Gegnern des Drei-Schluchtenprojektes geäußert werden, gegenübergestellt. In **Kapitel 4** wird der Yangtze-Mittellauf und die dortige Hochwasserproblematik deskriptiv dargestellt, und es werden eigene Berechnungen vorgestellt, die eine Einschätzung der Fähigkeit des Drei-Schluchten-Projektes, die Hochwassergefahr am Yangtze-Mittellauf zu mindern, ermöglichen. Es werden Szenarien für die möglichen Auswirkungen der Hochwasserwellen von 1998 bei vorhandenem Stausee betrachtet. In **Kapitel 5** erfolgt nach einer Zusammenfassung auf der Basis von Kapitel 3 und 4 eine eigene Einschätzung des Drei-Schluchten-Projektes. Abschließend gibt **Kapitel 6** mit der Betrachtung weiterer geplanter Wasserbauprojekte im Einzugsgebiet des Yangtze einen Blick in die Zukunft.

2 Einige Aspekte zur Ausgangssituation

In diesem Kapitel werden die Charakteristiken des Yangtze und die großräumigen geomorphologischen Strukturen des Yangtze-Einzugsgebietes beschrieben. Die klimatische Situation wird dargestellt, um die natürliche Hochwasserproblematik aufzuzeigen. Die geographische Lage des zukünftigen Drei-Schluchten-Stausees wird bestimmt, und die administrative Gliederung des ihn umgebenden Raumes wird vorgestellt. Hiernach erfolgt eine Beschreibung der regionalen geomorphologischen Strukturen. Abschließend werden Bevölkerungs- und Wirtschaftsdaten der Region aufgeführt, die in den Gesamttraum VR China eingeordnet werden. Dieses Kapitel dient der Einführung in den Natur- und Wirtschaftsraum und stellt die Grundlage für die Kapitel 3 und 4 dar.

2.1 Die Charakteristiken des Yangtze

Der Yangtze nimmt mit einer Länge von 6.300 km die Position des drittlängsten Flusses der Erde ein. Sein 1.808.500 km² umfassendes und somit weltweit viertgrößtes Einzugsgebiet¹ erstreckt sich über drei große topographische Stufen mit einem Höhengefälle von West nach Ost (vgl. JIANG 2000, S. 34).

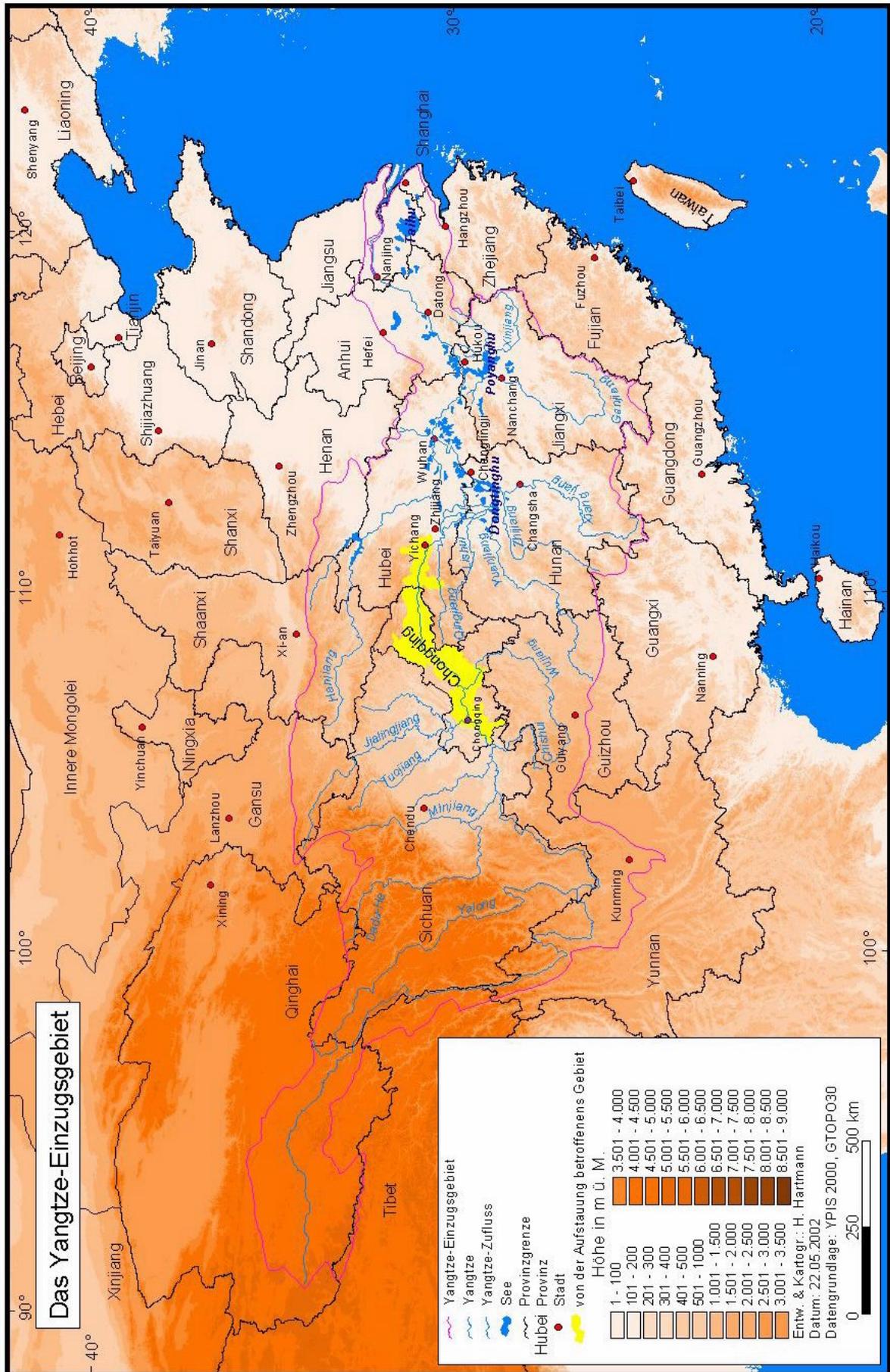
Der Yangtze entspringt im Südwesten der Provinz Qinghai im Hochland von Tibet, das mit einer durchschnittlichen Höhe von 4.000 m ü. M. die höchste topographische Stufe Chinas bildet. In der Provinz Sichuan erreicht er die zweite topographische Stufe, die Stufe der zentralen Gebirge und Plateaus. Diese besteht aus Plateaus und Becken mit Höhen zwischen 1.000 und 2.000 m ü. M., welche von Gebirgen mit über 3.000 m Höhe umrandet werden (vgl. ZHAO 1994, S. 15). In die am tiefsten gelegene dritte topographische Stufe Chinas tritt der Yangtze in der Provinz Hubei ein. Diese setzt sich zusammen aus dem Hügelland, das eine Höhe von bis zu 1.000 m ü. M. erreicht, und der Tiefebene, in der 200 m ü. M. nicht überschritten werden. (vgl. ZENG 1992, S. 1). Abbildung 2.1 zeigt das Relief im Yangtze-Einzugsgebiet.

Auf seinem Weg vom Hochland von Tibet bis zu seiner Mündung in das Ostchinesische Meer durchfließt der Yangtze die Provinzen Qinghai, Tibet, Yunnan, Sichuan, die Municipality² Chongqing, die Provinzen Hubei, Hunan, Jiangxi, Jiangsu und die Municipality Shanghai.

¹ Zum Vergleich: Die Länge des Rheins beträgt 1.320 km, und sein Einzugsgebiet umfasst 185.000 km² (vgl. IKSR 2002).

² Der Begriff Municipality wird im deutschsprachigen Raum üblicherweise mit dem Terminus „regierungsunmittelbare Stadt“ übersetzt. Regierungsunmittelbare Städte haben den Status einer Provinz. Insgesamt zählt die VR China vier regierungsunmittelbare Städte: Shanghai, Beijing, Tianjin und Chongqing.

Abb. 2.1: Das Yangtze-Einzugsgebiet



Der Lauf des Yangtze wird in verschiedene Abschnitte unterteilt, die durch folgende Größen gekennzeichnet sind:

Tab. 2.1: Die Flussabschnitte des Yangtze

	Oberlauf	Mittellauf	Unterlauf
Länge in km	4.504	955	938
Gefälle in m	5.100	~40	<20
Anfangs- und Endstation	Quelle (Qinghai) bis Yichang (Hubei)	Yichang (Hubei) bis Hukou (Jiangxi)	Hukou (Jiangxi) bis Mündung (Jiangsu)
Größe des Einzugsgebietes in km ²	1.000.000	680.000	120.000

Quelle: verändert nach GEMMER 2000, S. 10

Der Yangtze-Oberlauf erstreckt sich von den Quellflüssen Tuotuo und Tongtian bis nach Yichang in der Provinz Hubei. Bedeutende Zuflüsse in den Oberlauf des Yangtze sind der Yalong, der mit etwa 1.500 km längste Nebenfluss dieses Streckenabschnittes, und der in Yibin in den Yangtze mündende Minjiang (vgl. Krieg et al. 1998, S. 568). Bis hierhin hat der Yangtze reinen Gebirgsflusscharakter und wird erst ab dieser Stelle schiffbar (vgl. WOLLESEN et al. 1999, S. 25). Westlich von Yibin erreicht er das „Sichuan Becken“, das aufgrund der weitverbreiteten roten Sandsteine auch als „Rotes Becken“ bekannt ist. Weitere bedeutsame Zuflüsse des Yangtze-Oberlaufes sind der in Luzhou zufließende Tuojiang und der in der Stadt Chongqing in den Yangtze mündende Jialingjiang. Im Osten der Municipality Chongqing durchschneidet der Yangtze das Wu-Gebirge, dessen Gipfel Höhen über 1.000 m erreichen. Dieser fast 300 km lange Abschnitt mit einem Gefälle von 120 m ist unter dem Namen „Drei-Schluchten-Gebiet“ weltbekannt (vgl. KING, GEMMER & METZLER 2002, S. 39).

Die hydrologische Messstation in Yichang, am Ende der Xilinig-Schlucht, markiert den Beginn des Yangtze-Mittellaufes. Der Yangtze erreicht in diesem Streckenabschnitt die flachen ostchinesischen Tiefebene, einen durch Hochwasser stark gefährdeten Bereich. Eine detaillierte Charakterisierung dieses Flussabschnitts erfolgt in Kapitel 4.1.

Der Unterlauf des Yangtze beginnt ab der hydrologischen Messstation in Hukou, flussabwärts der Einmündung des größten chinesischen Sees, des Poyangsees. Unterhalb der Stadt Datong wird der Abfluss von den Meeresgezeiten beeinflusst. Die Breite des Yangtze beträgt in diesem Streckenabschnitt generell über 1.000 m. Entscheidender Einfluss auf die Hochwassergefahr am Unterlauf des Yangtze geht vom Taisee aus, dem drittgrößten See Chinas (vgl. GEMMER 2000, S. 10).

2.2 Das Klima im Yangtze-Einzugsgebiet

Das Yangtze-Einzugsgebiet erstreckt sich über verschiedene Klimazonen. Die klimatische Einordnung erfolgt nach der Köppenschen Klimaklassifikation. Für die aufgeführten Klimatypen sind im Anschluss Klimadiagramme von Beispielstationen abgebildet (siehe Abbildung 2.2).

Ein großer Teil des Einzugsgebietes des Yangtze-Unter- und -Mittellaufes zählt nach der Köppenschen Klimaklassifikation zum Klimatyp „Cfa“ (Station Wuhan). Diese Einordnung drückt aus, dass in diesem Raum ein warmgemäßigtes Feuchtklima mit kühler Jahreszeit herrscht, in dem die Monatsmitteltemperatur des kältesten Monats zwischen 18 °C und -3 °C liegt und die des wärmsten Monats 22 °C überschreitet. Die Niederschläge fallen ganzjährig; die Niederschlagsschwankungen sind in den einzelnen Monaten des Jahres geringer als unter wintertrockenen und sommertrockenen Bedingungen (vgl. STRÄBER 1998, S. 13 f.).

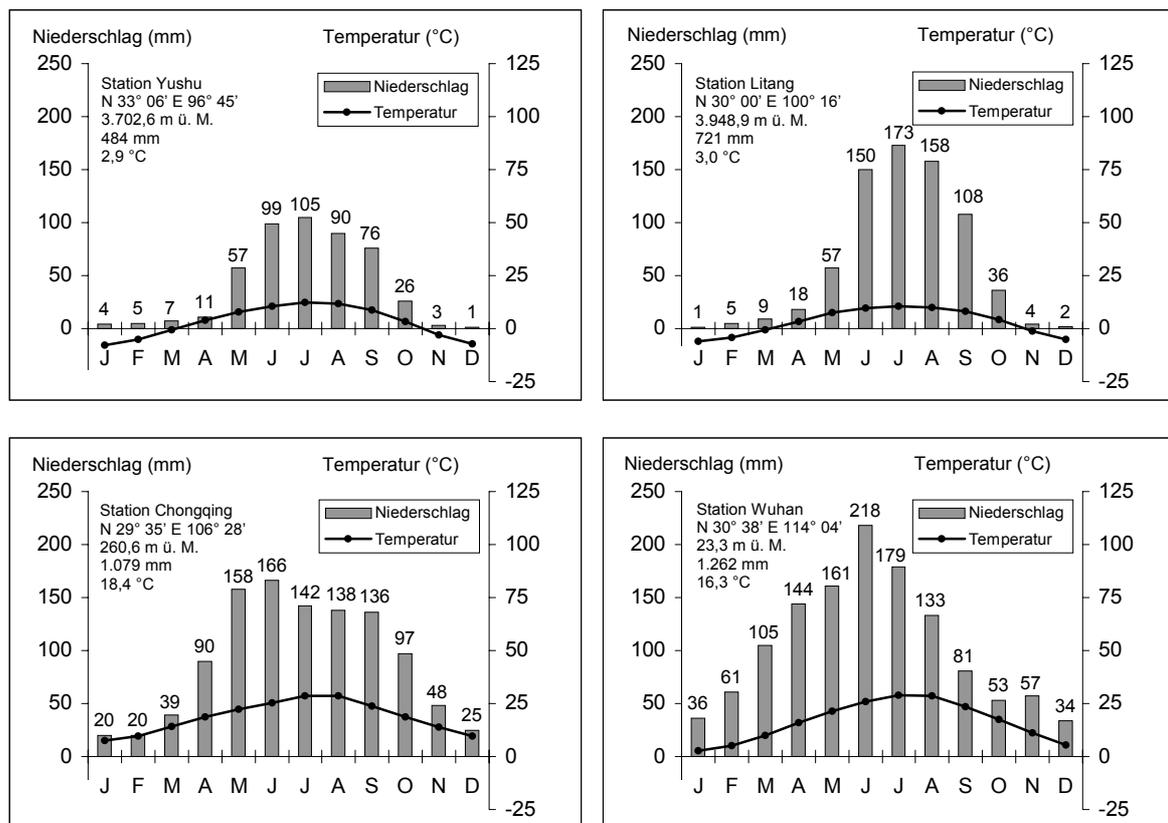
Das Einzugsgebiet des Oberlaufes ist im Osten überwiegend den „Cwa“-Klimaten (Station Chongqing) zuzuordnen, den warmgemäßigten, wintertrockenen (der regenreichste Monat der wärmsten Jahreszeit bringt mehr als zehnmal soviel Niederschlag wie der regenärmste Monat der kältesten Jahreszeit) Feuchtklimaten mit kühler Jahreszeit (vgl. LAUER 1995, S.194). Der Übergang von den ganzjährigen Niederschlägen hin zu wintertrockenem Klima ist mit dem Übertritt von der niedrigsten topographischen Stufe zur nächst höheren zu begründen.

Der Bereich des Einzugsgebietes des Yangtze-Oberlaufes im Westen, welcher der höchsten topographischen Stufe zuzuordnen ist, zählt größtenteils zu den „Dwc“-Klimaten (Station Litang und Station Yushu). Die D-Klimate umfassen die humiden Klimate der winterkalten Zonen, die sogenannten Schnee-Wald-Klimate. Die mittlere Temperatur des kältesten Monats liegt unter -3 °C, die Mitteltemperatur des wärmsten Monats über 10 °C. Auch hier liegt Wintertrockenheit vor (siehe oben). Die Einordnung „c“ drückt aus, dass in nur ein bis drei Monaten das Temperaturmittel über 10 °C liegt (vgl. STRÄBER 1998, S. 71).

Wie aus den Klimadiagrammen hervorgeht, nehmen die mittleren jährlichen Niederschläge mit zunehmender Kontinentalität ab. Die Niederschläge fallen pointierter und beschränken sich hauptsächlich auf die Monate Mai bis September. Anhand der vier Diagramme wird deutlich, dass der niederschlagsreichste Monat der östlich gelegenen Beispielstationen der Juni ist; im Westen, das heißt im Einzugsgebiet des Yangtze Oberlaufes, weisen die Beispielstationen die größten Niederschlagsmengen im Monat Juli

auf. Diese Niederschlagsverteilung impliziert eine natürliche Hochwassergefahr. Sie wird daher im Folgenden genauer betrachtet, und die Ursachen, die eine derartige Verteilung der Niederschläge bewirken, werden beschrieben.

Abb. 2.2: Beispiel-Klimastationen im Yangtze-Einzugsgebiet (Datenreihen von 1951-1980)



Quelle: Eigene Darstellung auf der Grundlage von DOMRÖS & PENG 1988

Der chinesische Monsun

Der Monsun ist nach ALLISSOW, CHROMOW und FLOHN definiert durch einen jahreszeitlichen Wechsel der Hauptwindrichtung zwischen Sommer und Winter um mehr als 120° . FLOHN ordnet den chinesischen Monsun als außertropischen Monsun mit einem eigenständigen Wind- und Drucksystem ein, unter anderem, weil der jahreszeitliche Wechsel der Hauptwindrichtung um mehr als 120° , wie unten aufgezeigt wird, nicht in jedem Jahr gegeben ist. Dies ist eine der Eigenschaften, die ihn vom innertropischen Monsun Süd- und Südostasiens unterscheidet (vgl. DOMRÖS & PENG 1988, S. 41).

Der Wintermonsun tritt in zwei Formen auf, als „aktiver“ und als „schwacher“ Wintermonsun. Die beiden verschiedenen Formen resultieren aus der unterschiedlichen Ausprägung der sibirischen Antizyklone und des Aleutentiefs. Bei intensiver Ausprägung sowohl der sibirischen Antizyklone als auch des Aleutentiefs ist das Luftdruckgefälle und somit die Gradient-Kraft groß. In diesem Fall spricht man vom „aktiven“ Wintermonsun, den von Norden her zur Ostküste Chinas ziehende Kältewellen charakterisieren. Die Temperaturen erreichen Tiefstwerte. Während des „schwachen“ Wintermonsuns ist die sibirische Antizyklone schwach ausgebildet, das Aleutentief hingegen ist stark ausgeprägt. Das Luftdruckgefälle ist folglich gering, und die Gradient-Kraft beziehungsweise der Gradientwind ist schwach ausgeprägt. Vorherrschende Westwinde verhindern während des „schwachen“ Wintermonsuns das Einbrechen von Kältewellen (vgl. DOMRÖS & PENG 1988, S. 45 f.).

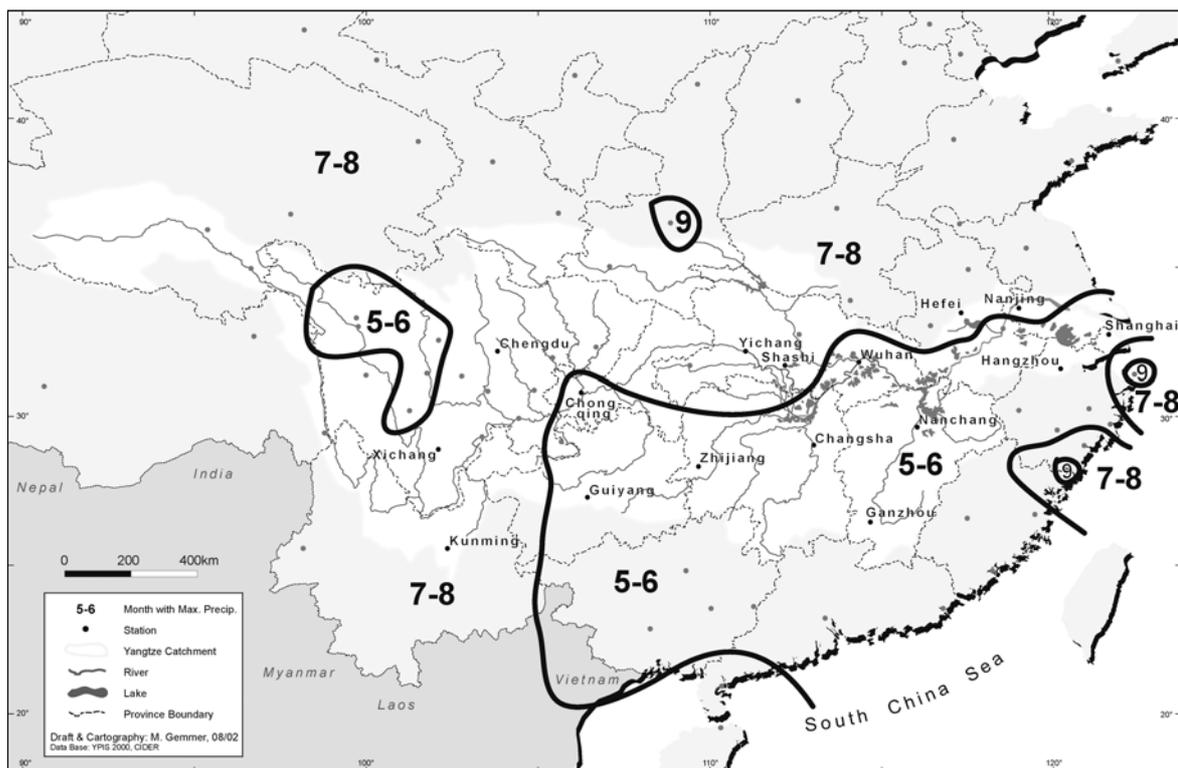
Den Übergang zwischen Winter- und Sommermonsun kennzeichnet das Einsetzen des „Mei-Yu“-Regens, der aufgrund der in diese Zeit fallenden Pflaumenreife auch als „Plum-Rain“ bezeichnet wird (vgl. WOLLESEN et al. 1999, S. 25). Die Mei-Yu-Regenfront zieht ab dem Monat Mai aus den Subtropen kommend nach Norden und erreicht das Yangtze-Einzugsgebiet durchschnittlich am 10. Juni. Sie bringt einen Dauernieselregen, der von einzelnen Regenschauern begleitet wird (vgl. DOMRÖS & PENG 1988, S. 62 f.).

Die Ursachen dieses Phänomens sollen hier kurz angerissen werden. Von März bis April verdoppelt sich über dem Hochland von Tibet die Netto-Energie-Einnahme, und bis zum Juni vervierfacht sie sich beinahe. Das Hochland wird relativ zur umgebenden Atmosphäre gleicher Höhenlage zu einer effektiven Wärmequelle. Dies bedingt die Entwicklung eines oberflächennahen Hitzetiefs und einer sich darüber ausbildenden Höhenantizyklone. Das oberflächennahe Hitzetief sorgt für das Einströmen feuchter, warmer Luftmassen von SE über Südost-China. Des Weiteren resultiert aus dem Zusammenwirken von Hitzetief und mitteltroposphärischem Subtropenhoch, welches vom Pazifik bis in den Südosten Chinas reicht, eine mächtige Monsunströmung, die am Rand

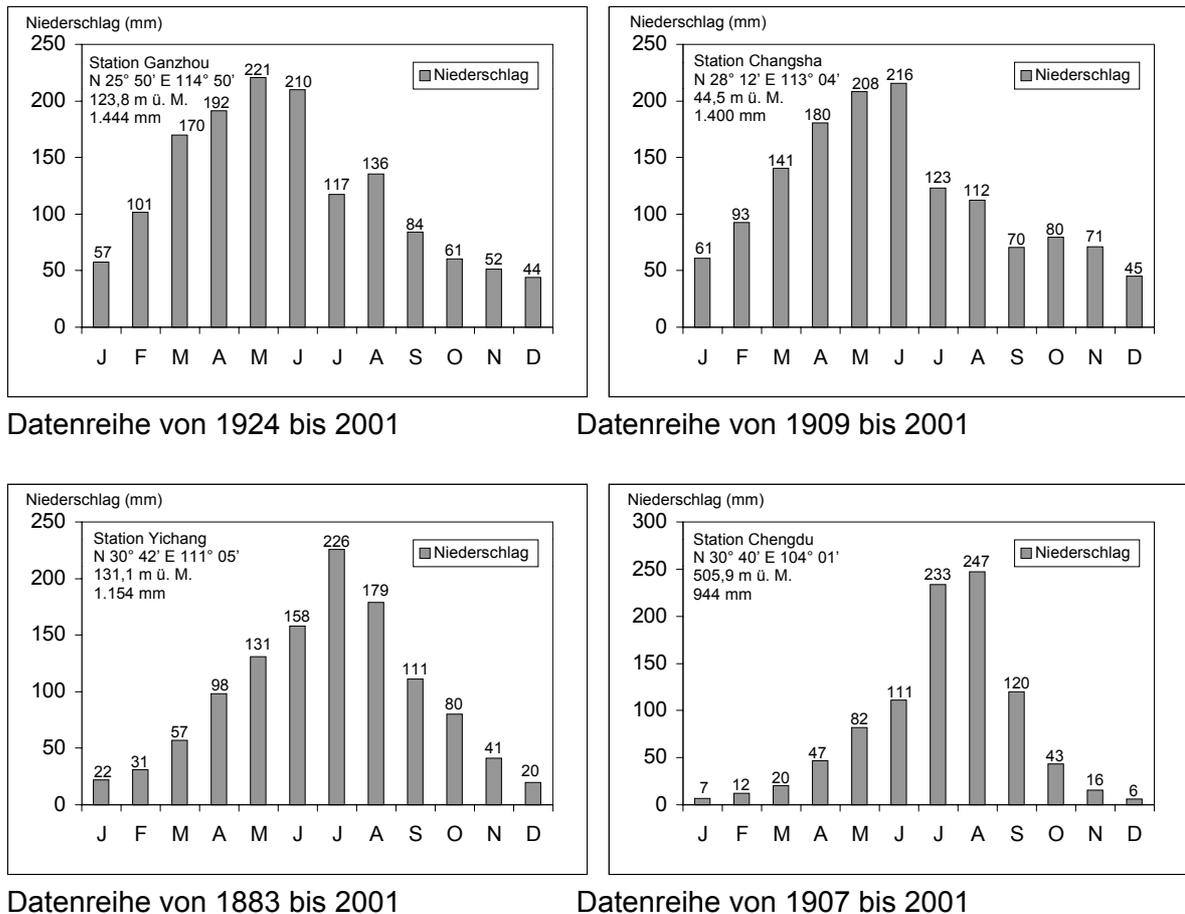
der topographisch höchsten Stufe Chinas feuchte Luft weit nach Norden nach Zentral- und Nordchina transportiert (vgl. WEISCHET & ENDLICHER 2000, S. 508 f.).

Die Niederschläge setzen, wie in Abbildung 2.3 dargestellt, im südöstlichen Yangtze-Einzugsgebiet ein. Die niederschlagsreichsten Monate sind hier Mai und Juni. Die Mei-Yu-Regenfront zieht dann in nordwestliche Richtung weiter und bringt dort maximale Niederschläge in den Monaten Juli und August. Als Beispiel für eine Klimastation, die im langjährigen Mittel maximale Niederschläge im Monat Mai aufweist, ist im Anschluss in Abbildung 2.4 ein Niederschlagsdiagramm der Station Ganzhou abgebildet. Das Niederschlagsdiagramm der Station in Changsha dient als Beispiel für maximale Niederschläge im Monat Juni. In Yichang wurden im langjährigen Mittel maximale Niederschläge im Monat Juli gemessen, und die Klimastation in Chengdu zeigt ein Niederschlagsmaximum im August.

Abb. 2.3: Niederschlagsmaxima im Yangtze-Einzugsgebiet



Quelle: BECKER, GEMMER & JIANG 2002

Abb. 2.4: Niederschlagsdiagramme ausgewählter Stationen im Yangtze-Einzugsgebiet

Quelle: Eigene Darstellung auf der Grundlage von GLOBAL HISTORICAL CLIMATOLOGY NETWORK VERSION 2

Die Schwierigkeiten, die das zeitlich versetzte Eintreten der Niederschläge mit sich bringt, sind offensichtlich. Die Abflussspitzen aus verschiedenen Teileinzugsgebieten können sich überschneiden und Hochwasserereignisse auslösen. Insbesondere die Metropole Wuhan ist durch sich überlagernde Hochwasserwellen gefährdet, wie die Hochwasserereignisse der Jahre 1998 und 2002 verdeutlichen. Zuerst setzen die Niederschläge im Einzugsgebiet des Dongtingsees und des Poyangsees ein, später dann in den Einzugsgebieten des Yangtze-Oberlaufes und des Hanjiangs, der in Wuhan in den Yangtze mündet (siehe Kapitel 4.1). Abhängig von der zeitlichen Abfolge des Einsetzens der örtlichen Niederschläge können sich diese Hochwasserwellen überlagern und langanhaltende Hochwasserpegel verursachen (vgl. GEMMER 2000, S. 22). Durchschnittlich am 10. Juli verlässt die Mei-Yu-Regenfront das Yangtze-Einzugsgebiet und zieht weiter in Richtung Nordchina.

Die dargelegte Hochwasserproblematik entwickelt sich jeweils in Jahren mit einem schwachen Sommermonsun, denn geringe Windgeschwindigkeiten bewirken eine Quasi-Stagnation der Regenfront über dem Yangtze-Einzugsgebiet. In Jahren mit einem starken Sommermonsun hingegen verlagert sich die Mei-Yu-Regenfront schnell nordwärts, und

ein regenarmes als „empty Mei-Yu“ bezeichnetes Ereignis bedroht in Form von Dürre das Yangtze-Einzugsgebiet (vgl. DOMRÖS & PENG 1988, S. 62 f.).

Während der sommerlichen Regenzeit sind auch Taifune als Regenbringer zu nennen, die sich allerdings auf die Küstenregion bis maximal 500 km ins Hinterland hinein beschränken. Die wenige Tage andauernden Taifune treten nicht flächendeckend über größeren Landesteilen auf, sondern sind jeweils auf bestimmte, kleinere Regionen begrenzt (vgl. DOMRÖS 2001, S. 37).

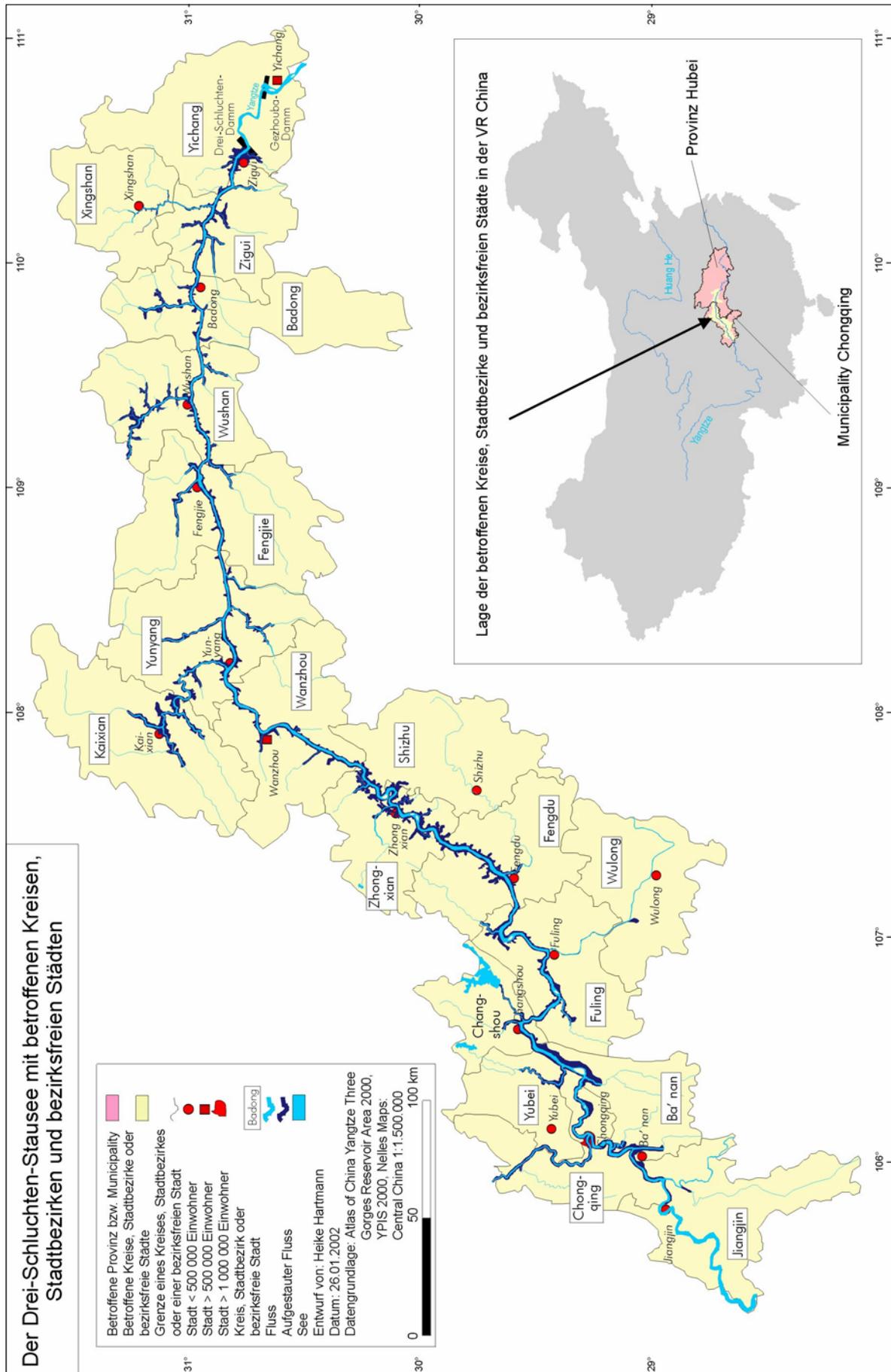
2.3 Der Drei-Schluchten-Stausee: Geographische Lage und administrative Gliederung des von der Aufstauung betroffenen Gebietes

Der Drei-Schluchten-Stausee wird sich zwischen 29° 16' und 31° 25' nördlicher Breite und 106° und 110° 50' östlicher Länge über eine Fläche von 1.084 km² erstrecken (vgl. FANG 2000, S. 162). Insgesamt werden 13 Kreise, 3 Stadtbezirke und 3 bezirksfreie Städte von der Überflutung betroffen sein. Abbildung 2.5 bietet eine Darstellung des zukünftigen Drei-Schluchten-Stausees mit den betroffenen Kreisen, Stadtbezirken und bezirksfreien Städten. Die im Osten gelegenen Kreise Yichang, Zigui, Xingshan und Badong gehören zur Provinz Hubei. Die restlichen Kreise, Stadtbezirke und bezirksfreien Städte unterstehen der im Jahr 1997 von der Provinz Sichuan abgespalteten Municipality Chongqing. Das betroffene Gebiet in der Municipality Chongqing setzt sich administrativ zusammen aus den Stadtbezirken Jiangjin, Ba'nan und Yubei, den bezirksfreien Städten Chongqing, Fuling und Wanzhou sowie den Kreisen Wulong, Changshou, Fengdu, Zhongxian, Shizhu, Kaixian, Yunyang, Fengjie und Wushan (vgl. KRIEG et al. 1998, S. 275 f.).

2.3.1 Geomorphologische Strukturen des zukünftigen Stauseegebietes

Geomorphologisch betrachtet zählt der westliche Teil des Gebietes, das von der Aufstauung des Yangtze durch Verlust von Fläche betroffen sein wird, zum Randbereich des Sichuan-Beckens. Das Sichuan-Becken selbst ist ein riesiges Senkungsfeld, welches ringsum von Gebirgszügen eingeschlossen ist, deren Gipfel Höhen zwischen 1.000 und 3.000 m ü. M. erreichen. Es ist von mehr als 1.000 m mächtigen Sedimenten bis zu Höhen zwischen 300 und 500 m ü. M. aufgefüllt. Die Schichten sind im allgemeinen flach gelagert und werden von sinisch verlaufenden Bergketten durchstoßen, deren Gipfel Höhen von 1.000 m ü. M. überschreiten (vgl. CHEN 1979, S. 69).

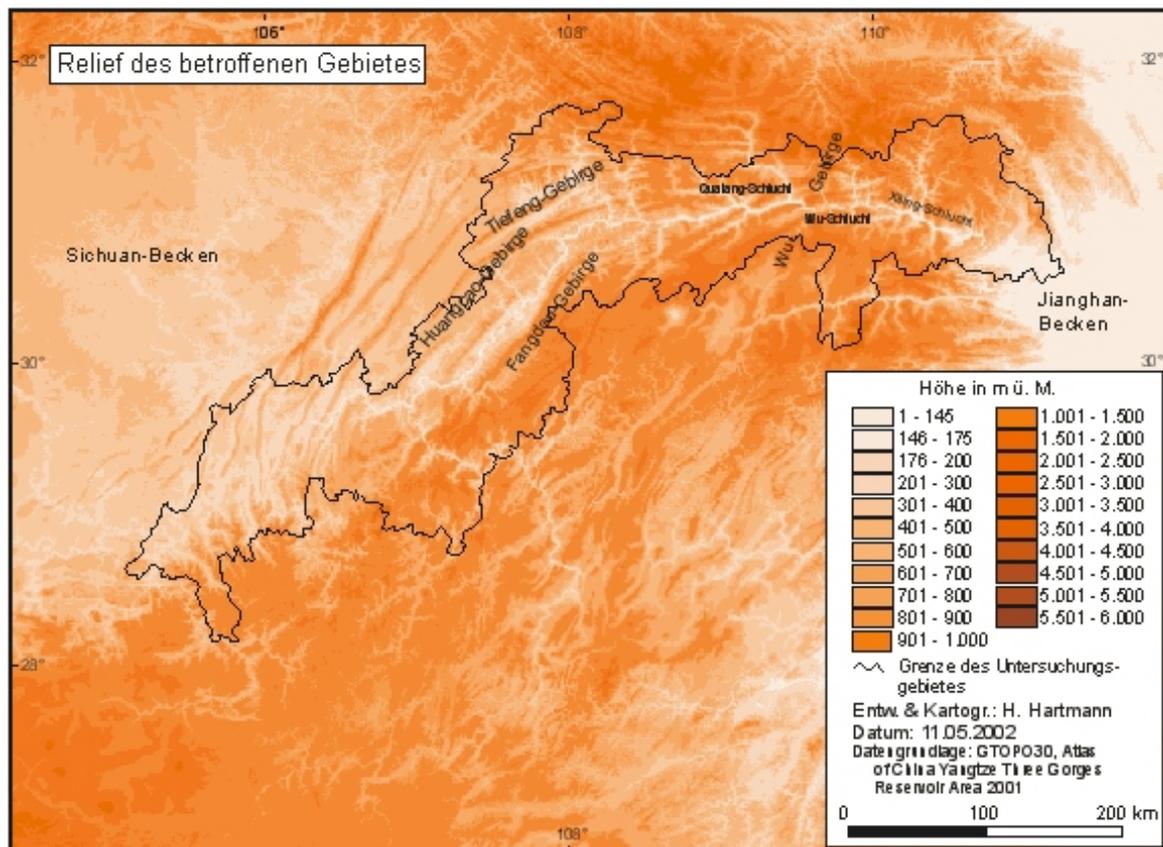
Abb. 2.5: Der Drei-Schluchten-Stausee mit betroffenen Kreisen, Stadtbezirken und bezirksfreien Städten



Der Yangtze verläuft im westlichen Teil des zukünftigen Stausees parallel zu den sinisch verlaufenden Bergketten. Auf der Südseite begrenzt das Fangdou-Gebirge seinen Lauf, auf der Nordseite bilden die Gebirgszüge Huangcao und Tiefeng eine natürliche Grenze. Zwischen den Städten Wanxian und Yunyang ändert der Yangtze seinen Lauf und schneidet sich fortan in östlicher Richtung durch das Wu-Gebirge. Die Stadt Yunyang markiert das östliche Ende des Sichuan-Beckens (vgl. KRIEG et al. 1998, S. 566 f.).

Der östliche Teil des zukünftigen Stausees ist als die „drei Schluchten“ bekannt. Auf einer Länge von knapp 300 km durchschneidet der Yangtze das Wu-Gebirge bei einem Gefälle von 120 m (vgl. KING, GEMMER & METZLER 2002, S. 39). Die Breite der drei steilen Schluchten variiert zwischen 100 und 300 m. Die Enge des Flussbettes bedingt im Zusammenspiel mit der variierenden Wasserführung des Yangtze ein jahreszeitliches Differieren des Wasserstandes um etwa 50 m. Dieser Umstand behindert die ohnehin durch Unterschiede in der Fließgeschwindigkeit zwischen 4 km/h und 25 km/h erschwerte Schifffbarkeit des Streckenabschnittes zusätzlich.

Abb. 2.6: Reliefdarstellung des von der Aufstauung betroffenen Gebietes



Die westlichste der drei Schluchten, die den Namen Qutang-Schlucht trägt, ist mit einer Länge von 8 km die kürzeste der drei Schluchten. Sie weist die geringste Breite auf und gilt daher als die gefährlichste. Die flussabwärts folgende Wu-Schlucht erreicht eine Länge von 40 km und ist von bis zu 900 m hohen Felswänden umgeben. Die östlichste Schlucht, die Xiling-Schlucht, ist mit einer Länge von 78 km die längste der drei Schluchten (vgl. YANG & PRETZSCH 1999, S. 232 f.). Abbildung 2.6 veranschaulicht das Relief.

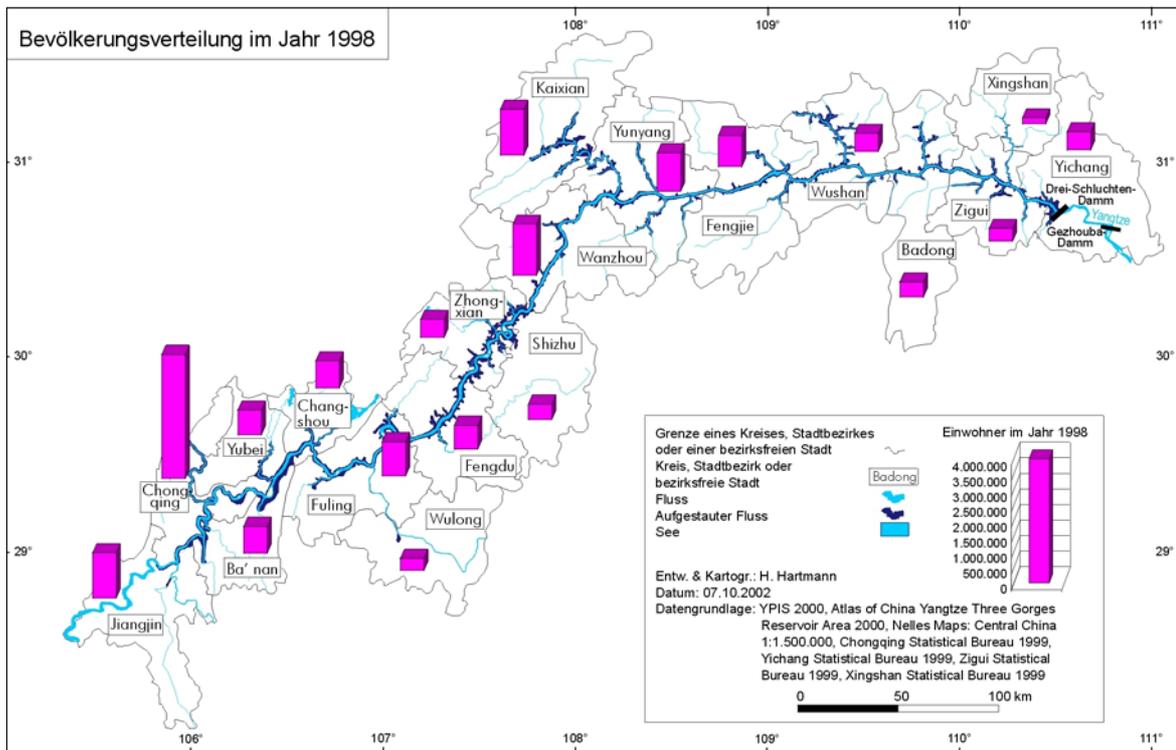
Die Genese der Schluchtenstaffel wird im Folgenden wegen ihres Bekanntheitsgrades und ihrer Bedeutung - nicht zuletzt auch für den Tourismus - genauer betrachtet:

Die Einschneidung des Yangtze durch den heutigen Bereich der drei Schluchten begann im frühen Pleistozän (1,8-1,16 Millionen B.P.). Die Talform der drei Schluchten lässt sich als „Valley within a valley“ beschreiben. Die höher gelegenen Bereiche der Talhänge sind relativ weit geöffnet und bezeugen somit ein ausgewogenes Zusammenspiel von Lateral- und Vertikalerosion. Die tiefer gelegenen Bereiche der Talhänge bilden ein enges Kerbtal. Dieses enge Kerbtal lässt darauf schließen, dass der Bereich der drei Schluchten in jüngerer Zeit starker tektonischer Hebung ausgesetzt war, die mit tiefer vertikaler Einschneidung des Yangtze einherging, das heißt die Vertikalerosion dominierte deutlich gegenüber der Lateralerosion. Eine weitere Voraussetzung für die Herausbildung der Schluchten ist das im Vergleich zum Sichuan-Becken und dem sich östlich an die drei Schluchten anschließenden Jiangnan-Becken härtere Ausgangsgestein (Kalkgestein) (vgl. LI, XIE & KUANG 2001, S. 131 f.).

2.3.2 Sozio-ökonomische Rahmenbedingungen

Die sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen in dem von der Aufstauung des Yangtze betroffenen Gebiet sollen hier nur kurz aufgeführt werden, um einen Überblick über die soziale und wirtschaftliche Situation zu geben. Für eine detaillierte Darstellung der sozio-ökonomischen Entwicklung am Beispiel des Einzugsgebietes des Xiangxi, des von der Drei-Schluchten-Staumauer aus betrachtet ersten größeren Zuflusses in den zukünftigen Stausee aus nördlicher Richtung, sei auf die Diplomarbeit von KEIL (2002) verwiesen.

Im Jahr 1998 lebten in dem von der Aufstauung betroffenen Gebiet knapp 19 Millionen Menschen. Die Bevölkerungsverteilung auf die betroffenen Kreise, Stadtbezirke und bezirksfreien Städte zeigt Abbildung 2.7.

Abb. 2.7: Bevölkerungsverteilung im betroffenen Gebiet im Jahr 1998

Anmerkungen: Die Daten des Kreises Badong wurden am 30. September 2002 von Prof. Dr. Jiang Tong per E-Mail übersandt.
Die Daten von Yichang beziehen sich auf den Kreis Yichang, nicht auf die bezirksfreie Stadt.

Von den knapp 19 Millionen Einwohnern der betroffenen Kreise, Stadtbezirke und bezirksfreien Städte müssen etwa 1,1 Millionen Menschen umgesiedelt werden (vgl. CTGPC 2000, S. 25), folglich gut 17 % der Bevölkerung. Den größten Anteil an der Gesamtzahl von Umsiedlern verzeichnet die bezirksfreie Stadt Wanzhou (siehe Kapitel 3.3.7, Abbildung 3.5).

In Abbildung 2.8 sind die Bruttoinlandsprodukte der Jahre 1996 und 1998 im Vergleich dargestellt. Die Disparitäten zwischen der ökonomisch prosperierenden Ostküste und den Provinzen im Westen sind augenscheinlich. Betrachtet man die Provinz Hubei, so zeigt das Balkendiagramm und die Flächensignatur, dass die Provinz bezüglich der wirtschaftlichen Entwicklung im mittleren Bereich einzuordnen ist. In jener Abbildung werden jedoch die wirtschaftlichen Disparitäten innerhalb der Provinz nicht deutlich. Wirtschaftliches Wachstum weist vor allem die Metropole Wuhan auf, aber auch die bezirksfreie Stadt Yichang und die Kreise in direkter Nachbarschaft zur Staudammbaustelle zeigen eine positive wirtschaftliche Entwicklung (siehe Abbildung 2.9). Der Kreis Badong allerdings, ein rural geprägter gebirgiger Kreis, liegt mit einem Bruttoinlandsprodukt von 1.549 Yuan pro Kopf im Jahr 1998 weit unterhalb des nationalen und auch provinziellen Durchschnittes. Der landwirtschaftlich geprägte bergige Bereich

der drei Schluchten weist mit Ausnahme der Kreise Yichang und Zigui, für deren positive wirtschaftliche Entwicklung, wie oben aufgezeigt, die Dammbaustelle von großer Bedeutung ist, ein sehr geringes Bruttoinlandsprodukt pro Kopf auf.

Abb. 2.8: Bruttoinlandsprodukte der Provinzen der VR China für die Jahre 1996 und 1998

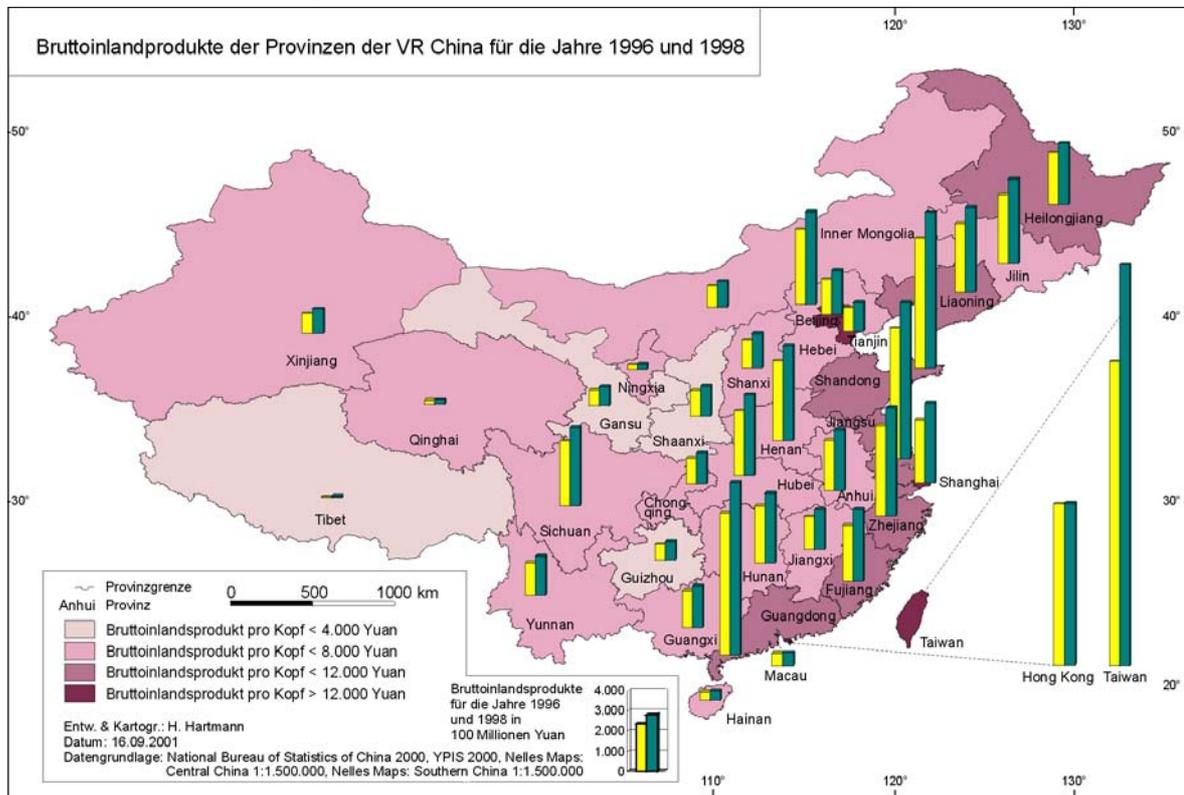
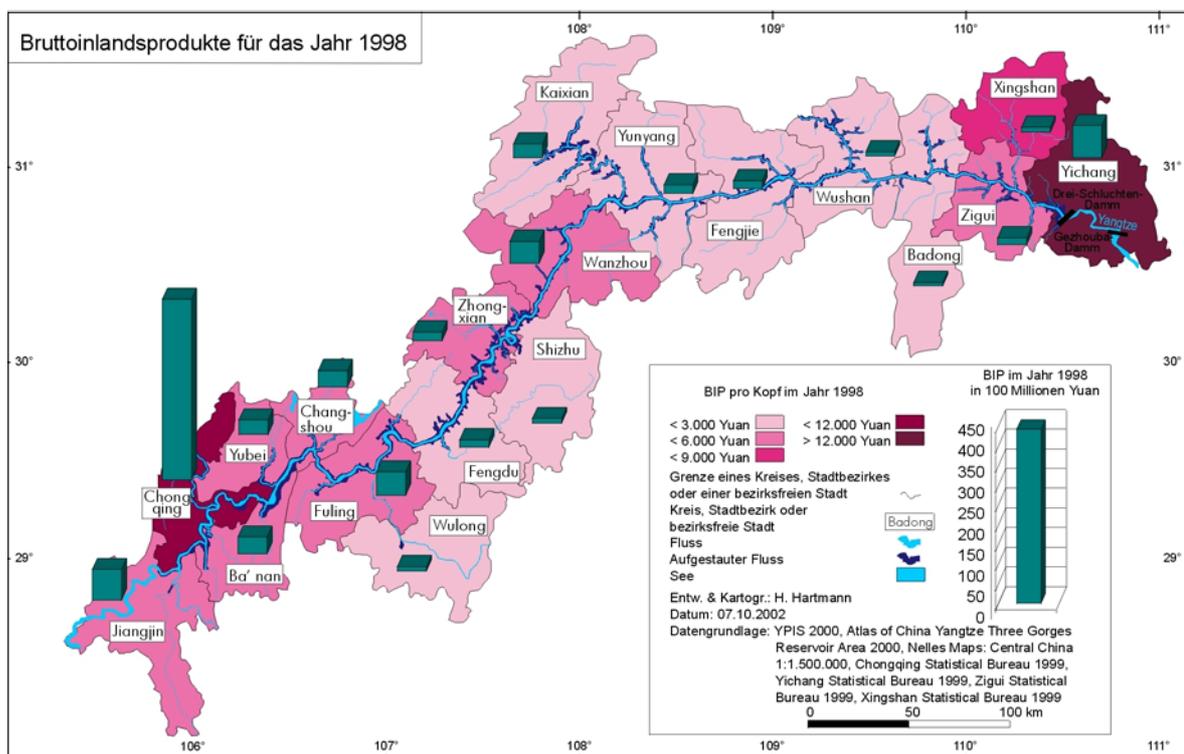


Abb. 2.9: Bruttoinlandsprodukte der betroffenen Kreise, Stadtbezirke und bezirksfreien Städte



Anmerkungen: siehe Abbildung 2.7

Die Kreise Shizhu, Fengdu und Wulong, allesamt rural geprägt und stark reliefiert, sind industriell kaum erschlossen und zeigen ähnlich niedrige Bruttoinlandsprodukte wie die westlichen „Drei-Schluchten-Kreise“. Eine positivere wirtschaftliche Lage zeichnet sich in den bezirksfreien Städten Wanzhou, Fuling und besonders in Chongqing ab, das als Zentrum der Schwerindustrie bekannt ist, mittlerweile aber auch in anderen Bereichen eine bedeutende Rolle für die VR China einnimmt beispielsweise in der Automobil- und der Pharmaindustrie. Der ökonomische Aufschwung Chongqings wirkt sich auch auf die angrenzenden Stadtbezirke positiv aus; die Werte, welche die bezirksfreie Stadt Chongqing verzeichnet, werden jedoch nicht erreicht.

3 Das Drei-Schluchten-Projekt

Wie bereits in Kapitel 1 aufgezeigt wurde, sind die Meinungen zum Drei-Schluchten-Projekt kontrovers. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, eine eigene Einschätzung des Projektes vorzunehmen und zu begründen. Um dieses Ergebnis erreichen zu können, sollen in diesem Kapitel die Vorteile und Ziele, welche die chinesische Regierung an den Bau des Drei-Schluchten-Staudammes knüpft, aufgeführt werden und nach einer Beschreibung der Projektdurchführung den Einwänden, die von Gegnern des Drei-Schluchtenprojektes geäußert werden, gegenüber gestellt werden.

3.1 Die Hauptaufgaben und der Nutzen des Drei-Schluchten-Projektes

3.1.1 Hochwasserschutz

Die meist als wichtigste Aufgabe des Drei-Schluchten-Projektes dargelegte Funktion ist die des Hochwasserschutzes. Hochwasserwellen aus dem Oberlauf können gekappt werden, was es möglich mache, den Jingjiang-Abschnitt (siehe Kapitel 4.1) vor einem 100-jährlichen Hochwasserereignis zu schützen. Dieser Bereich ist momentan nur vor einem 10-jährlichen Hochwasser sicher. Bei einem Hochwasser mit einer Wiederholungszeitspanne von 100 Jahren würde bei regulierendem Einsatz des Drei-Schluchten-Staubeckens der Pegel in Shashi 44,5 m nicht überschreiten (vgl. ZHANG & DAI 2000, S. 37). Der Garantiepegel (siehe Fußnote S. 81) in Shashi liegt bei 45,3 m (vgl. YANGTZE RIVER YEARBOOK COMITEE 1999). Selbst bei einem 1.000-jährlichen³ Hochwasser könne die Sicherheit des Jingjiangdeiches und der Deiche in Wuhan garantiert werden, wenn die Retentionspolder entlang des Mittellaufes genutzt würden (vgl. LU 2000, S. 3). Der Pegel in Shashi könne auch bei einem Hochwasser mit einer Wiederholungszeitspanne von 1.000 Jahren durch Einsatz des Staubeckens bei gleichzeitiger Nutzung der Hochwasserrückhaltebecken unter 45 m gehalten werden (vgl. YVWRPB, MWR & NEPA 1999, S. 6). Dass eine Ausdehnung der Siedlungsfläche und

³ Die Größe des 1.000-jährlichen Hochwassers ist in der chinesischen Literatur häufig zu finden. Diese Angabe soll hier nicht kritiklos übernommen werden. Abflussmessungen werden am Yangtze seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts durchgeführt. In Yichang wird der Abfluss seit 1873 gemessen, in Wuhan seit 1865. Somit liegen seit rund 130 Jahren Messwerte vor. Extrapolationen auf Abflüsse mit großen Wiederholungszeitspannen sind um so weniger sicher, je größer die Wiederholungszeitspanne im Vergleich zur Länge der zugrundeliegenden Abflussmessreihe ist. Der Deutsche Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. empfiehlt aus diesem Grunde keine Extrapolationen vorzunehmen, welche die zwei- bis dreifache Länge des Beobachtungszeitraumes überschreiten (vgl. DVWK 1999, S. 12). Da in diesem Fall eine Extrapolation auf die beinahe achtfache Länge der Abflussmessreihe durchgeführt wurde, ist diese Größe, das heißt der kalkulierte Abflusswert, anzuzweifeln.

der landwirtschaftlich genutzten Fläche in diesen Hochwasserrückhaltebecken eine Flutung derselben jedoch nahezu unmöglich macht, wird in Kapitel 4.2 aufgezeigt.

Das Drei-Schluchten-Projekt sei nicht nur in der Lage, Hochwasserereignisse, die durch starke Niederschläge im Einzugsgebiet des Yangtze-Oberlaufes entstehen, zu mindern. Es schütze ebenso vor den Auswirkungen von Hochwasserereignissen, welche durch heftige Niederschläge im Einzugsgebiet des Yangtze-Mittel- und -Unterlaufes verursacht werden sowie vor Hochwasserereignissen, die das gesamte Yangtze-Einzugsgebiet betreffen. Dies sei möglich, weil ein großer Teil des Abflusses aus dem Oberlauf komme, und dieser durch regulierenden Einsatz des Drei-Schluchten-Projektes verringert würde (vgl. ZHANG & DAI 2000, S. 36 f.). Eine eigene Einschätzung des Beitrages, den das Drei-Schluchten-Projekt zum Hochwasserschutz wird beisteuern können, erfolgt in Kapitel 4.4.

3.1.2 Energieerzeugung

Es werden zwei Wasserkraftwerke errichtet (siehe Abbildung 3.4): in Fließrichtung links des Überlaufes mit 14 und rechts mit 12 Generatorenaggregaten mit einer jeweiligen Einzelleistung von 700 MW; die Gesamtleistung beträgt folglich 18.200 MW (vgl. WANG 2000, S. 20 f.). Zum Vergleich: Dies entspricht etwa der 15-fachen Leistung des Kernkraftwerkes Biblis A. Die derzeit größte Leistung eines Wasserkraftwerkes besitzt das Itaipu-Wasserkraftwerk am Paranã, das mit 12.600 MW nur 68 % der Leistung des Drei-Schluchten-Projektes erreicht (vgl. ITAIPU BINACIONAL 1997, S. 12). Für das Drei-Schluchten-Projekt wird ein durchschnittliche jährliche Abgabe an elektrischer Energie von 84,68 Milliarden kWh erwartet. Der produzierte Strom wird über insgesamt 15 Hochspannungsleitungen abgeleitet - nach Zentralchina und Chongqing mit 500 kV AC⁴-Trassen und nach Ostchina mit 500 kV DC⁵-Trassen. Auf der rechten Seite wurde genügend Platz zum Bau eines Untertagewasserkraftwerkes freigehalten, in dem in der Zukunft weitere 6 Generatorenaggregate mit einer Gesamtleistung von 4.200 MW Platz finden sollen (vgl. CTGPC 2000, S. 5).

Die so erzeugte Energie soll die wirtschaftliche Entwicklung Zentralchinas ankurbeln und die Energieversorgung der prosperierenden Küstenstädte im Osten Chinas (insbesondere Shanghais) sicherstellen. Man hofft auf die Ansiedlung zahlreicher Fabriken in der Nähe des Staudammes, die zur Produktion viel Energie benötigen. Hierzu zählt der Bereich der Metall-, Stahl- und Eisenindustrie. Auch die Ansiedlung von Fabriken aus dem Bereich der

⁴ AC steht für Alternating Current (Wechselstrom)

⁵ DC steht für Direct Current (Gleichstrom)

Chemieindustrie mit den Segmenten Petro-, Phosphor-, Salz- und Feinchemie sowie der Elektroindustrie soll gefördert werden (vgl. GUTOWSKI 2000, S. 18 f.).

Die Bauzeit des Drei-Schluchten-Projektes ist auf 17 Jahre geplant (siehe Kapitel 3.2). Ab dem elften Jahr wird, obwohl die Bauarbeiten noch nicht beendet sein werden, Strom produziert werden. Vom elften bis zum siebzehnten Baujahr (dritte Bauphase) sollen etwa 435,8 Milliarden kWh Strom erzeugt werden. Kalkuliert man einen Preis von 0,30 Yuan RMB⁶ pro kWh, dann wird der Erlös innerhalb dieser Zeitspanne 130 Milliarden Yuan RMB betragen. Es wird erwartet, dass sich die dritte und letzte Bauphase finanziell selbst tragen kann und dass noch Geld zur Tilgung der Kredite übrig bleibt. Wenn das Drei-Schluchten-Projekt fertiggestellt ist, wird mit einem jährlichen Erlös aus dem Verkauf von Strom von 25 Milliarden Yuan RMB gerechnet (vgl. YVWRPB, MWR & NEPA 1999, S. 10).

Es wird mit der Produktion von „sauberer“ Energie geworben. Durch den Bau des Drei-Schluchten-Dammes werde das Verbrennen von jährlich 50 Millionen t Kohle kompensiert. Dies führe zu einer Reduzierung des Ausstoßes von Kohlendioxid um etwa 100 Millionen t, von Schwefeldioxyden um 1-2 Millionen t, von Stickstoffoxyden um 0,37 Millionen t und von Kohlenmonoxid um 10.000 t (vgl. YVWRPB 2000, S. 9).

Exkurs: Energiewirtschaft der VR China

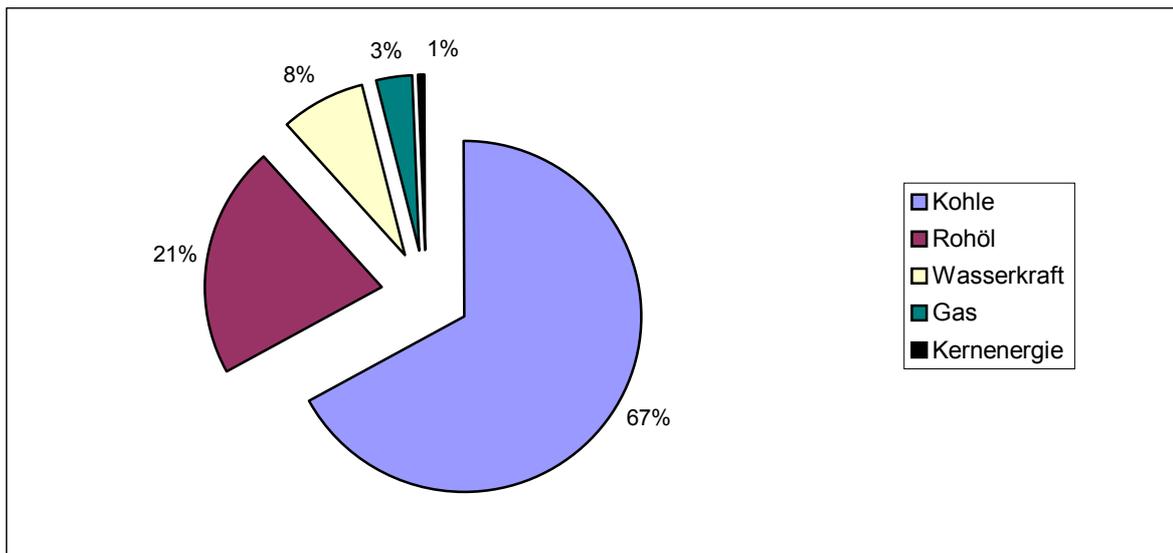
Seit den 1980er Jahren steigt mit dem wirtschaftlichen Aufschwung der VR China der Energiebedarf. Mittlerweile ist die VR China hinter den U.S.A. der zweitgrößte Energieproduzent und -konsument. Verglichen mit dem Gesamtverbrauch sind Energieexport und -import gering. Chinas Selbstversorgungsstrategie im Energiesektor baut vor allem auf der Energiequelle Kohle auf, für die China der weltweit größte Produzent und Konsument ist. In Abbildung 3.1 ist die prozentuale Verteilung der genutzten Energiequellen dargestellt.

Der Industriesektor ist mit 71 % der Hauptenergieverbraucher, gefolgt von den privaten Haushalten (siehe Abbildung 3.2). Wirtschaftliche Reformen, die eine Umstrukturierung und Modernisierung des industriellen Sektors zum Ziel haben, sollen zu einer Verringerung des Energieverbrauchs in diesem Sektor führen (vgl. BYRNE, SHEN & ZHAO 1999, S. 1). WU & LI (1995) sehen allerdings ein Problem in den niedrigen Strompreisen, die keinen Anreiz liefern würden, in der Industrie Energie einzusparen. Häufig sei es

⁶ 1 Yuan RMB = 0,12377 € bzw. 1 € = 8,07960 Yuan RMB (Umrechnungskurs vom 8. Juli 2002)

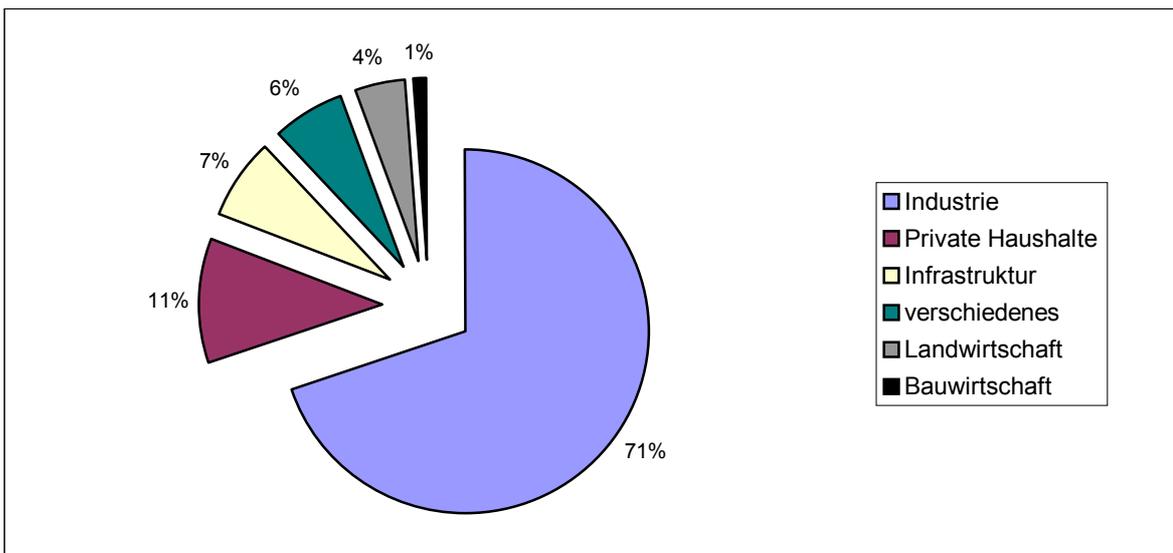
wirtschaftlicher, alte energetisch weniger effiziente Maschinen weiterzunutzen, als neue zu finanzieren. Für die privaten Haushalte, die Infrastruktur und die Bauwirtschaft ist in den kommenden Jahren mit einer Erhöhung des Energieverbrauchs aufgrund des steigenden Wohlstandes zu rechnen. Für den Agrarsektor werden hinsichtlich des Energieverbrauchs keine besonderen Veränderungen erwartet (vgl. BYRNE, SHEN & ZHAO 1999, S. 2).

Abb. 3.1: Prozentuale Verteilung der genutzten Energiequellen im Jahr 2000



Quelle: Eigene Berechnung nach NATIONAL BUREAU OF STATISTICS OF CHINA 2001, S. 229 f.⁷

Abb. 3.2: Prozentuale Verteilung des Energieverbrauchs nach Sektoren im Jahr 1999



Quelle: Eigene Berechnung nach NATIONAL BUREAU OF STATISTICS OF CHINA 2001, S. 234 f.

⁷ Die Energiequellen Wind, Sonne und Erdwärme fanden in den dem Diagramm zugrunde liegenden Statistiken keine Erwähnung. Ihr Anteil machte im Jahr 2000 lediglich rund 0,2 % aus (vgl. STANDHARTINGER 2001).

Die chinesische Energiewirtschaft steht vor zwei Kernproblemen:

1. Kohle ist der meist genutzte Energieträger. Die ökologischen Schäden, die durch bei der Verbrennung freigesetzte Emissionen verursacht werden, sind beträchtlich. Sauerer Regen ist in der VR China ein weit verbreitetes Phänomen. Die VR China ist hinter den U.S.A. der weltweit zweitgrößte Kohlendioxid-Emittent (vgl. CHALLMAN 2000, S. 3).
2. Die Energie wird wenig effizient genutzt. China benötigt durchschnittlich pro Einheit Output drei- bis viermal soviel Energie-Input wie die „entwickelten“ Länder (vgl. BYRNE, SHEN & LI 1996, S. 456).

Im Jahr 1988 wurde das Ministerium für Energie gegründet mit dem Ziel, eine einheitliche Entwicklungspolitik durchzusetzen. Nachdem das Ministerium 1993 aufgelöst wurde und die Zentralplanung damit beendet wurde, ergaben sich durch die ungleiche geographische Verteilung der Energieressourcen unterschiedliche Entwicklungsstrategien in den einzelnen Regionen (vgl. WU & LI 1995, S.169).

Bei der Ausbeutung erneuerbarer Energiequellen wurden in den vergangenen Jahren Fortschritte erzielt. Im Zuge des zehnten Fünfjahresplanes sollen die alternativen Energiequellen Sonne, Wind und Erdwärme verstärkt genutzt werden. Bis zum Jahr 2005 sollen diese Energiequellen 0,7 % des jährlichen Energieverbrauchs der VR China ausmachen; bis 2015 soll ihr Anteil auf 2 % gesteigert werden (vgl. STANDHARTINGER 2001).

Die Nutzung des hydroenergetischen Potenzials wird seitens der chinesischen Regierung als sehr wichtig und zukunftsweisend angesehen. Am Yangtze-Hauptfluss gibt es bisher erst ein Wasserkraftwerk, das Gezhouba-Dam-Hydroelectric-Project, welches auf Foto 3.1 abgebildet ist.

Die Durchführung dieses Projektes begann im Jahr 1970 bei Yichang, 38 km flussabwärts der heutigen Baustelle des Drei-Schluchten-Staudammes. Das Gezhouba-Dam-Hydroelectric-Project, das eine Gesamtleistung von 2.715 MW besitzt, wurde 1988 fertiggestellt. Gegenwärtig werden jährlich durchschnittlich 15,7 Milliarden kWh Strom produziert, welcher in die Provinzen Henan und Hunan sowie in die Shanghai Municipality abgeleitet und in der Provinz Hubei selbst genutzt wird (vgl. CHINCOLD 2002).

Das Gezhouba-Dam-Hydroelectric-Project gilt als das „Übungsstück“ für das Drei-Schluchten-Projekt. Die Erfahrungen, die man bei der Durchführung des Gezhouba-Projektes gewonnen hatte, fließen in die Durchführung des Drei-Schluchten-Projektes ein.

Foto 3.1: Der Gezhouba-Staudamm

Aufnahme: H. Hartmann, 04.11.2001

Der Gezhouba-Staudamm wurde gebaut, um das hydroenergetische Potenzial des Yangtze nutzen zu können, nicht um Hochwasserwellen zu kappen. Im Vordergrund sind drei Schiffsschleusen zu sehen, deren größte von Schiffen mit maximal 10.000 t passiert werden kann. Auf der linken Seite sieht man im Hintergrund eine Vielzahl von Hochspannungsmasten und Hochspannungsleitungen. Auch über dem Yangtze verlaufen Hochspannungsleitungen.

3.1.3 Verbesserung der Schiffbarkeit

Der 660 km lange Wasserweg von Yichang nach Chongqing wird nach der Fertigstellung des Drei-Schluchten-Projektes für den Schiffsverkehr besser nutzbar sein. Insbesondere der Abschnitt der drei Schluchten, in dem 139 Untiefen passiert werden müssen, wird durch den erhöhten Wasserstand besser und sicherer zu durchschiffen sein (vgl. YVWRPB, MWR & NEPA 1999, S. 10). Dann wird es Frachtern bis zu 10.000 t ermöglicht, den Weg von der Küste bis nach Chongqing, bekannt als Zentrum der Schwerindustrie, und umgekehrt zurückzulegen, was derzeit nur für Schiffe mit maximal 3.000 t möglich ist. Frachter mit über 3.000 t müssen gegenwärtig im Hafen von Yichang anlegen, weil für sie der Bereich der drei Schluchten nicht zu passieren ist. Durch die verbesserte Schiffbarkeit erhofft man sich, die Transportkapazität von derzeit 10 Millionen t auf 50 Millionen t erhöhen zu können und die Kosten für die Schifffahrt um 35-37 % zu verringern (vgl. CTGPC 2000, S. 2).

Eine Verbesserung der Schiffbarkeit wird durch das Drei-Schluchten-Projekt auch für den Mittellauf des Yangtze erreicht, da hier in der Trockenzeit, das heißt in den Wintermonaten, der Abfluss von gegenwärtig 3.000 m³/s auf über 5.000 m³/s erhöht werden kann (vgl. SONG 2000, S. 85).

3.1.4 Kontinuität des Abflusses

Neben den oben genannten verbesserten Schifffahrtsbedingungen für den Yangtze-Mittellauf sichert der um etwa 2.000 m³/s erhöhte Abfluss in der Trockenzeit die Bereitstellung für den geplanten Wassertransfer von Süden in den Norden Chinas, wo es an Wasser mangelt. Das South-to-North-Water-Diversion-Project wird in Kapitel 6 beschrieben.

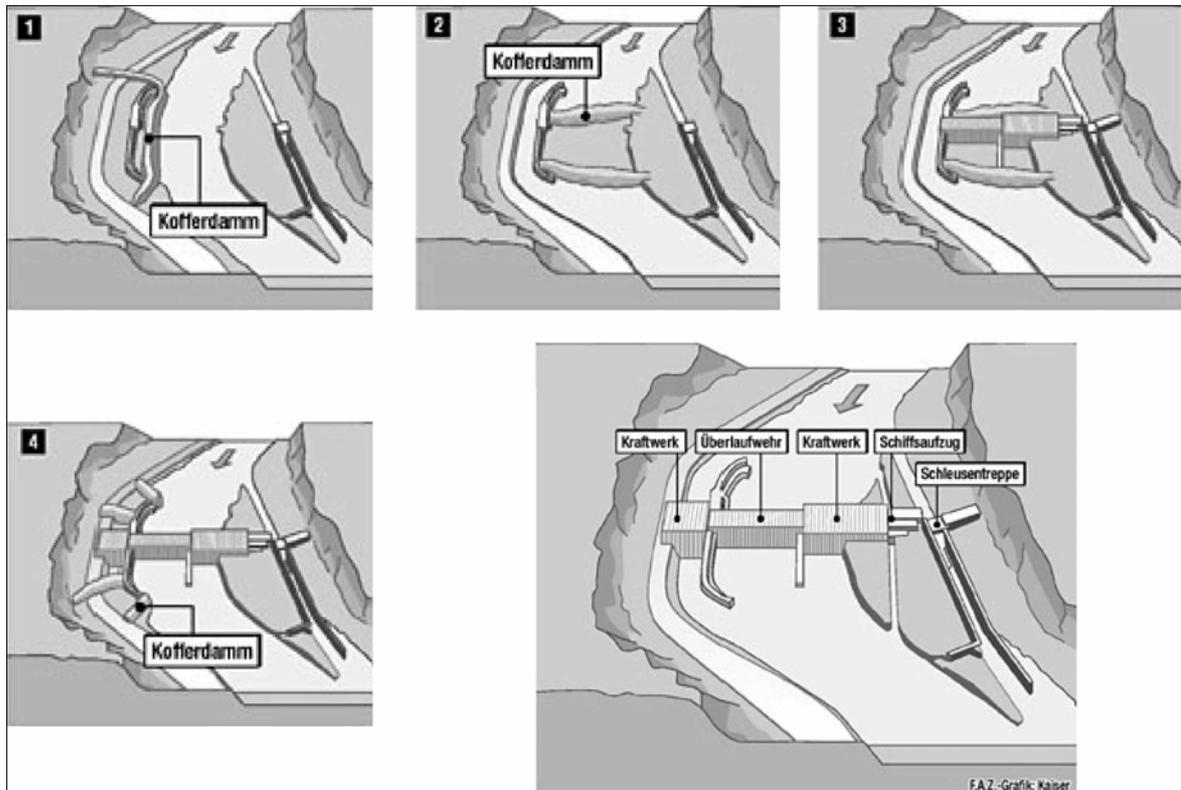
3.2 Die Durchführung des Projektes

In diesem Unterkapitel werden zu Beginn die drei Phasen der Durchführung des Drei-Schluchten-Projektes dargestellt. Im Anschluss werden die einzelnen Bauwerke, aus denen sich das Drei-Schluchten-Projekt zusammensetzt, beschrieben. Die Kenndaten des Stausees und die geplante Regulierung seiner Wasserführung werden im dritten Abschnitt des Unterkapitels aufgeführt. Abschließend wird der Finanzierungsplan zur Durchführung des Drei-Schluchten-Projektes vorgestellt.

3.2.1 Die drei Bauphasen

Die Durchführung des Drei-Schluchten-Projektes verläuft in drei Phasen, die in Abbildung 3.3 dargestellt sind. Die Beschreibung der einzelnen Bauphasen basiert, soweit nicht anders zitiert, auf den Angaben der CHINA YANGTZE THREE GORGES DEVELOPMENT CORPORATION (vgl. CTGPC 2000, S. 8 f.).

Phase 1 (siehe Abbildung 3.3, Bild 1): Die Vorbereitungen und die erste Konstruktionsphase dauerten von 1993 bis 1997. In dieser Phase wurde der Seitenarm des Yangtze zwischen einer kleinen Insel mit dem Namen Zhongbaodao und dem in Fließrichtung rechten Ufer mit einem provisorischen Damm geschlossen. Parallel zum rechten Ufer wurde ein weiterer Damm aufgeschüttet, hinter dem ein temporäres Flussbett für den Yangtze ausgebaggert wurde. Zur gleichen Zeit wurde auf der linken Flussseite eine temporäre Schiffsschleuse errichtet. In dieser Bauphase war der Abfluss des Yangtze und der Schiffsverkehr im „alten“ Flussbett gewährleistet.

Abb. 3.3: Die Bauphasen des Drei-Schluchten-Staudammes

Quelle: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 19.06.2001

Phase 2 (siehe Abbildung 3.3, Bild 2 und 3): Die zweite Bauphase begann im Jahr 1997 und soll im Jahr 2003 abgeschlossen werden. Zu Beginn dieser Phase wurde der Umleitungskanal geöffnet und das „alte“ Flussbett mit zwei transversalen Dämmen abgesperrt. Zwischen dem longitudinalen Damm und den beiden transversalen Dämmen wurde das Wasser abgepumpt und anschließend mit dem Bau des linken Kraftwerksgebäudes und der Grundablässe sowie dem darüber liegenden Überlaufwehr begonnen, welches im Folgenden als Hochwasserentlastungsanlage bezeichnet wird. Gleichzeitig wird auf der linken Flusseite an der endgültigen Schleusentreppe und dem Schiffsaufzug, der nachfolgend als Schiffshebewerk angesprochen wird, gearbeitet. In dieser Phase des Baus verkehren Schiffe über den Umleitungskanal oder aber in der Regenzeit über die temporäre Schiffsschleuse, da zu dieser Zeit die Strömung im Umleitungskanal für Schiffe zu gefährlich ist (vgl. KÜFFNER 2001). Foto 3.2 zeigt die Baustelle des Drei-Schluchten-Projektes im November 2001 während der zweiten Bauphase.

Phase 3 (siehe Abbildung 3.3, Bild 4): Die dritte und letzte Konstruktionsphase wird voraussichtlich im Jahr 2003 beginnen und bis zum Jahr 2009 dauern. In diesem Bauabschnitt wird ein weiterer temporärer Damm errichtet werden, diesmal, um den Umleitungskanal zu schließen. Der Yangtze wird anschließend durch den Hauptkanal

fließen und wird bis zu einer Höhe von 135 m ü. M. aufgestaut werden. Bei Erreichen dieser Marke sollen das linke Kraftwerk und die endgültigen Schiffsschleusen in Betrieb genommen werden, so dass der Schiffsverkehr ab diesem Zeitpunkt durch diese Vorrichtungen geleitet werden kann. Unterdessen wird im ehemaligen Umleitungskanal - abgetrennt durch den Damm aus der dritten Bauphase und den longitudinalen Damm aus Phase 1 - das rechte Kraftwerk errichtet werden. In Abbildung 3.3 (großes Bild) ist das fertiggestellte Projekt vereinfacht dargestellt.

Insgesamt ist die Bauzeit auf 17 Jahre inklusive der Vorbereitungszeit geplant. Als wichtigste Ereignisse während der Bauzeit werden Folgende genannt:

- Abdämmung des Hauptkanals im November 1997
- erste Energieerzeugung im Jahr 2003
- Fertigstellung des Projektes im Jahr 2009

Foto 3.2: Die Baustelle des Drei-Schluchten-Projektes



Aufnahme: H. Hartmann, 05.11.2001

Links im Bild fließt der Yangtze durch den Umleitungskanal. In der Mitte ist die Konstruktion der Hochwasserentlastungsanlage und der Grundablässe zu sehen, rechts das im Bau befindliche Kraftwerksgebäude.

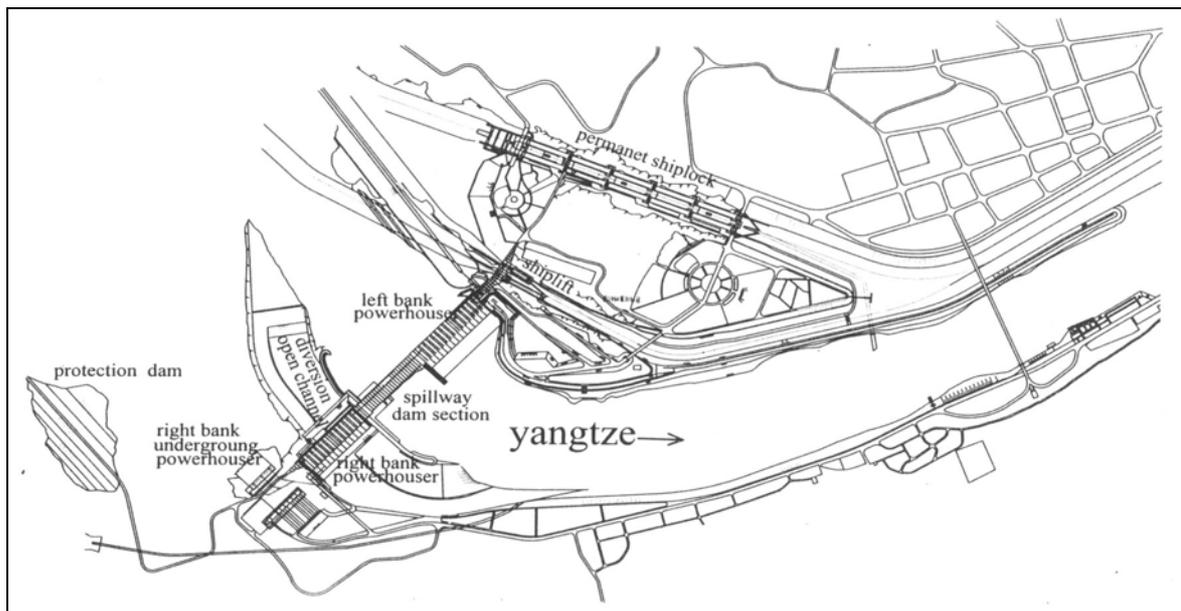
3.2.2 Bauwerke und technische Daten

In diesem Abschnitt wird ein Überblick über die Anordnung, Größe und Funktion der einzelnen Bauwerke des Drei-Schluchten-Projektes gegeben. Dies sind im Einzelnen der Staudamm selbst, die Kraftwerke, das Schiffshebewerk und die Schleusentreppe.

Abschließend werden die technischen Daten in einer Tabelle zusammengefasst (siehe Tabelle 3.1).

Zu Beginn soll Abbildung 3.4 einen Überblick über die Lage der einzelnen Bauwerke geben, da Abbildung 3.3 nur eine recht undetaillierte Darstellung liefert. Hinzuweisen ist auf die Lage des geplanten unterirdischen Kraftwerkes und die des Schutzdammes (links im Bild), der die Stadt Maoping vor den aufgestauten Wassermassen schützen wird.

Abb. 3.4: Lageplan der einzelnen Komponenten des Drei-Schluchten-Projektes



Quelle: ZHENG & LIU 2000, S. 79

Staudamm: Der Staudamm ist eine Gewichtsstaumauer aus Beton, deren Gesamtlänge, gemessen in der Achse der Staumauer, 2.309,47 m bei einer Kronenhöhe von 185 m ü. M. betragen wird. Die mittig zwischen den beiden Kraftwerken positionierte Hochwasserentlastungsanlage mit einer Länge von 483 m wird aus 22 Toren bestehen, deren lichte Weite 8 m ist. Der Fuß der Hochwasserentlastungsanlage wird in einer Höhe von 158 m ü. M. liegen. Unterhalb der Hochwasserentlastungsanlage werden 23 Grundablässe mit jeweils 7 m Höhe und 9 m Breite eingebaut, deren Sohle in einer Höhe von 90 m ü. M. liegen wird. Sollte die größte Stauhöhe von 180,4 m erreicht werden, kann der maximale Abfluss von 102.500 m³/s abgelassen werden (vgl. ZHANG & DAI 2000, S. 34).

Kraftwerke: Die beiden Kraftwerke mit ihren Generatoraggregaten wurden bereits in Kapitel 3.1.2 beschrieben.

Schiffshebwerk: Die Hauptaufgabe des Schiffshebwerkes besteht im Heben von Passagierschiffen. Mit 192 Stahlseilen, die einen Durchmesser von jeweils 85 mm besitzen, ist das Schiffshebwerk fähig, Schiffe bis zu 3.000 t zu heben. Die Masse, die letztendlich gehoben wird, beträgt bei einem Schiff mit 3.000 t durch das mit in den Trog aufgenommene Wasser und das Eigengewicht des Troges 11.800 t. Der Trog des Schiffshebwerkes, in dem die Wassertiefe 3,5 m betragen wird, ist 120 m lang und 18 m breit. Der maximal zu überwindende Höhenunterschied wird 113 m betragen. Bei einer Hebegeschwindigkeit von 0,2 m/s wird der Höhenunterschied durchschnittlich in 9 Minuten zurückgelegt werden können (vgl. ZHENG & LIU 2000, S. 83 f.).

Schleusentreppe: Die zweispurige Schleusentreppe wird aus fünf Stufen bestehen und es Schiffen mit bis zu 10.000 t ermöglichen, einen Höhenunterschied von maximal 113 m zu überwinden (der Wasserstand wird vor der Staumauer zwischen 145 m ü. M. und 175 m ü. M. variieren und hinter der Staumauer zwischen 62 m ü. M. und 73,8 m ü. M.). Die Stufen werden 280 m lang und 34 m breit sein und eine jeweilige Mindestwassertiefe von 5 m aufweisen. Ein Schiff wird etwa $3 \frac{1}{4}$ h benötigen, um die Schleusenstufen zu durchqueren (vgl. SONG 2000, S. 86 f.). Foto 3.3 zeigt die im Bau befindliche Schleusentreppe.

Foto 3.3: Errichtung der Schleuse des Drei-Schluchten-Projektes



Aufnahme: H. Hartmann, 06.11.2001

Die Schiffsschleuse, die sich über eine Länge von 1.607 m erstrecken wird, wird in den Fels eingearbeitet. Die Bauarbeiten für die Schiffsschleuse begannen mit dem Ausräumen von über 40 Millionen m³ Gestein. Vorne links im Bild ist der bei den Ausräumarbeiten stehen gelassene 60 m breite Felskeil zu sehen, der die beiden Trassen voneinander trennt (vgl. CTGPC 2000, S. 15). Hinten links ist eine Arbeitersiedlung erkennbar, rechts im Hintergrund sieht man die neue Hängebrücke, die bei Sandouping über den Yangtze führt.

Tab. 3.1: Technische Daten der Bauwerke des Drei-Schluchten-Projektes

Damm	Kronenhöhe in m ü. M.	185
	Gesamtlänge in m (gemessen in der Achse der Staumauer)	2309,47
Wasserkraftwerke	Anzahl Generatoren	26
	Leistung eines Generators in MW	700
	Gesamtleistung in MW	18.200
	garantierte Leistung in MW	4.990
	durchschnittliche jährliche Stromerzeugung in GWh	84.680
Schiffshebewerk	Typ	1 Spur, 1 Stufe
	Trogmaße (L*B*Wassertiefe) in m	120*18*3,5
	maximale Hebekapazität in t	3.000
Schleusentreppe	Typ	2 Spuren, 5 Stufen
	Stufenmaße (L*B*Wassertiefe) in m	280*34*5
	maximale Hebekapazität in t	10.000

Quelle: CTGPC 2000, S. 35

3.2.3 Kennzahlen und Regulierung der Wasserführung im Stausee

In diesem Abschnitt wird der Stausee beschrieben. Im Detail bezieht sich diese Beschreibung auf die Ausmaße und Kennzahlen des Stausees sowie die Regulierung der Wasserführung über das Jahr. Abschließend erfolgt eine tabellarische Auflistung der im Text genannten Größen (siehe Tabelle 3.2). Die durch die aufgestauten Wassermassen überfluteten Flächen sind in Kapitel 3.3.7 aufgeführt.

Der normale Betriebswasserstand des Staubeckens liegt bei 175 m ü. M. Bei diesem sogenannten **Normal Pool Level (NPL)** kann die Kapazität der Generatoren voll ausgeschöpft werden (vgl. WANG 2000, S. 21). Dieser Wasserstand, bei dem das Staubecken eine Länge von 660 km, eine Stauffläche von insgesamt 1.084 km² und einen Gesamtstauinhalt von 39,3 km³ besitzen wird, soll in jedem Jahr im Anschluss an die sommerliche Regenzeit, das heißt etwa ab Mitte Oktober erreicht werden. Bis zum Ende des Monats Januar wird der NPL beibehalten.

Anschließend wird mehr Wasser abgelassen werden als zufließt. Vor dem Ende des Monats April sollte der **Dry-Season Control Level (DCL)**, der bei 155 m ü. M. liegt, nicht unterschritten werden, um die Schiffbarkeit des Yangtze nicht frühzeitig zu verschlechtern und somit die Transportkapazität herabzusetzen (vgl. YVWRPB, MWR & NEPA 1999, S. 13 f.).

Im Mai wird man den Wasserstand auf 145 m ü. M., auf den sogenannten **Flood Control Level (FCL)**, herabsetzen, um genügend Stauraum für das Kappen von Hochwasserwellen zur Verfügung stellen zu können. Der Stauraum zwischen 145 m ü. M. und 175 m ü. M. beträgt 22,15 km³ und wird als Flutkontrollvolumen bezeichnet (vgl. CTGPC 2000, S. 35). In der anschließenden Regenzeit wird der Wasserstand nach Bedarf durch das Kappen von Hochwasserwellen erhöht. Nach der Regenzeit ab Mitte September wird durch verminderten Abfluss aus dem Staubecken (Zufluss in das Staubecken > Abfluss aus dem Staubecken) wieder das Erreichen des NPL von 175 m ü. M. angestrebt (vgl. LIN 2000, S. 168).

Tab. 3.2: Kennzahlen des Drei-Schluchten-Stausees

Normal Pool Level (NPL) in m ü. M.	175
Dry-Season Control Level (DCL) in m ü. M.	155
Flood Control Level (FCL) in m ü. M.	145
Gesamtstauinhalt in km ³	39,3
Flutkontrollvolumen in km ³	22,15
Staufläche in km ²	1.084
Länge des Staubeckens in km	660

Quelle: Daten zusammengestellt aus YVWRPB, MWR & NEPA 1999, S. 13 und CTGPC 2000, S. 35

3.2.4 Projektfinanzierung

Die Gesamtkosten für das Drei-Schluchten-Projekt wurden auf 203,9 Milliarden Yuan RMB, was rund 25 Milliarden Euro entspricht, veranschlagt (vgl. CTGPC 2000, S. 27). Ab dem elften Jahr der Projektdurchführung beginnt die Stromerzeugung und bis zum siebzehnten Baujahr sollen, wie oben beschrieben, etwa 435,8 Milliarden kWh Strom erzeugt werden. Durch den Verkauf des Stroms erwartet man in diesem Zeitraum Einnahmen von 130 Milliarden Yuan RMB, durch welche die letzte Bauphase finanziert werden soll und laufende Kredite getilgt werden sollen (vgl. YVWRPB, MWR & NEPA 1999, S. 10). Das Aufstellen des Finanzierungsplanes war folglich für die ersten 10 Jahre der Bauzeit am schwierigsten.

Das Kapital für die Durchführung des Drei-Schluchten-Projektes kommt - neben der Eigenfinanzierung ab dem elften Baujahr - aus folgenden Finanzierungsquellen (vgl. CTGPC 2000, S. 28):

1. **Steuereinnahmen:** Der Staatsrat erhebt seit 1992 eine Steuer auf die Übermittlung und Verteilung von Strom. Diese Abgabe variiert zwischen 0,025 Yuan RMB pro kWh und 0,058 Yuan RMB pro kWh, je nachdem ob die Region in einer später von dem Drei-Schluchten-Projekt profitierenden Region liegt oder nicht. Diese Gelder fließen in den „TGP construction fund“.
2. **Einnahmen aus dem Gezhouba-Dam-Hydroelectric-Project:** Das oben beschriebene Gezhouba-Dam-Hydroelectric-Project untersteht der Three Gorges Development Corporation. Die jährlichen Einnahmen aus dem Verkauf der durchschnittlich im Jahr durch das Gezhouba-Dam-Hydroelectric-Project produzierten 15,7 Milliarden kWh Strom können zur Durchführung des Drei-Schluchten-Projektes verwendet werden.
3. **Kredite und finanzielle Beteiligungen:** Kredite wurden vor allem von der im Jahr 1994 gegründeten State Development Bank of China⁸ bewilligt. Diese wurde gegründet, um staatliche Entwicklungsprojekte wie das Drei-Schluchten-Projekt zu fördern. Im Jahr 1996 wurde dem Drei-Schluchten-Projekt ein zehnjähriges Darlehen über 3,6 Milliarden US-\$ zugesprochen, wodurch die State Development Bank of China zum größten Investor wurde (vgl. GUTOWSKI 2000, S. 81). Die State Development Bank of China, die spätere China Development Bank, schrieb einige Finanzierungsobligationen international aus, an denen namhafte Banken wie die Deutsche Bank AG und Credit Suisse beteiligt sind. Für eine detaillierte Beschreibung der finanziellen Beteiligung internationaler Finanzdienstleistungsunternehmen sei hier auf die Studie von GUTOWSKI verwiesen (vgl. GUTOWSKI 2000, S. 81 f.).

3.3 Das Drei-Schluchten-Projekt in der Diskussion

In diesem Unterkapitel werden die Ansichten der Gegner des Drei-Schluchten-Projektes vorgestellt und diskutiert. Vor allem NGOs⁹ wie PROBE INTERNATIONAL oder GREENPEACE, aber auch Einzelpersonen wie die Journalistin DAI QING kritisieren das Projekt in vielen Punkten. Ansatzpunkte der Kritik sind vor allem die für die Durchführung des Projektes notwendige Umsiedlung von etwa 1,1 Millionen Menschen und Bedenken bezüglich der Ablagerung von Sedimenten im Staubecken, welche letztendlich die Schifffahrt behindern und die Kapazität zur Hochwasserminderung verringern könnte. Die Aussagen der CHINA YANGTZE THREE GORGES DEVELOPMENT CORPORATION und des YANGTZE VALLEY WATER

⁸ Im Jahre 1999 erfolgte eine Umbenennung in China Development Bank.

⁹ Die Abkürzung NGO steht für Non-governmental organizations.

RESOURCES PROTECTION BUREAU werden in diesem Unterkapitel den in den Medien aufgeworfenen Beanstandungen gegenübergestellt. Die Diskussion wird mit den Ergebnissen unabhängiger Studien aus internationalen Fachzeitschriften ergänzt.

Aus Gründen des Umfangs können nicht alle Punkte, an denen Kritik geübt wird, diskutiert werden. Der Schwerpunkt liegt neben den Umsiedlungen auf den geomorphologischen Folgeerscheinungen und den möglichen Gefahrenquellen für den Menschen. Nicht diskutiert werden die Folgen des Drei-Schluchten-Projektes für Fauna und Flora, die Überflutung von kulturhistorischen Städten und die Auswirkungen auf das Klima.

3.3.1 Geologische Eignung des Damm-Standortes

In einer Fernsehreportage des BAYRISCHEN RUNDFUNKS mit dem Titel „Drei-Schluchten: Der größte Staudamm der Welt“ (ausgestrahlt am 26.01.2002 um 20:20 Uhr vom Landesfernsehen Bayrischer Rundfunk) wird erklärt, das Staubecken befinde sich über einer Bruchstelle der Erdkruste. Aus diesem Grund sei mit häufigen Erdbeben zu rechnen. Die Stärke der zu erwartenden Erdbeben wird in dieser Reportage nicht angegeben. Des Weiteren könne das Gewicht der angestauten Wassermassen kleine Beben auslösen, welche Hangrutschungen verursachen könnten. ADAMS von PROBE INTERNATIONAL betont in einem anschließend eingeblendeten Kommentar noch einmal, dass sich das Staubecken über einer tektonischen Bruchstelle der Erdkruste befinde, dass die Stabilität des Dammfundamentes anzuzweifeln sei, und dass ein Deichbruch mit verheerenden Folgen nicht unwahrscheinlich sei.

DR. LEE, Direktor des Department of Engineering an der Universität von Hongkong, weist in einem Interview mit dem BILD DER WISSENSCHAFT-Journalisten HEESCH ebenfalls auf die Gefahr von Erdbeben hin, die durch das Aufeinanderstoßen der Indischen und der Asiatischen Platte¹⁰ verursacht werden könnten. Es sei fraglich, ob der Damm mehrere Erdstöße aushalte. Dies könne auch durch Simulationen nicht sicher beantwortet werden (vgl. HEESCH 1996, S. 86).

Nach Angabe der CHINA YANGTZE THREE GORGES DEVELOPMENT CORPORATION wurde die Stelle bei Sandouping nach eingehender Untersuchung von 15 verschiedenen möglichen Dammstandorten ausgewählt. In einem Umkreis von 15 km um den Standort des

¹⁰ Bereits die Verwendung des Terminus „Asiatische Platte“ lässt starke Zweifel an der Qualität des Aufsatzes aufkommen.

Staudammes gebe es keine größeren bedenklichen geologischen Strukturen. Die örtliche seismische Intensität erreiche maximal VI nach der Klassifizierung des China Seismological Bureau. Der Staudamm könne einem Erdbeben der Intensität VII standhalten. Die möglicherweise durch das Gewicht der aufgestauten Wassermassen ausgelösten Beben würden eine Intensität von VI nicht überschreiten und ließen daher keine zerstörende Wirkung auf die Komponenten des Drei-Schluchten-Projektes erwarten (vgl. CTGPC 2000, S. 3 f.).

An dieser Stelle sei auf Anhang I verwiesen, in dem die Klassifizierung der seismischen Intensität nach dem China Seismological Bureau aufgeführt ist, um eine Einordnung der Zerstörungswirkung der oben genannten Intensitäten zu ermöglichen. Die Klassifizierung erinnert an die Mercalli-Intensitätsskala, denn auch hier werden 12 Intensitätsstufen unterschieden.

Über die geologische Eignung des Damm-Standortes liegen zwei unabhängige Studien in internationalen Fachzeitschriften vor:

TAN et al. (1997) beschreiben in einem Aufsatz, dass hauptsächlich zwei Störungen - die NNW-verlaufende Xuannushan-Störung und die NNE-verlaufende Juwanxi-Störung - die seismische Intensität im Bereich des zukünftigen Dammstandortes beeinflussen. Die geringste Krustenstabilität finde man südwestlich des Dammstandortes an einer Stelle vor, an der diese beiden Störungen mit der WNW-verlaufenden Tianyangping-Störung zusammentreffen. Hier müsse mit Beben mit einer Magnitude von $M = 5-6$ gerechnet werden. Da sich diese Schnittstelle in 20 km Entfernung zum Staudamm befinde, werde die seismische Intensität am Staudamm VI kaum überschreiten. Über den Standort des Staudammes wird folgendes ausgesagt (TAN et al. 1997, S. 285): „*The Sandouping dam site is on an ancient granit body belonging to a stable landmass. Therefore, from the view of assessment and zonation of regional crustal stability, a large-scale hydropower station can be constructed at Sandouping.*”

CHEN (1999) äußert sich sehr ähnlich zur geologischen Eignung des Staudamm-Standortes (Chen 1999, S. 183): „*The dams site offers an excellent foundation in Precambrium granite rocks.*“ Das Drei-Schluchten-Projekt liege in einem tektonisch relativ stabilen Gebiet im zentral-westlichen Teil der Yangtze-Plattform auf der Eurasischen Platte in ausreichender Entfernung zur Plattengrenze. In der Umgebung des Huangling Kristallins, auf dem der Staudamm errichtet wird, gebe es einige größere Störungen, die alle eingehend untersucht worden seien und sich allesamt als schwach aktiv oder inaktiv erwiesen hätten und keine starken Erdbeben verursachen würden. In den letzten 2.000 Jahren seien in einem Umkreis von 300 km um den Damm-Standort

keine starken zerstörenden Erdbeben aufgetreten. CHEN weist auf die Möglichkeit des Auftretens von Reservoir-induzierten Erdbeben hin, wobei diese eine Magnitude von $M = 6$ nicht überschreiten und im Bereich des Staudammes eine maximale Magnitude von $M = 4$ erreichen würden. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine durch Erdbeben verursachte Hangrutschung den Fluss blockiere, sei nach der Aufstauung aufgrund des erhöhten Wasserstandes geringer. Eine direkte Bedrohung des Staudammes durch Hangrutschungen sei nicht gegeben, da größere Hangrutschungen erst 26 km stromaufwärts des Dammes zu erwarten seien. Detailliertere Betrachtungen über die Gefahr von Hangrutschungen befinden sich in Kapitel 3.4.3.

Die Ergebnisse der beiden unabhängigen Studien decken sich mit den Aussagen der CHINA YANGTZE THREE GORGES DEVELOPMENT CORPORATION. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Erdbeben im Bereich des Staudammes die Intensität VI überschreitet, scheint tatsächlich sehr gering zu sein. Über einer tektonischen Bruchstelle der Erdkruste, das heißt über einer Störung, wird der Staudamm mit Sicherheit nicht errichtet. Um dies auszuschließen, wurden seit den 1950er Jahren geologische Untersuchungen durchgeführt (vgl. CHEN 1999, S. 183). Die Möglichkeit von Reservoir-induzierten Erdbeben ist sicherlich gegeben. Die Auswirkungen eines solchen Bebens lassen sich anhand von Erfahrungswerten recht gut abschätzen und wurden einkalkuliert. Die Gefahr, die von einem solchen Beben für das Bauwerk ausgeht, erscheint gering.

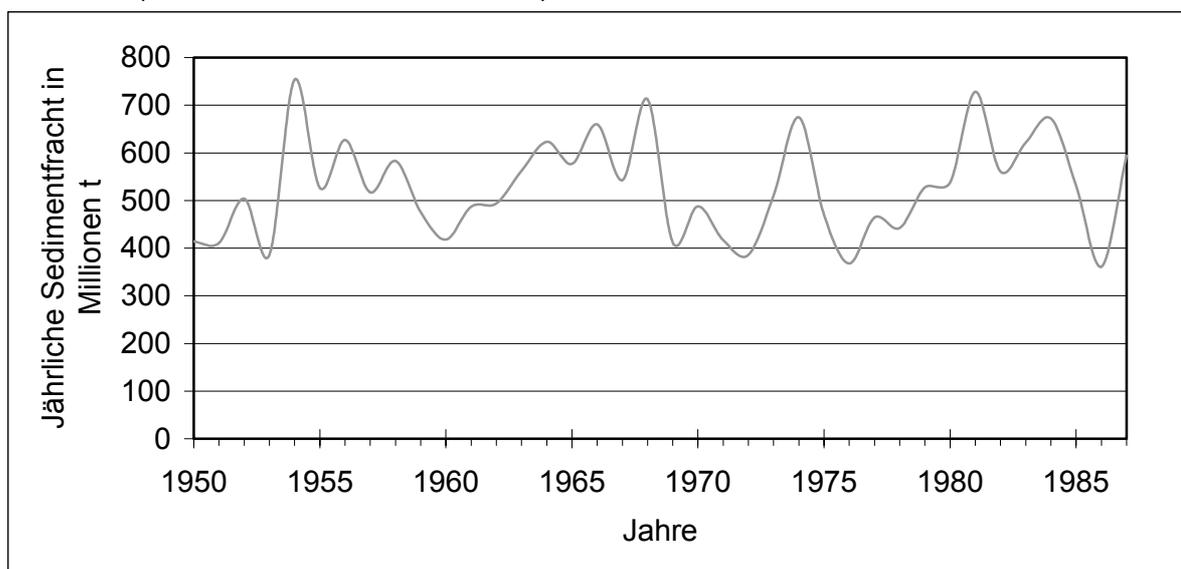
Die Aussagen, die DR. LEE in dem BILD DER WISSENSCHAFT-Interview trifft, zeigen deutlich, dass hier kein Geologe zu Rat gezogen wurde. Hier kommt ein sogenannter Experte zu Wort, dessen Forschungsschwerpunkt ein vollkommen anderer ist als das Thema des Interviews. Die Ausdrucksweise, die in BILD DER WISSENSCHAFT gewählt wurde (Heesch 1996, S. 86) „[...] *das Aufeinanderstoßen der Indischen und der Asiatischen Platte* [...]“ zeugt von geringen geologischen Kenntnissen. Korrekt ausgedrückt sollte man vom Kollidieren der Indisch-Australischen Platte mit der Eurasischen Platte sprechen. Die Entfernung jener Plattengrenze ist nach CHEN (1999) jedoch groß genug, um einen sicheren Damm-Standort gewährleisten zu können. Insgesamt erscheint der Standort des Staudammes bezüglich der Geologie geeignet.

3.3.2 Ablagerung von Sedimenten im Staubeesee

Das Problem der Ablagerung von Sedimenten im Staubecken infolge verringerter Fließgeschwindigkeit wird von vielen Wissenschaftlern für das Drei-Schluchten-Staubecken als ungelöst eingestuft. Dieser Diskussionspunkt wird mit der geplanten

Vorgehensweise eingeleitet, die der Sedimentation entgegenwirken soll. Erst einmal soll jedoch ein Diagramm einen Überblick über die jährliche an der hydrologischen Messstation in Yichang¹¹ registrierte Sedimentfracht geben, um eine Einschätzung der Größenordnung jener Problematik zu ermöglichen. Die mittlere jährliche Sedimentfracht für die Datenreihe von 1950 bis 1987 beträgt 527 Millionen t. Die größte Sedimentfracht der Datenreihe wurde im Hochwasserjahr 1954 gemessen, denn durch größere Abflussmengen konnten mehr Sedimente als üblich transportiert werden.

Abb. 3.5: Sedimentfracht des Yangtze an der Messstation in Yichang in Millionen t (Datenreihe von 1950 bis 1987)



Quelle: Eigene Berechnung auf der Grundlage von COMMISSION OF WATER RESOURCES OF THE YANGTZE RIVER 1999

Die CTGPC plant, der Ablagerung von Sedimenten durch eine als „*impounding the clear and discharging the turbid*“ bezeichnete Vorgehensweise entgegenzuwirken. Die Sedimentfracht ist während der Regenzeit, das heißt während der Sommermonate, am größten. Im Mai wird, wie oben beschrieben, der Wasserstand des Stausees auf 145 m ü. M. abgelassen werden. Durch die 23 Grundablässe sollen die während der Aufstauungsphase abgelagerten Sedimente mit dem verstärkten sommerlichen Abfluss ausgespült werden. Die Vorgehensweise wird folgendermaßen beschrieben (CTGPC 2000, S. 9):

¹¹ Die an der Messstation in Yichang gemessene Sedimentfracht entspricht in etwa der Sedimentfracht, die derzeit jährlich den Bereich der Dammbaustelle durchfließt, denn zwischen der Dammbaustelle und Yichang münden keine großen Nebenflüsse mit nennenswerten Sedimenteinträgen in den Yangtze. Yichang ist die hydrologische Messstation am Yangtze, welche die geringste Entfernung zur Dammbaustelle aufweist.

„In the flood season from June to September, when the inflow carrying 61 % of the annual runoff and 84 % of annual sediment, the reservoir draws down to flood control level of 145 m, which creates a condition in favor of sediment sluicing, allows a huge amount of sediment being discharged out of reservoir through the bottom outlets, causing „discharging the turbid“ to be realized. In the end of October, with a decrease in sediment concentration, the reservoir will be impounded up to normal pool level 175 m causing „impounding the clear“ to be realized. By such an operation manner, most of the sediment load in the reservoir inflow will be discharged to the downstream of the dam.“

Die Form des zukünftigen Stausees gleiche durch seine geringe Breite (durchschnittlich 1,3 km) eher einem Fluss als einem Stausee. Die steilen Wände der Schluchten böten wenig Raum für Sedimentationsprozesse. Numerische Analysen mathematischer Modelle führten zu dem Ergebnis, dass nach 80-100 Jahren der Nutzung des Staubeckens ein Gleichgewicht zwischen Ablagerung und Transport der Sedimente erreicht werden würde. Nach diesem Zeitraum würden noch 86 % des Flutkontrollvolumens erhalten sein (vgl. YVWRPB, MWR & NEPA 1999, S. 84 f.). Des Weiteren wurden Versuche zu Sedimentationsvorgängen an 14 Modellen durchgeführt, 5 davon für den Bereich des Staudammes, 9 für das obere Ende des Stausees. Die Ergebnisse dieser Versuche versprechen, dass Sedimentationsprozesse in den nächsten 30 Jahren keine negativen Effekte für die Schifffahrt und Stromproduktion erwarten lassen. Die Wahrscheinlichkeit, dass Schifffahrt und Stromerzeugung noch einige Zeit länger ohne zusätzliche Maßnahmen wie Ausbaggern und Reparaturen auskommen werden, sei groß, denn in diesen Modellen seien Faktoren wie die Aufforstung am Yangtze-Oberlauf, Bodenerhaltungsmaßnahmen und weitere geplante Stauseen im Yangtze-Einzugsgebiet oberhalb des Drei-Schluchten-Stausees nicht enthalten gewesen (vgl. CTGPC 2000, S. 10 f.).

QIAN, ZHANG & CHEN (1993) stufen in einem Aufsatz die Vorgehensweise von *„impounding the clear and discharging the turbid“* als Erfolg versprechend ein. Für den Fall, dass der Stauinhalt durch die Ablagerung von Sedimenten verringert werde, bestünde die Möglichkeit, diese durch große Abflussmengen bei niedrigem Wasserstand in der Regenzeit wieder abzutragen. Mit dieser Vorgehensweise habe man am Sanmenxia-Stausee am Huanghe nach anfänglichen Problemen mit der Ablagerung von großen Sedimentmengen gute Erfahrungen gemacht. Durch seine geringe Breite eigne sich der Drei-Schluchten-Stausee deutlich besser für diese Vorgehensweise als das Sanmenxia-Staubecken, dessen Breite zwischen 400 m und 5.800 m variiert. Nach vierjährigem Einsatz mit langfristig hohem Wasserstand waren von den ehemals

5,89 km³ Stauinhalt des Sanmenxia-Staubeckens nur noch 2,21 km³ übrig, 62 % des Stauinhalts waren somit mit Sedimenten aufgefüllt. In der Folge wurde durch einen Umbau der maximal mögliche Durchfluss erhöht und der Wasserstand während der Regenzeit um 16 m erniedrigt. In den darauffolgenden Jahren seien nicht nur die in den Stauee hineinfließenden Sedimente durch den Stauee hindurchgeflossen, sondern bereits abgelagerte Sedimente seien herausgespült worden und der Stauinhalt habe sich wieder auf 3,1 km³ vergrößert. Auch wenn in diesem Aufsatz das Risiko der Ablagerung von Sedimenten als gering eingeordnet wird, betonen die Autoren trotzdem, dass während der Absenkung des Wasserstandes in der Trockenzeit mit zeitweiligen Blockaden durch Sedimentation in der Schifffahrtsrinne gerechnet werden müsse.

WILLIAMS (1993) sieht das Drei-Schluchten-Projekt als gigantisches Experiment an, da für einen Stauee dieser Größenordnung bezüglich der zukünftigen Vorgehensweise gegen das Ablagern von Sedimenten keine Erfahrungswerte vorliegen. Die Aussage des YANGTZE VALLEY WATER RESOURCES PROTECTION BUREAU, dass nach 80-100 Jahren noch 86 % des Flutkontrollvolumens erhalten sein werden, kommentiert er folgendermaßen (WILLIAMS 1993, S. 137): *„What this really means is that [...] after 100 years, about 50 % of the reservoir volume will have filled up with sediment, but maintains that only about 10-15 % of the active power pool have been filled because [...] most of the sediment will fill the deepest part of the reservoir.“* Er befürchtet weiterhin eine Unterschätzung der Stauinhaltsverminderung. Unterschätzt würden vor allem das episodische Auftreten des Sedimenteintrages und Hangrutschungen in das Staubecken.

LEOPOLD (1996) erklärt, dass Vorhersagen der zukünftigen Verhältnisse bezüglich der Sedimentation nach Erfahrungen an großen Staudammprojekten in den U.S.A. kaum mehr als 50 Jahre vorausgesagt werden können. Ein Vorhersehen der Bedingungen in 100 Jahren sei nicht möglich. Auch wenn sich die Sedimentfracht relativ exakt kalkulieren lasse, so sei die Wahrscheinlichkeit von Fehleinschätzungen der tatsächlichen Sedimentationsrate sehr groß. Weiterhin wird in diesem Aufsatz herausgestellt, dass die höchsten Sedimenteinträge mit den größten Abflussmengen einhergehen und dass, wenn diese großen Abflussmengen aus Gründen des Hochwasserschutzes aufgehalten werden, die Sedimente nicht aus dem Staubecken herausgespült werden können. Der Bedarf an Hochwasserrückhalteraum und gleichzeitig an Sedimenttransport sei antithetisch.

Diese Gegensätzlichkeit wird auch in einem Aufsatz der ECONOMIC CONSTRUCTION GROUP OF THE CHINESE PEOPLE'S POLITICAL CONSULTATIVE COMMITTEE (1993) betont. In der Regenzeit, wenn die Wassermassen die größte Sedimentfracht mit sich führen, werde ein Teil des Abflusses durch das Kappen der Hochwasserwellen im Staubecken gespeichert

und die mitgeführten Sedimente lagerten sich ab. Im Laufe der Zeit sei mit der Akkumulation großer Sedimentmengen zu rechnen. Es sei zwar möglich, Sedimente, die sich in der näheren Umgebung des Dammes akkumulieren, herauszuspülen, für Sedimente, welche sich am oberen Ende des Stausees ablageren würden, sei diese Möglichkeit jedoch nicht gegeben.

Insgesamt betrachtet kann das Problem der Ablagerung von Sedimenten im Staubecken kaum als gelöst eingestuft werden. Trotz des enormen Forschungsaufwandes, der betrieben wurde, um dieses Problem zu lösen, erscheint die Betriebsweise von „impounding the clear and discharging the turbid“ nicht geeignet zu sein, um Sedimente, die sich aufgrund der verminderten Fließgeschwindigkeit am oberen Ende des Stausees ablageren, herauszuspülen. Die Fließgeschwindigkeit am oberen Ende des Staubeckens wird von derzeit etwa 2 m/s auf 0,25-0,5 m/s abnehmen (vgl. FANG 2000, S. 164). Eine solch enorme Verkleinerung der Fließgeschwindigkeit führt zwangsläufig zu erheblicher Sedimentation. Es ist nicht anzunehmen, dass das YVWRPB mit der Aussage, das Flutkontrollvolumen sei nach 80-100 Jahren noch zu etwa 86 % erhalten, gleichzeitig impliziert, zusätzlich würde der gesamte Totraum des Staubeckens mit Sedimenten aufgefüllt werden (vgl. WILLIAMS 1993, S. 137). Vielmehr ist wohl eine unglückliche Ausdrucksweise gewählt worden. Aus Überschlagsrechnungen ergibt sich, dass bei Ablagerung sämtlicher Sedimente - kalkuliert auf der Basis der oben aufgeführten Datenreihe der Messstation in Yichang - nach 100 Jahren etwa die Hälfte des Staubeckens mit Sedimenten aufgefüllt ist. Da aber keinesfalls die gesamte Sedimentfracht im Staubecken abgelagert werden wird, sind die Vorwürfe von WILLIAMS unberechtigt.

Die bei LEOPOLD und der ECONOMIC CONSTRUCTION GROUP OF THE CHINESE PEOPLE'S POLITICAL CONSULTATIVE COMMITTEE herausgestellte Problematik des Widerspruchs der möglichen Nutzung des Hochwasserrückhalteraumes und des gleichzeitigen Herausspülens der Sedimente ist überzeugend. Ein gleichzeitiges Kappen von Hochwasserwellen, das heißt Aufstauen, ist nicht zu verbinden mit dem Herausspülen von Sedimenten. Die Frage, inwieweit die abgelagerten Sedimente, sollte gegen Ende der Regenzeit noch einmal der Wasserstand von 145 m ü. M. erreicht werden, herausgespült werden können, kann im Rahmen dieser Arbeit nicht beantwortet werden.

Ein Indikator für die bis jetzt nicht vorhandene Problemlösung bezüglich der Sedimentation ist die Aussage des YWRPB, dass in den nächsten 30 Jahren nicht mit negativen Auswirkungen der Sedimentation auf die Schifffahrt und Stromerzeugung zu rechnen sei. 30 Jahre sind kein allzu langer Zeitraum. Von nachhaltiger Planung kann an dieser Stelle nicht die Rede sein. Sicherlich werden sich in den flussaufwärts geplanten

Stauseen Teile der Sedimentfracht ablagern und durch Bodenerhaltungsmaßnahmen weniger Sedimente zugeführt werden. Im Bereich des Stausees ist jedoch mit einer Zunahme der Erosion zu rechnen.

Nach der Aufstauung wird fruchtbares derzeit intensiv agrarisch genutztes Schwemmland überflutet werden. Im Rahmen der Umsiedlungsmaßnahmen wird weniger fruchtbares Ackerland hangaufwärts erschlossen werden. Schätzungen gehen davon aus, dass zur Erwirtschaftung gleicher landwirtschaftlicher Erträge hangaufwärts fünfmal soviel Fläche benötigt werden wird (vgl. LU & HIGGIT 2001, S. 159). Die Steilheit der Hänge nimmt mit der Höhe bedingt durch die Talform im Drei-Schluchten-Gebiet zu (siehe Kapitel 2.2.1). Die engen Täler bieten ohnehin auf der Talsohle nur sehr begrenzten Raum zur landwirtschaftlichen Nutzung, welcher nach der Aufstauung vollständig wegfällt. Wird im Anschluss an das Aufstauen des Yangtze aufgrund der geringeren Fruchtbarkeit des Ackerlandes mehr Fläche agrarisch genutzt, deren Hangneigung zusätzlich größer ist, dann ist eine Zunahme der von Erosionserscheinungen betroffenen Fläche zu erwarten. Durch eine Bewirtschaftung des Ackerlandes in Terrassen lassen sich die Erosionserscheinungen zwar verringern, jedoch nicht verhindern. Auf den Verlust der landwirtschaftlichen Nutzfläche und den Versuch der Kompensation wird in Kapitel 3.3.7 detailliert eingegangen.

Exkurs: Landnutzungsänderungen und ihr Einfluss auf die Bodenerosion

Für die Provinzen Sichuan und Guizhou, die zum Einzugsgebiet des Yangtze-Oberlaufes zählen, belegen zwei Studien, von denen eine in den 1950er Jahren und eine in den 1980er Jahren durchgeführt wurde, für diesen Zeitraum eine Verringerung der Waldfläche durch Rodungen und eine Ausdehnung der landwirtschaftlich genutzten Fläche. Für die Provinz Sichuan wurde eine Abnahme der Waldfläche von 19 % auf 12 % festgestellt und für die Provinz Guizhou von 23 % auf 13 %. Gleichzeitig habe sich die von Erosion betroffene Landfläche in der Provinz Sichuan von 16 % auf 67 % und in der Provinz Guizhou von 11 % auf 31 % ausgedehnt (vgl. HIGGIT & LU 2001, S. 145).

Bei Betrachtung von Abbildung 3.5 lässt sich für die Messstation in Yichang allerdings kein anwachsender Trend für die Sedimentfracht erkennen. Dies kann hauptsächlich mit wasserbaulichen Maßnahmen begründet werden. Die Gesamtkapazität an Reservoiren im Einzugsgebiet des Yangtze-Oberlaufes wird für Mitte der 1980er Jahre mit 16 km³ beziffert; durch Sedimentation seien jährlich durchschnittlich 0,3 km³ Stauinhalt verloren worden (vgl. HIGGIT & LU 1999, S. 270).

Im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojektes am Zentrum für internationale Entwicklungs- und Umweltforschung (ZEU) der Justus-Liebig-Universität Gießen sollen am Beispiel des Einzugsgebietes des Xiangxi, des von der Drei-Schluchten-Staumauer aus betrachtet ersten größeren Zuflusses in den zukünftigen Stausee aus nördlicher Richtung, Möglichkeiten einer ökonomisch und ökologisch nachhaltigen regionalen Landnutzung erarbeitet werden. In diesem Forschungsprojekt sollen unter anderem agrarpolitische Vorgaben und Produktionsziele überprüft, sowie Wege zur Minderung der Erosion und des Oberflächenabflusses gefunden werden. In der derzeit entstehenden Diplomarbeit von DEPPE werden die aktuellen Bodenressourcen des Xiangxi-Einzugsgebietes analysiert und die durch die Flutung verursachten Landnutzungsänderungen und Bodenerosionspotenziale simuliert.

3.3.3 Hangrutschungen

Der Problematik von Hangrutschungen wird ein eigenes Unterkapitel gewidmet, um die Bedeutung für den Bereich der drei Schluchten herauszustellen. Die Thematik hätte bereits in den Unterkapiteln zur geologischen Eignung des Damm-Standortes oder zur Sedimentation im Stausee aufgeführt werden können; ein eigenes Unterkapitel ermöglicht jedoch eine pointiertere Betrachtung.

Nach Angaben der CTGPC ist keine Schädigung des Staudammes durch Hangrutschungen möglich, da größere Hangrutschungen erst in einer Entfernung von 26 km stromaufwärts des Dammes zu erwarten sind. Das Gesamtvolumen an rutschungsgefährdetem Material betrage 340 Millionen m³ (vgl. CTGPC 2000, S. 12).

Diese Angaben entsprechen weitestgehend den in unabhängigen Studien ermittelten Werten. Bei CHEN (1999) wird das Volumen an rutschungsgefährdetem Material auf 344 Millionen m³ geschätzt und die Entfernung größerer rutschungsgefährdeter Gebiete wird mit 26 km angegeben. WU et al. (2001) bemessen diese Entfernung weniger exakt auf über 20 km, so dass kein direkter Einfluss auf den Staudamm zu befürchten sei, betonen aber eine mögliche Behinderung der Schifffahrt, die Möglichkeit der Verschüttung von Strassen und die Gefahr für den Menschen. Besonders gefährdet sei der Abschnitt zwischen Xiangxi und Xintan im Kreis Zigui sowie der Bereich um die Kreisstadt Badong. Zwischen den Städten Xiangxi und Xintan seien vier größere Hangrutschungen aufgetreten, in dem Bereich um die Stadt Badong habe man zehn Rutschungen registriert.

An dieser Stelle soll als Beispiel die Huangtupo-Rutschung genauer betrachtet werden (vgl. DENG et al. 2000, S. 67 f.). Während der Bauarbeiten zur Umsiedlung der Kreisstadt Badong ereigneten sich im Jahr 1995 in dem Bereich der neuen Kreisstadt zwei kleinere Rutschungen. Deshalb wurden anschließend detaillierte geologische Untersuchungen bezüglich der Hangstabilität durchgeführt. Diese ergaben, dass man offenbar begonnen hatte, New-Badong auf einer alten, großen Erdrutschung zu errichten. Das Alter der Rutschung wird auf etwa 100.000 Jahre geschätzt. Eine Reaktivierung der gesamten Rutschung sei äußerst unwahrscheinlich, da die gerutschten Massen keine Einheit mehr darstellten. Eine partielle Zementierung durch Karbonate stabilisiere tiefere Schichten. Das Abrutschen von Teilen der alten Rutschung wie im Jahr 1995 werde sich jedoch fortsetzen. Beispielsweise könne das Auffüllen des Drei-Schluchten-Stausees zu einer partiellen Reaktivierung der alten Hangrutschung führen. Trotz dieser Untersuchungsergebnisse wurde die Errichtung der Stadt New-Badong fortgesetzt, und mittlerweile ist sie bewohnt. DENG et al. empfehlen eine Evakuierung der Bewohner, denn die Kontrolle eines gefährdeten Bereiches dieser Größenordnung sei extrem schwierig und teuer.

Zusammenfassend dargestellt ist eine direkte Gefährdung des Staudammes durch Hangrutschungen ausgeschlossen. Die Möglichkeit der Behinderung des Schiffverkehrs durch Ablagerungen infolge von Rutschungen ist gegeben; die Wahrscheinlichkeit, dass hierdurch das Flussbett blockiert wird, ist nach der Aufstauung wegen des erhöhten Wasserspiegels geringer. Offensichtlich sind die Gefahren, die von Hanginstabilitäten ausgehen, bei der Planung zumindest von New-Badong unterschätzt worden. Eine partielle Reaktivierung der alten Hangrutschung stellt eine sichtbare Gefahr für das Wohlergehen und das Leben der Bewohner dar.

3.3.4 Geomorphologische Effekte flussabwärts des Drei-Schluchten-Staudammes

Die durch Sedimentationsprozesse im Stausee verminderte Sedimentfracht des Yangtze wird flussabwärts des Drei-Schluchten-Staudammes geomorphologische Folgeerscheinungen mit sich bringen. Diese sind offensichtlich und müssen, da sie vom YANGTZE VALLEY WATER RESOURCES PROTECTION BUREAU nicht anders eingeschätzt werden als von Kritikern, nicht weiter diskutiert werden, sollen jedoch aus Gründen der Vollständigkeit aufgeführt werden.

Wie dargestellt wird ein Teil der Sedimentfracht im Stausee akkumulieren und daher die Sedimentfracht flussabwärts des Dammes verringert sein. Der Yangtze wird in dem auf

den Stausee folgenden Streckenabschnitt nicht wie bisher akkumulieren sondern erodieren.

Aus Erfahrungen, die man am Danjiangkou-Stausee am Hanjiang (siehe Kapitel 4 für eine Detailkarte des Yangtze-Mittellaufes und eine Beschreibung der dortigen Hochwasserproblematik) gemacht hat, folgert das YANGTZE VALLEY WATER RESOURCES PROTECTION BUREAU, dass nach 40-50 Jahren des Betriebes des Drei-Schluchten-Staubeckens das Flussbett bis nach Wuhan tiefergelegt sein werde. Diese Tieferlegung werde mit zunehmender Entfernung vom Staudamm geringer werden, folglich also im Bereich der Jingjiang-Strecke am gravierendsten sein. Durch diese Tieferlegung werde eine Erniedrigung des Pegels bei gleichem Abfluss herbeigeführt, was sich für die Sicherheit dieses Streckenabschnittes gegenüber Hochwasserereignissen positiv auswirke und auch das Problem von Waterlogging reduziere. Dabei müsse beachtet werden, dass das veränderte Belastungsverhältnis eine Gefahr für das vorhandene Deichsystem darstellt (die Deiche könnten unterspült werden) und auch durch Flusslaufverlagerungen zu Behinderungen in der Schifffahrt führen könnte (vgl. YVWPRB, MWR & NEPA 1999, S.87).

Positiv werde sich die geringere Sedimentfracht auf den Dongtingsee auswirken, dessen Wasserfläche in den letzten 100 Jahren durch die Ablagerung von Sedimenten um etwa 70 % geschrumpft ist (siehe Kapitel 4.2). Die Sedimentation im Dongtingsee werde sich deutlich verringern und somit seine Lebensdauer verlängern (vgl. YVWPRB, MWR & NEPA 1999, S. 95).

Die Auswirkung des Drei-Schluchten-Projektes auf das Yangtze-Delta durch die Intrusion von Salzwasser infolge des veränderten Abflussregimes sei als gering einzuschätzen (vgl. YVWPRB, MWR & NEPA 1999, S. 101).

Die Tieferlegung des Flussbettes wird beispielsweise bei LARSON (1993) betrachtet, die Sedimentationsprozesse im Dongtingsee und die Wirkung des Drei-Schluchten-Projektes auf die Sedimentation im Dongtingsee bei DU et al. (2001). Die Auswirkungen auf das Yangtze-Delta werden bei WANG (1993) detailliert beschrieben.

3.3.5 Die Ausbreitung der Infektionskrankheit *Schistosomiasis japonica*

Das Aufstauen von Flüssen begünstigt die Ausbreitung einer Reihe von Krankheiten. Am Beispiel von *Schistosomiasis japonica* wird eine eventuelle Ausbreitung diskutiert. Andere Krankheiten, deren Verbreitung nach der Aufstauung der Wassermassen im Rahmen des

Drei-Schluchten-Projektes befürchtet werden, sind beispielsweise *Malaria* und *Leptospirosis*. Zunächst erfolgt eine etwas ausführlichere Begriffserklärung zu Schistosomiasis japonica und eine Darstellung des Entwicklungszyklus von Schistosoma (vgl. PSCHYREMBEL KLINISCHES WÖRTERBUCH 1986), da diese Erkrankung in Europa weitgehend unbekannt ist.

Die Krankheit Schistosomiasis (auch *Bilharziose*) japonicum ist eine durch Saugwürmer der Gattung Schistosoma japonicum hervorgerufene Infektionskrankheit, die bei Menschen und Tieren beobachtet werden kann. Schistosomiasis japonicum ist eine in Ostasien verbreitete Form der *Leber- und Darmbilharziose*, die unbehandelt zu *Leberzirrhose* führen kann. Bei einer Infektion im Kindesalter können Entwicklungsstörungen wie Zwergwuchs auftreten. Der Entwicklungszyklus von Schistosoma wird folgendermaßen beschrieben:

Infizierte Personen scheiden mit Urin und Kot Eier aus. Bei mindestens 20 ° C schlüpfen Mirazidien (Wimperlarven), welche ins Wasser ausschwärmen und in Wasserschnecken eindringen, die als Zwischenwirt fungieren. Hier entwickeln sich die Mirazidien weiter zu Sporozysten, die Zerkarien (Schwanzlarven) hervorbringen. Die Zerkarien schwärmen ins Wasser aus, durchbohren die menschliche Haut und entwickeln sich innerhalb von zwei bis drei Monaten im Venensystem zu Adultwürmern. Die Fortpflanzung erfolgt in den menschlichen Blutgefäßen. Der Mensch übernimmt die Funktion des Endwirts. Die Infektion erfolgt durch den Kontakt mit infiziertem Wasser beim Baden, bei dem Genuss infizierten Trinkwassers oder bei der Berufsausübung von Landwirten beispielsweise in Reisanbaugebieten.

Mit einer Äußerung von PATRICIA ADAMS von PROBE INTERNATIONAL soll die Diskussion eingeleitet werden. ADAMS schreibt, der Drei-Schluchten-Staudamm werde zur Verbreitung von Krankheiten wie Schistosomiasis beitragen (vgl. ADAMS 1995).

Die BROCKHAUS DVD-ROM 2002 enthält einen Bericht mit dem Titel: Drei-Schluchten-Damm: Chinas großer Sprung nach vorn? In diesem wird darauf hingewiesen, dass bei den in den Flussmarschen und Bewässerungsgebieten arbeitenden Bauern mit einer Ausbreitung der Wurmerkrankung Schistosomiasis zu rechnen sei.

Das YANGTZE VALLEY WATER RESSOURCES PROTECTION BUREAU (1999) erklärt, der Bereich des zukünftigen Stausees sei derzeit frei von befallenen Wasserschnecken und infizierten Personen. Zwei Verbreitungsgebiete seien flussaufwärts des Drei-Schluchten-Staudamms vorzufinden, davon befinde sich eines nahe Chengdu in der Provinz Sichuan und das andere in der Provinz Yunnan. Die Entfernung der beiden Verbreitungsgebiete

vom zukünftigen Staubecken betrage über 400 km. Weitere Verbreitungsgebiete finde man flussabwärts des Dammes in den landwirtschaftlich genutzten Ebenen entlang des Yangtze-Mittel- und -Unterlaufes. Die geringste Entfernung eines solchen Gebietes zum Staudamm betrage 100 km. Die Ausbreitung von befallenen Wasserschnecken in das Gebiet des Stausees sei sehr unwahrscheinlich, da sich die Schnecken weder kriechend noch schwimmend so weit fort bewegen könnten. Des Weiteren hätten Versuche gezeigt, dass auch der Transport von Wasserschnecken durch Haften auf einem Schiffsrumpf oder sonstigen schwimmenden Gegenständen sehr unwahrscheinlich sei, da die Schnecken binnen kürzester Zeit abgefallen seien. Die Verbreitung befallener Wasserschnecken sei meist einhergegangen mit der Überflutung von Landflächen während Hochwasserereignissen. Das Drei-Schluchten-Projekt werde die Überflutungen am Yangtze-Mittel- und -Unterlauf deutlich verringern, wodurch die Möglichkeit der Ausbreitung befallener Schnecken und das Auftreten der Krankheit Schistosomiasis in den Ebenen des Yangtze-Mittel- und -Unterlaufes reduziert werde (vgl. YWVRPB, MWR & NEPA 1999, S. 90).

Zur Ausbreitung von Schistosomiasis liegen drei Aufsätze aus internationalen Fachzeitschriften vor:

ZHENG et al. (2002) führen sowohl positive als auch negative mögliche Folgeerscheinungen des Stausees auf die Ausbreitung von Schistosomiasis auf. Die dargelegte positive Folgewirkung gleicht der Aussage des YANGTZE VALLEY WATER RESSOURCES PROTECTION BUREAU (ZHENG et al. 2002, S. 147): „*Positive impact on control of schistosomiasis is that floods in the Yangtze River will occur less and will decrease the dispersal of snails and the chances of infection for humans and animals as well.*“ In diesem Aufsatz wird darauf hingewiesen, dass die Bedingungen zur Ausbreitung von Schistosomiasis im Bereich des Stausees sehr günstig seien. Insbesondere die Gebiete zwischen 145 m ü. M. und 175 m ü. M., die in den Wintermonaten überflutet sind und die restliche Zeit des Jahres je nach Höhenlage unterschiedlich lange trocken liegen, eigneten sich für die Besiedlung mit befallenen Wasserschnecken. Des Weiteren sei für den Fall, dass das derzeit nicht betroffene Gebiet zu einem Verbreitungsraum von Schistosomiasis wird, mit einer Ausbreitung der befallenen Wasserschnecken in die Siedlungen umgebende Gräben zu rechnen.

MASZLE et al. (1998) betonen wie ZHENG et al. (2002) die bestehende Gefahr der Ausbreitung von Schistosomiasis im Bereich des Stausees. Sie sehen folgende Gefahrenquellen (MASZLE et al. 1998, S. 202 f.): „[...] *the Three Gorges Dam project in China is likely to provide new sites for concentration of schistosomiasis through the massive movement of people and materials into and out of areas now free of the disease,*

through the development of new habitats for the snail vectors via accumulations of sediment and formation of marshland, and through the greatly increased use of irrigation above and below the dam.“ In dieser Studie wird weiterhin aufgezeigt, dass man, falls sich Schistosomiasis im Stausee-Gebiet ausbreiten sollte, mit dem Einsatz von Medikamenten bei Menschen und Tieren diese Ausbreitung eindämmen könne. In einem der Verbreitungsgebiete in der Provinz Sichuan habe man die Infektionsrate von 45-50 % auf weniger als 5 % senken können.

Dieser Prognose widersprechen SLEIGH & JACKSON (1998). Sie befürchten eine gravierende Ausbreitung von Schistosomiasis, da diese Infektionskrankheit trotz 40-jährigem Kontrollprogramm am Yangtze nicht ausgelöscht wurde.

Die Gefahr der Ausbreitung von Schistosomiasis in das Gebiet des Stausees ist unter Einbezug sämtlicher zitierter Aufsätze offenkundig vorhanden. Die Wahrscheinlichkeit, dass befallene Schnecken den Stausee erreichen werden, mag gering sein; die Möglichkeit der Verbreitung über infizierte Personen scheint jedoch durchaus möglich zu sein. Bedenkenswerte Faktoren hierbei sind zum einen die wachsende Mobilität der Bevölkerung und zum anderen das Einleiten ungeklärter Haushaltsabwässer in den Yangtze. Die meisten auf dem Yangtze verkehrenden Schiffe leiten Fäkalien direkt in das Wasser des Yangtze. Diese Möglichkeit der Verbreitung wird in der Argumentation des YANGTZE VALLEY WATER RESSOURCES PROTECTION BUREAU nicht betrachtet.

Es soll betont werden, dass sich das Drei-Schluchten-Projekt durch seine Hochwasserschutzfunktion auf die Verbreitung von Schistosomiasis in den Gebieten flussabwärts des Staudammes positiv auswirken wird. Für das Gebiet des Stausees selbst sind in dieser Hinsicht keine positiven Veränderungen zu erwarten beziehungsweise möglich. Im Gegenteil: Das Risiko der Ausbreitung von Schistosomiasis im Bereich des Stausees darf keinesfalls unterschätzt werden.

3.3.6 Wasserqualität

Das Problem, dass bisher große Teile des Abwassers dem Yangtze ungeklärt zugeführt wurden und dass dies nach der Aufstauung im Stausee zu einer deutlichen Beeinträchtigung des Ökosystems führen könnte, ist seitens der CHINA THREE GORGES DEVELOPMENT COOPERATION und des YANGTZE VALLEY WATER PROTECTION BUREAUS erkannt, wird jedoch weniger kritisch betrachtet als von Dammgegnern. RENNIE (2002) bezeichnet das Drei-Schluchten-Projekt als „toxic time bomb“ (RENNIE 2002, S. 1). GREENPEACE schreibt, der Stausee werde sich in eine giftige Kloake verwandeln (vgl. GREENPEACE 1997, S. 2).

Es folgt an dieser Stelle keine Diskussion, sondern eine Einschätzung des Problems seitens der CTGPC und eine Vorstellung der Maßnahmen zu seiner Eingrenzung.

Bei der Aufführung der Auswirkungen, die das Drei-Schluchten-Projekt auf die Wasserqualität haben werde, nennt die CHINA THREE GORGES DEVELOPMENT COOPERATION sowohl negative als auch positive. Positiv werde sich das Drei-Schluchten-Projekt durch den erhöhten Abfluss während der Trockenzeit auf die Wasserqualität des Yangtze-Mittel- und -Unterlaufes auswirken und auch die Intrusion von Salzwasser in das Yangtze-Delta verringern. Die Quantität des Abwassers, welches jährlich im Bereich des zukünftigen Drei-Schluchten-Stausees in den Yangtze fließt, beziffert die CTGPC mit 1,35 Milliarden t. Die Wasserqualität des Yangtze sei aufgrund des beträchtlichen Abflusses nur entlang großer Städte gering. Das Drei-Schluchten-Projekt werde durch das Aufstauen der Wassermassen die Fließgeschwindigkeit herabsetzen und die Wasserqualität im Bereich des Stausees werde sich durch die geringere Durchlüftung verschlechtern. Um die Wasserqualität zu sichern, werden Richtlinien zur Einhaltung bestimmter Standards eingeführt werden müssen. Einige kleine Papierfabriken, die stark verschmutztes Wasser abgeleitet haben, seien bereits geschlossen worden, und große Kläranlagen in den Städten Chongqing, Wanzhou und Fuling seien im Bau oder geplant (vgl. CTGPC 2000, S. 24 f.). Die Kapazitäten der geplanten Abwasserreinigungsanlagen sind Tabelle 3.3 zu entnehmen.

Tab. 3.3: Geplante Abwasserreinigungsanlagen im Gebiet des Drei-Schluchten-Stausees

Regierungsbezirk	Geplante Anzahl der Abwasserreinigungsanlagen	Kapazität der Anlagen in t/d	Kapazität der Anlagen in t/a
Chongqing	7	1.790.000	653.350.000
Wanxian	1	50.000	18.250.000
Fuling	2	120.000	43.800.000
Gesamt	10	1.960.000	715.400.000

Quelle: YANGTZE VALLEY WATER RESOURCES PROTECTION BUREAU 2000, S. 64;
eigene Berechnungen

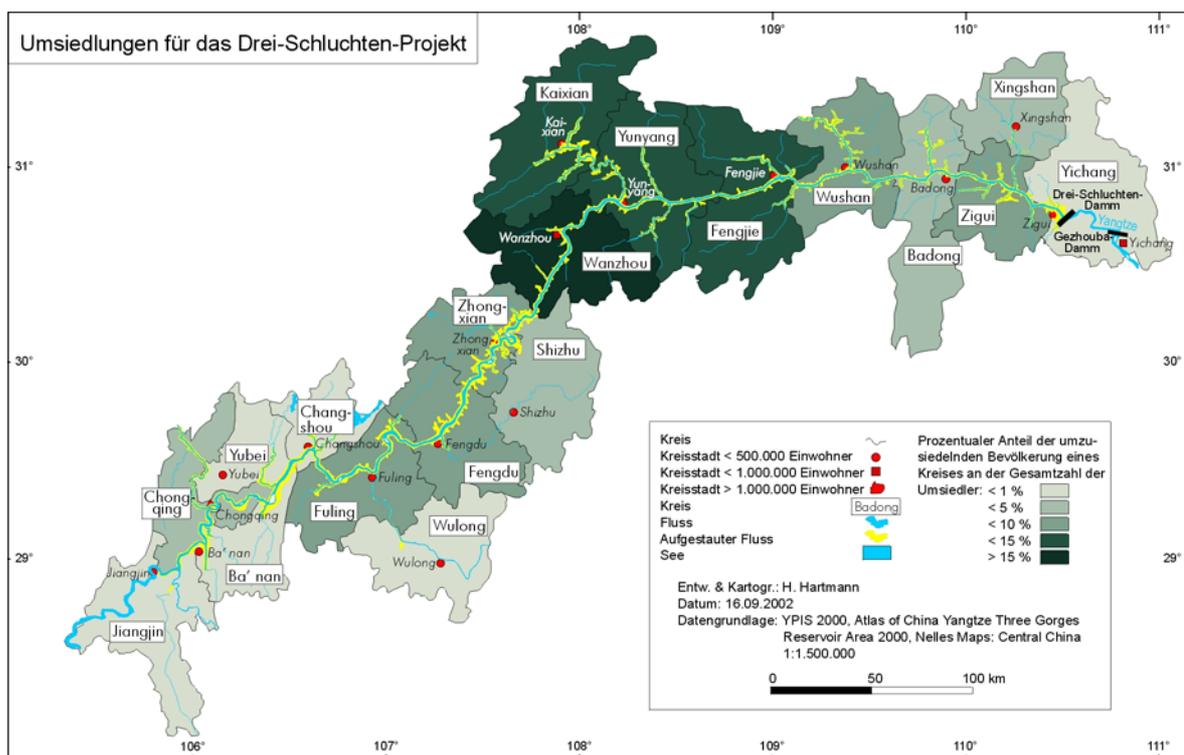
Seit 1999 fördert die Weltbank das Chongqing Urban Environment Project, dessen wichtigster Bestandteil die Chongqing Wastewater Component ist. Im Jahr 1996 wurden 1,072 Milliarden t Abwasser im Bereich des zukünftigen Stausees eingeleitet, davon entstammten 79,3 % der Stadt Chongqing. Von den 1,072 Milliarden t Abwasser zählten 76,5 % zu industriellem Abwasser und 23,5 % zu Siedlungsabwasser (vgl. STATE ENVIRONMENTAL PROTECTION ADMINISTRATION 2000). Bisher werden nur 13 % des gesamten Abwassers gereinigt. Im Rahmen des Chongqing Urban Environment Projects soll durch den Bau von Abwasserreinigungsanlagen für Siedlungsabwasser eine

Reinigungsquote von 25 % und für Industrieabwasser eine Quote von 65 % erreicht werden. Als Schwerpunkte des Projektes werden folgende genannt: Abwasser- und Abfall-Management, Städtische Wasserversorgung sowie Water Quality Monitoring und Management. Die Kosten des Projektes werden auf 500 Millionen US\$ geschätzt, davon werden schätzungsweise 250 Millionen US\$ über einen Weltbank-Kredit bereitgestellt, und die restlichen 250 Millionen US\$ werden über die Regierung und die China State Development Bank finanziert (vgl. WORLDBANK 1999).

3.3.7 Umsiedlungsproblematik

Durch das Aufstauen der Wassermassen werden insgesamt 632 km² Fläche in 13 Kreisen, 3 Stadtbezirken und 3 bezirksfreien Städten überflutet werden. Die Bewohner dieser 3 bezirksfreien Städte, sowie die von 11 Kreisstädten und 116 Landstädten müssen ganz oder teilweise umgesiedelt werden. Die Zahl der umzusiedelnden Menschen wird offiziell auf etwa 1,1 Millionen Menschen geschätzt (vgl. CTGPC 2000 , S. 25), Kritiker hingegen nennen Zahlen von über 1,9 Millionen Umsiedlern (vgl. DAI 1998, S. 4; JACKSON & SLEIGH 2001, S. 66). Abbildung 3.5 zeigt die Verteilung der umzusiedelnden Bevölkerung in den von der Aufstauung des Yangtze betroffenen Kreisen.

Abb. 3.5: Umsiedlungen für das Drei-Schluchten-Projekt



Die für die Durchführung des Projektes erforderlichen Umsiedlungen werden im Ausland besonders kritisch betrachtet. Sie werden von offizieller Seite als „*Development-Oriented Resettlement*“ (YVWRPB, MWR & NEPA 1999, S. 50) bezeichnet. Kritiker sprechen von „*Involuntary Resettlement*“ (JACKSON & SLEIGH 2001, S. 66) oder „*Forcible Resettlement*“ (DAI 1998, S. 4). Eine Tatsache, die eine lokale Wiederansiedlung der umzusiedelnden Bevölkerung limitiert, ist die Überflutung von rund 28.000 ha agrarisch genutzter Fläche (vgl. YVWRPB, MWR & NEPA 1999, S. 48), die zu deutlichen Veränderungen in der Erwerbsstruktur führen wird.

Die Diskussion soll eingeleitet werden mit einer Darstellung des aus dem RESETTLEMENT BUREAU OF THREE GORGES PROJECT CONSTRUCTION COMMITTEE OF THE STATE COUNCIL geplanten „*Development-Oriented Resettlement*“ (vgl. Qi¹² 2000, S. 186 f.).

Durch die limitierte agrarische Nutzbarkeit der verbleibenden Fläche erforderten die naturräumlichen und ökonomischen Rahmenbedingungen keine einfache Umsiedlung, sondern eine Reorganisation der sozialen und wirtschaftlichen Struktur in der Region. Im Jahre 1993 formulierte der Staatsrat die „*Rules for Resettlement for the Three Gorges Project Construction*“ als Grundlage für die Durchführung einer entwicklungsorientierten Umsiedlung. Folgende Prinzipien sind in diesen Gesetzen enthalten:

- 1. Das Prinzip der angemessenen Entschädigung:** Nach detaillierten Untersuchungen vor Ort sowie über Luftbilder und Karten in den Jahren 1991 bis 1992 wurde die Entschädigungssumme auf 40 Milliarden Yuan kalkuliert.
- 2. Das Prinzip der Reorganisation der Entwicklung:** Als erstes sollen nach der Überflutung die Produktionsfaktoren reorganisiert werden, um ökonomisches Wachstum zu ermöglichen und Arbeitskräfte einzubinden.
- 3. Das Prinzip der Verantwortungsübernahme seitens der Regierung:** Für die Durchführung der Umsiedlung wird folgendes Kontrollsystem angewandt (Qi 2000, S. 188): „*Leadership [is] maintained in the central government, responsibility [is] taken by the related provinces, and implementation [is carried out] at county level*“. Der Staatsrat gründete 1993 das Three Gorges Project Construction Committee mit dem Premierminister des Staatsrates als Vorsitzenden, unter welchem das Resettlement Bureau die Umsiedlungen im Rahmen des Drei-Schluchten-Projektes koordiniert.
- 4. Das Prinzip der nachhaltigen Entwicklung:** Bei der ökonomischen Entwicklung soll auf die Nachhaltigkeit geachtet werden, um den nachfolgenden Generationen eine

¹² Der Autor Qi gehört dem Resettlement Bureau of Three Gorges Project Construction Committee of the State Council an. Sein Aufsatz kann daher als offizielle Quelle eingestuft werden.

unbeschwerte Zukunft zu ermöglichen. Bei der Kalkulation der für eine Region verkraftbaren Menge an Zuwanderern soll einerseits auf die Umweltverträglichkeit und andererseits auf die soziale Integration geachtet werden.

5. **Das Prinzip von „self-reliance“ mit Unterstützung des Staates, bevorzugter Politik und Hilfe von außen:** Das Gebiet um den Drei-Schluchten-Stausee wurde 1994 durch den Staatsrat zur Yangtze River Three Gorges Economic Opening Zone ernannt und genießt somit einen Status wie die Coastal Economic Opening Zone. Der Status der Opening Cities am Yangtze, der dem der Coastal Opening Cities entspricht, wurde den Städten Wanzhou, Fuling und Yichang verliehen, um die ökonomische Entwicklung auch durch ausländische Investitionen ankurbeln zu können. Weiterhin wurden Maßnahmen wie die Reduzierung oder das Erlassen von Agrarsteuern für das neu zu entwickelnde Agrarland ergriffen, um den Umsiedlern den Wiederaufbau ihrer Existenz zu erleichtern.
6. **Das Prinzip der Umsiedler-Partizipation:** Der an sich passive Vorgang der Umsiedlung solle sich zu einer aktiven Bewegung wandeln. Über ein Feedback-System solle die Meinung der Umsiedler einfließen. Um die Probleme der Umsiedler hören, koordinieren und lösen zu können, sollen auf allen administrativen Ebenen „letter-visit work offices“ eingerichtet werden.
7. **Das Prinzip der Gewinnteilung:** Zusätzlich zu den positiven Entwicklungsmöglichkeiten, die sich durch das Drei-Schluchten-Projekt für die betroffene Region böten, wie beispielsweise die verbesserte Infrastruktur und die Regulierung der Wirtschaftsstruktur, solle ein gewisser Anteil des Einkommens aus dem Verkauf von Strom aus dem Drei-Schluchten-Projekt in eine Stiftung fließen. Die Steuereinnahmen aus dem Drei-Schluchten-Wasserkraftwerk sollen zusammen mit dem Geld aus der Stiftung an die lokalen Verwaltungen des Stauseegebietes nach dem jeweiligen Flutungsschadensindex verteilt werden. Diese Fördermittel sollen in einer späteren Unterstützungsphase der Umsiedlung, Entwicklung und Rekonstruktion des Gebietes eingesetzt werden.

Die Umsiedlung der landwirtschaftlichen Bevölkerung¹³ gestalte sich besonders schwierig,

¹³ Die Bevölkerung der VR China ist aufgeteilt in einen landwirtschaftlichen und einen nicht-landwirtschaftlichen Teil. Diese Einteilung richtet sich nicht nach der Tätigkeit, sondern nach dem Status der Haushaltsregistrierung (Hukou). Vor der Reformpolitik durch Deng Xiaoping funktionierte das Hukou als Entwicklungs- und Steuerungselement und unterband eine Land-Stadt Wanderung. Im Zuge der Reformpolitik wurde eine temporäre Migration der landwirtschaftlichen Bevölkerung in Städte erlaubt, was zur Entstehung einer „floating population“ in den Städten der VR China führte. Für eine ausführliche Erläuterung dieser Problematik sei auf die Arbeit von HOF verwiesen (vgl. HOF 1999, S. 82 f.). In einigen Provinzen ist die Ausübung bestimmter Berufe wie beispielsweise das Fahren von Taxis für die landwirtschaftliche Bevölkerung verboten (vgl. HEMING, WALEY & REES 2001, S. 208 f.).

da zum einen der Verlust des seit Generationen bewirtschafteten Landes für diesen sehr traditionell und wertetreu eingestellten Bevölkerungsteil problembehaftet sei und zum anderen die Integration in einer neuen naturräumlichen und sozialen Umgebung schwer falle (vgl. Qi 2000, S. 191). Nach Aussage der CTGPC (2000) zählen gut 40 % der Umsiedler zur landwirtschaftlichen Bevölkerung. Von diesen 40 % werden rund 1/3, das heißt 125.000 Menschen, in andere Provinzen¹⁴ umgesiedelt werden. Von den übrigen 2/3 der landwirtschaftlichen Bevölkerung könnten 60 % weiterhin im Agrarsektor arbeiten und für 40 % müsse man Arbeitsplätze in der Industrie und im tertiären Sektor schaffen (vgl. CTGPC 2000, S. 26).

Insgesamt werden 1599 Industriebetriebe durch die Überflutung verloren gehen. Die Umsiedlung könne für eine Strukturregulation genutzt werden. Kleine Betriebe mit ähnlicher Produktpalette, veralteter technischer Ausrüstung und überholten Managementstrukturen brächten geringe wirtschaftliche Gewinne und verschmutzten zusätzlich häufig in erheblichem Maße die Umwelt. Diese Betriebe stellten eine Belastung für die wirtschaftliche Entwicklung der Region dar und würden nur dann wieder aufgebaut werden, wenn man sie an moderne Erfordernisse anpassen könne. Kombiniert mit Umzug und Wiederaufbau sollen die Organisationsstruktur, die Eignerstruktur und die Produktionsstruktur reguliert werden (vgl. Qi 2000, S. 192 f.).

Eine weitere Möglichkeit für die wirtschaftliche Entwicklung der Region biete der Tourismus. Ein „*Three Gorges tourist market*“ solle aufgebaut werden, der touristische Attraktionen, die abseits des Yangtze liegen - wie etwa Shengnongjia, ein Naturschutzgebiet (gleichnamiger Kreis) nördlich des Kreises Xingshan in der Provinz Hubei - mit dem Bereich der drei Schluchten verbinde (vgl. CHEN 2000, S. 205).

Im nachfolgenden Abschnitt wird aufgezeigt, wie sich die Region und das Leben der Umsiedler nach der Aufstauung verändern werden.

Für die Umsiedler wurden teilweise völlig neue Städte geschaffen, die aufgrund der geomorphologischen Bedingungen eine Form annehmen, die als „backing upon the mountain and facing the water“ beschrieben wird (vgl. Qi 2000, S. 192). Foto 3.4 zeigt ein Beispiel für diesen Siedlungstyp. Im Bereich des zukünftigen Stausees machen Hinweisschilder darauf aufmerksam, zu welcher Zeit die Wassermassen bis zu welchem Punkt aufgestaut sein werden. Eine solche Hinweistafel wird in Foto 3.5 vorgestellt. Foto 3.6 zeigt die Unterschiede zwischen der für diese Region typischen Siedlungsweise der

¹⁴ Eine Auflistung der Zielprovinzen der Umsiedlung bieten HEMING, WALEY & REES (2001). Es werden die Provinzen Sichuan, Jiangxi, Anhui, Jiangsu, Zhejiang, Shandong, Guangdong und Fujian sowie die Municipality Shanghai genannt (vgl. HEMING, WALEY & REES 2001, S. 205).

ländlichen Bevölkerung und dem neuen Siedlungstyp auf. Die Bebauung mit kleinen Häusern ist im ländlichen Raum eher typisch als die am Ufer des Yangtze gebauten vermutlich aus den 1970er Jahren stammenden Wohnblocks in Foto 3.4.

Foto 3.4: Neue Stadt im Kreis Zigui



Aufnahme: H. Hartmann, 05.11.2001

Die Häuser links im Vordergrund sind mittlerweile vermutlich geräumt und abgerissen, um nach der Aufstauung des Yangtze keine Gefahr für die Schifffahrt darzustellen. Hangaufwärts ist im Hintergrund eine neue Siedlung zu erkennen, welche der Form „backing upon the mountain and facing the water“ entspricht.

Bei anderen Umsiedlungsprojekten in der VR China, etwa bei der Durchführung des Sanmenxia-Staudamm-Projektes am Huanghe, wurde hauptsächlich landwirtschaftliche Bevölkerung umgesiedelt (vgl. JING 1997, S. 69). Die für das Drei-Schluchten-Projekt weichenden Menschen zählen zu etwa 60 % zur nicht-landwirtschaftlichen Bevölkerung.

Für die nicht-landwirtschaftliche Bevölkerung stellt die neue Art des Wohnens und Lebens keine Hürde dar. Dieser Teil der Bevölkerung ist mit dem Wohnen in Wohnblocks, die dicht nebeneinander gebaut sind, vertraut. Für diesen Teil stellt sich auch die Problematik der Veränderung in der Erwerbsstruktur nicht. Sie werden allerdings dann bedeutsam, wenn Arbeiter einer Fabrik, die von der Überflutung betroffen sein wird und aus Gründen der Unrentabilität nicht wieder aufgebaut werden wird, entlassen werden und bedingt durch den Arbeitskräfteüberschuss keinen neuen Arbeitsplatz finden. Für den nicht-landwirtschaftlichen Teil der Bevölkerung ist es jedoch wesentlich einfacher, einen festen Arbeitsplatz in einer Fabrik, im tertiären Sektor oder in der Bauwirtschaft zu finden.

Foto 3.5: Hinweisschild nahe der Mündung des Xiangxi

Aufnahme: H. Hartmann, 05.11.2001

Der Text auf der Ankündigungstafel lässt sich sinngemäß wie folgt übersetzen: „Bekanntmachung für die Umsiedler: Im Rahmen der zweiten Bauphase des Drei-Schluchten-Projektes ist bis Ende 2002 das Gebiet zu verlassen. Danach beginnt die Aufstauung. Der Wasserspiegel wird am 1. Juni 2003 auf das Niveau von 135 m ü. M. ansteigen.“

JACKSON & SLEIGH (2001) betonen, dass die Bevölkerung in Städten, bei einer Umsiedlung innerhalb der Stadt des derzeitigen Wohnens, sich üblicherweise zumindest bezüglich der Wohnqualität verbessern werden. Die beiden Autoren äußern sich jedoch sehr kritisch zur Möglichkeit des Auffangens der gegenwärtig im Agrarsektor beschäftigten Personen. Infolge von Umstrukturierungen in der Schwerindustrie Chongqings würden jährlich etwa 150.000 Arbeiter entlassen, von denen nur 53 % einen neuen Arbeitsplatz fänden (vgl. JACKSON & SLEIGH 2001, S. 69).

Foto 3.6: Unterschiede in der Siedlungsstruktur

Aufnahme: H. Hartmann, 05.11.2001

In der unteren Hälfte des Bildes sind vereinzelte kleine Häuser zu erkennen.¹⁵ Der strukturelle Unterschied zur darüber gelegenen neuen Siedlung ist augenscheinlich. Darauf, dass es für einen Teil der Bevölkerung nicht einfach sei, sich in der neuen Umgebung mit einer veränderten Erwerbsstruktur zurechtzufinden, wird in den westlichen Medien häufig hingewiesen. Dem sollte aber immer hinzugefügt werden, dass die neuen Siedlungen den alten in mancherlei Hinsicht durchaus überlegen sind. Beispielsweise gibt es Anschluss an Wasser- und Stromleitung.

Umdenken in der Umsiedlungspolitik

Die Umsiedlungspolitik hat sich seit Beginn der 1990er Jahre verändert. Zu Beginn der Planungen sollte die Wiederansiedlung der umzusiedelnden landwirtschaftlichen Bevölkerung ausschließlich im Bereich des Stausees vorgenommen werden. Man ging davon aus, dass die Landressourcen in den von der Aufstauung des Yangtze betroffenen Kreisen ausreichen würden, um die Existenz der umzusiedelnden landwirtschaftlichen Bevölkerung zu sichern (vgl. LI 1991, S. 40 f.). Im Laufe der 1990er Jahre wurde jedoch deutlich, dass dies nicht möglich sein wird. Nach der Hochwasserkatastrophe am Yangtze im Jahre 1998 wurden sämtliche Projekte zur Urbarmachung des Bodens auf Hängen mit

¹⁵ Diese lockere alte Bebauungsweise ist ausschließlich typisch für den ländlichen Raum. Ältere Viertel in den Städten der VR China sind normalerweise enger bebaut als neuere. Die Bevölkerungsdichte ist in den neueren Vierteln durch die größere Bebauungshöhe jedoch eher größer.

über 25° Neigung durch die chinesische Regierung gestoppt. Diese Bereiche sollen aufgeforstet werden (vgl. WEI 1999). Die Fläche steht somit als agrarische Nutzfläche nicht mehr zur Verfügung. Etwa 30 % der nach der Flutung verbleibenden Fläche ist demnach als landwirtschaftliche Nutzfläche nicht verwendbar (vgl. JING 1997, S. 77). Etwa 45.000 ha derzeit ungenutzter Fläche soll im Rahmen der Durchführung des Drei-Schluchten-Projektes kultiviert werden (vgl. JACKSON & SLEIGH 2001, S. 65), folglich 17.000 ha mehr, als durch die Flutung verloren gehen werden. Das Getreidedefizit für das Gebiet um den Drei-Schluchten-Stausee wird dennoch auf jährlich 150.000 bis 250.000 t geschätzt (vgl. YVWRPB, MWR & NEPA 1999, S. 49), was verdeutlicht, dass jenes neu kultivierte Land sehr viel weniger fruchtbar ist und die Existenz einer sehr viel kleineren Anzahl von Menschen durch dessen Nutzung gesichert werden kann.

Infolgedessen haben sich die Planungen seit Mitte der 1990er Jahre dahingehend verändert, dass eingesehen wurde, dass die landwirtschaftliche Tragfähigkeit der verbleibenden Fläche nicht ausreicht, um die Existenz der rund 450.000 umzusiedelnden Bauern zu sichern. Wie oben aufgeführt, plant man seither, 125.000 Bauern in andere Provinzen umzusiedeln und für einen weiteren Teil der landwirtschaftlichen Bevölkerung Arbeitsplätze in der Industrie und im tertiären Sektor zu schaffen.

Die Gefahr des Entstehens sozialer Konflikte

In der bereits genannten Fernsehreportage des BAYRISCHEN RUNDFUNKS (siehe Kapitel 3.1) wird das Verlassen des angestammten seit Generationen bewirtschafteten Landes als größtes Problem dargestellt und sehr „rührselig“ beschrieben. Das tatsächliche soziale Problemfeld liegt jedoch nicht hier, sondern in den Dörfern und Städten des Zuzugs. Diese Thematik wird in zahlreichen Aufsätzen behandelt (vgl. DING 1998, S. 88 f.; WEI 1999; HEMING, WALEY & REES 2001, S. 205 f.). Es ist nachvollziehbar, dass sich die landwirtschaftliche Bevölkerung sträubt, ihr angestammtes Land zu verlassen, wenn sie keine entsprechende Entschädigung erwartet. Auf die Entschädigung wird im folgenden Abschnitt eingegangen. Aber angenommen, die Entschädigung reicht aus und ein neues Haus in einer neuen Umgebung ist vorhanden, so ist trotzdem mit sozialen Konflikten zu rechnen, und zwar zwischen den Zugezogenen und der alteingesessenen Bevölkerung. Die alteingesessene Bevölkerung ist häufig nur ungern bereit, Umsiedler aufzunehmen, weil sie fürchtet, ihre agrarische Nutzfläche teilen zu müssen.

Durch den enormen Bevölkerungsdruck, dessen Auswirkungen in Kapitel 4.2 beschrieben werden, ist in sämtlichen Provinzen der VR China das fruchtbarste Land bereits kultiviert.

Die Flächen, die nicht landwirtschaftlich oder andersartig genutzt werden, die demnach frei verfügbar sind, sind meist von geringer Fruchtbarkeit. Insofern ist die Sorge der alteingesessenen Bevölkerung nachvollziehbar, insbesondere wenn man folgendes bedenkt: Nach der Einführung des „*Agricultural Responsibility System*“ im Jahr 1978, welches das kollektive agrarische System ablöste, wurde den Bauern das Recht zugesprochen, Land für 15 Jahre oder länger zu pachten. Land, das nicht genutzt worden war, wurde oftmals von Bauern in landwirtschaftliche Nutzfläche umgewandelt und musste nicht registriert werden. Es wird folglich auch nicht besteuert. Infolgedessen ist dieses Land offiziell frei verfügbar, weil es nicht verpachtet ist. Um diese zusätzliche Einkommensquelle muss die alteingesessene Bevölkerung nun fürchten (vgl. DING 1998, S. 82).

An dieser Stelle soll noch einmal kurz auf die in den Massenmedien geäußerte Kritik an den Umsiedlungen eingegangen werden. Kritisiert wird hier, dass Familien und Dorfgemeinschaften auseinandergerissen werden und dass seit Generationen bewirtschaftetes Land aufgegeben werden muss. Diesem Standpunkt muss entgegengestellt werden, dass die VR China ein Land im Umbruch ist, ökonomisch, gesellschaftlich und politisch, wobei der letzte Punkt hier nicht von Bedeutung ist. Der Wandel von einer Agrargesellschaft über die Industriegesellschaft hin zur modernen Gesellschaft, in welcher dem tertiären Sektor die dominante Rolle zukommt, ist in der VR China bei weitem nicht so fortgeschritten wie beispielsweise in der Bundesrepublik Deutschland. Auch innerhalb der VR China ist diese Transformation sehr unterschiedlich ausgeprägt, mit Shanghai an der Spitze. Der gesellschaftliche Wandel hin zur modernen Gesellschaft erfordert eine gewisse Flexibilität, insbesondere von der landwirtschaftlichen Bevölkerung. Ohne diese Flexibilität kann ein Wandel nicht stattfinden. Insofern darf das Auseinanderreißen von Familien- und Dorfgemeinschaften und der Verlust des angestammten Ackerlandes kein Grund sein, die Durchführung des Projektes zu kritisieren, wenn die Umsiedler nach dem Ortswechsel wirtschaftlich keine Verschlechterung erleiden. Eine Schlüsselposition für Flexibilität und ein Fortschreiten im Transformationsprozess hin zur modernen Gesellschaft nimmt die Zugänglichkeit von Bildungseinrichtungen für die gesamte Bevölkerung ein; ein Beispiel hierfür ist der Wandel der Gesellschaft in der Bundesrepublik Deutschland.

Die Entschädigung

Wie oben aufgeführt, wurde die Entschädigungssumme von insgesamt 40 Milliarden Yuan nach detaillierten Untersuchungen vor Ort in Form von Gebäudevermessungen und

Haushaltsbefragungen sowie über Luftbilder und Karten kalkuliert. Es wird vom „Prinzip der angemessenen Entschädigung“ gesprochen. An diesem Punkt setzt die Kritik einiger Wissenschaftler an.

WEI (1999) schreibt in einem Aufsatz folgendes (WEI 1999): „[...] we have to recognize that the region had received almost no development investment in the last four decades due to the planned Three Gorges project.“ Infolgedessen falle die Entschädigung entsprechend niedrig aus, denn die Entschädigung basiere auf der derzeitigen niedrigen Entwicklungsstufe. Für entwickeltere Gebiete sei es demnach erfolversprechender, staatliche Förderungsmittel einzufordern. Ähnliches gelte auch für die Entschädigung des in den Fluten verschwindenden Agrarlandes (WEI 1999): „The compensation money is calculated based mainly on the quality of land. Therefore, poor counties which need more investment would get less compensation money.“

JACKSON & SLEIGH (2000; 2001) äußern sich analog. Sie beschreiben, dass durch die Planungen für den Bau einer Staumauer im Bereich der drei Schluchten die Investitionen durch die Regierung für diese Region bereits seit 1949 sehr gering ausgefallen seien. Der Lebensstandard sei folglich geringer als er sein würde, wenn der Damm nicht geplant worden wäre. Das Autorenteam kommt zu folgender Einschätzung (JACKSON & SLEIGH 2001, S. 67): „Compensation is therefore based on values depressed by years of planned neglect.“ Weiterhin wird aufgeführt, dass es nicht das Ziel sein dürfe zu erreichen, dass es den Umsiedlern wirtschaftlich nicht schlechter ergehe als bisher, dies führe zu ökonomischer Lähmung, sondern dass auch die Umsiedler zu den Nutznießern des Projektes zählen sollten, damit der betroffene Teil der Bevölkerung „freiwillig“ umsiedle (vgl. JACKSON & SLEIGH 2000, S. 230).

Bei DING (1998) wird die oben genannte Problematik dargestellt. Viele Bauern nutzten letztlich mehr Fläche, als registriert war, und der Verlust dieser Fläche wird nicht durch Zahlungen oder neues Land kompensiert. Aus diesem Grund möchten jene Bauern nicht umsiedeln, weil sie Einkommenseinbußen erwarten.

In den westlichen Medien wird immer wieder auf die illegal siedelnde Bevölkerung hingewiesen, die keine Entschädigung zu erwarten hat. Illegale Siedler siedeln aber nach dem Gesetz unberechtigt und können deshalb keine Kompensation erhalten. Dies wäre außerhalb der VR China nicht anders. Insofern ist die Situation dieser Menschen zwar bedauerlich, die Ablehnung von finanzieller Entschädigung ist jedoch nicht zu kritisieren. Würden Häuser, die direkt am Yangtze illegal errichtet wurden, durch ein Hochwasser zerstört, so würden ebenso keine Kompensationsgelder fließen und auch nicht fließen können.

NGOs wie PROBE INTERNATIONAL und INTERNATIONAL RIVERS NETWORK berichten von Fällen der Korruption, die eine Verteilung der Entschädigungszahlungen an die Umsiedler behindere. Die Wege, über welche die Zuteilung der Kompensationszahlung erfolge, vom Resettlement Bureau of Three Gorges Project Construction Committee über die Provinz beziehungsweise Municipality über sämtliche administrativen Ebenen bis hin zu den einzelnen Umsiedlern, seien zu lang. So biete sich auf den verschiedenen Ebenen die Möglichkeit, Geld in die eigene Tasche zu wirtschaften. Eine Art der Geldabzweigung biete die Überschätzung der Anzahl an Umsiedlern.¹⁶ Eine andere Praxis sei die Angabe von mehr urbar gemachtem Land, als tatsächlich urbar gemacht wurde. Dies ist ein doppeltes Übel, weil zum einen Geld ohne allgemeinen Nutzen abfließt und zum anderen von den höheren administrativen Ebenen davon ausgegangen wird, dass das angegebene Land Umsiedlern zugeteilt werden kann. Beide aufgeführten Praktiken bedingen einen Anstieg der Kosten, letztlich bleibt weniger Geld für den einzelnen Umsiedler übrig.

Fazit

Das Umsiedeln von Menschen ist generell keine einfache Aufgabe. An der Umsiedlungspraxis im Rahmen des Drei-Schluchten-Projektes wird viel Kritik geübt, wie auf den Internetseiten diverser NGOs unschwer zu erkennen ist. Dies macht aber auch deutlich, dass das Drei-Schluchten-Projekt im Ausland auf breites Interesse stößt. Ein vorher selbst innerhalb der VR China wenig beachteter (Wirtschafts-) Raum wurde mit der Durchsetzung des Drei-Schluchten-Projektes im Nationalen Volkskongress zu einem Brennpunkt internationalen Interesses. Dieses Hinschauen setzt die Chinesische Regierung zumindest so weit unter Druck, dass eine Wiederholung der zu kritisierenden Umsiedlungspraktiken - wie beispielsweise bei der Durchführung des Xin'anjiang-Power-Station-Project (vgl. MOU & CAI 1998, S. 104 f.) - auszuschließen ist.

Die in Städten lebenden Umsiedler werden, wenn es nicht zum Verlust des Arbeitsplatzes kommt, von der Durchführung des Drei-Schluchten-Projektes mindestens in Hinblick auf die Wohnsituation (Anschluss an Wasser- und Stromleitung) eine Verbesserung erfahren. Für den jüngeren Teil der landwirtschaftlichen Bevölkerung bieten sich bei Umsiedlung in eine Stadt Möglichkeiten, außerhalb des Agrarsektors einen Arbeitsplatz zu finden. Für viele wird es dennoch nicht einfach sein, einen Arbeitsplatz in der Industrie oder im

¹⁶ Weit größere Umsiedlerzahlen als die offiziell angegeben 1,1 Millionen, wie sie etwa von DAI (1998), JACKSON & SLEIGH (2001) oder ADAMS & RYDER (1998) befürchtet werden, sind hiernach nicht zu erwarten, eher das Gegenteil.

tertiären Sektor zu erhalten, weil ohnehin mehr Menschen zu beschäftigen sind, als Arbeitsplätze angeboten werden, und weil das Bildungsniveau zur Ausübung einer Vielzahl von Berufen nicht ausreicht. Besonders schwierig ist es für den älteren Teil der Bevölkerung, sich unter Umständen beruflich umorientieren zu müssen. Während es für jüngere landwirtschaftliche Umsiedler noch möglich erscheint, körperlich schwerer Arbeit beispielsweise in der Baubranche nachzugehen, so gilt dies nicht für ältere Umsiedler.

Die Darstellung von Einzelschicksalen erfolgt in der Presse weit dramatischer, als es der Situation entspricht. Das Unbehagen beim Verlust des seit Generationen angestammten Ackerlandes erscheint nach außen als Traditionsbewusstsein, ist jedoch vielmehr die Sorge vor Einkommenseinbußen aus den oben genannten Gründen. Die Transformation von der Agrargesellschaft hin zur modernen Gesellschaft erfordert Flexibilität. Entsprechende Entschädigung und dauerhafte Einkommenssicherung vorausgesetzt, ist einer Umsiedlung kein schlagkräftiges Argument entgegenzusetzen.

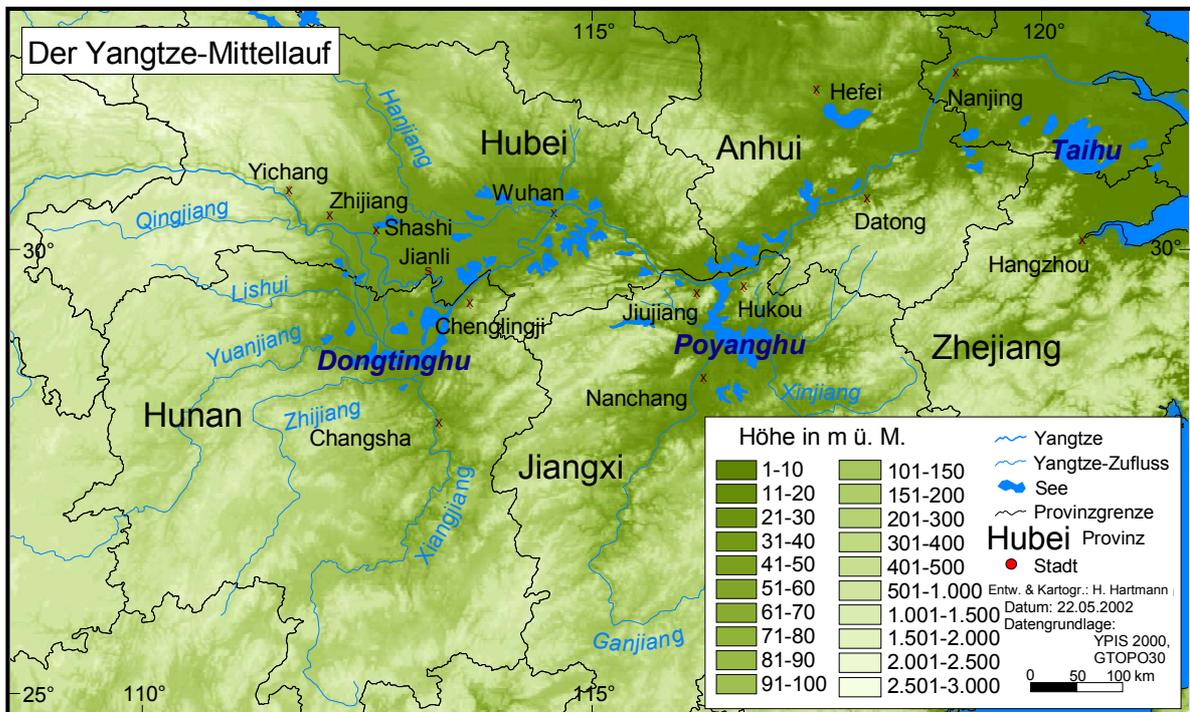
4 Die Hochwassersituation am Yangtze-Mittellauf

Nachdem die Diskussion verschiedener Punkte in Kapitel 3 auf der Basis unabhängiger Studien erfolgte, werden in diesem Kapitel eigene Untersuchungen angestellt. Das Drei-Schluchten-Projekt soll den Mittel- und Unterlauf des Yangtze vor Hochwasser schützen. Da die Wirkung des Drei-Schluchten-Projekt auf die Hochwassersituation am Mittellauf des Yangtze am größten sein wird, folgt zunächst eine Beschreibung dieses Bereiches, und es werden die Faktoren aufgeführt, die zur Hochwasserentstehung beitragen. Darauf aufbauend wird anhand von eigenen Berechnungen eine Einschätzung vorgenommen, inwieweit das Drei-Schluchten-Projekt den Mittellauf des Yangtze vor Hochwasserkatastrophen schützen kann.

4.1 Der Yangtze-Mittellauf

Die folgende Beschreibung bezieht sich auf Abbildung 4.1, die den Yangtze-Mittellauf mit seinen wichtigsten Zuflüssen in einer Reliefdarstellung aufzeigt.

Abb. 4.1: Der Yangtze-Mittellauf



Der Mittellauf des Yangtze beginnt in Yichang und endet nach einer Laufstrecke von 955 km in Hukou. Auf diesen 955 km Länge durchquert er die Provinzen Hubei, Hunan, Jiangxi und Anhui bei einem Gefälle von lediglich etwa 40 m. Im ersten Abschnitt des

Mittellaufes, der in der Metropole Wuhan endet und als flache Beckenlandschaft beschrieben werden kann, beginnt der Yangtze zu mäandrieren. Zwischen den Städten Zhijiang und Chenglingji, welche die sogenannte Jingjiang-Strecke einrahmen, erreicht er die dreifache Länge der direkten Lauflinie bei nur sehr geringem Gefälle (vgl. GEMMER 2000, S. 11). Bei Chenglingji mündet der durch die vier großen Flüsse Xiangjiang, Zhijiang, Yuanjiang und Lishui und durch weitere kleine Fließgewässer gespeiste Dongtingsee¹⁷ in den Yangtze. Seine Entwässerungsfläche beträgt insgesamt 257.000 km² (vgl. ZHAO 1999, S. 245), sie ist folglich etwa 10.000 km² größer als die Fläche der alten deutschen Bundesländer. Flussabwärts findet man rechts und links des Yangtze zahlreiche ehemals an den Flusslauf angebundene Seen. In Wuhan fließt, von Norden kommend, der Hanjiang in den Yangtze. Der Hanjiang ist mit einer Länge von 1.577 km der längste Nebenfluss des Yangtze und entwässert ein 159.000 km² großes Gebiet (vgl. YANGTZE RIVER YEARBOOK COMMITTEE 1994, S. 591). Dies entspricht der Fläche von Bayern, Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz zusammen. Den Abschnitt von Wuhan bis Jiujiang kennzeichnen wiederum ehemals angebundene Seen, diesmal aber nicht in einer flachen Becken- sondern in einer Hügellandschaft. Die Fließgeschwindigkeit nimmt in diesem Bereich wieder zu (vgl. ZHAO 1994, S. 227). Bevor der Mittellauf in Hukou endet, mündet der ein 162.200 km² großes Gebiet entwässernde Poyangsee in den Yangtze (vgl. KOMITEE FÜR WASSERWIRTSCHAFT AM YANGTZE 1998). Der Poyanghu ist mit einer Größe von 2.933 km² der größte See Chinas (vgl. YU et al. 1999).

Der Yangtze-Mittellauf ist bekannt als Bereich häufiger Hochwasserkatastrophen. Um diesen Abschnitt zu schützen, wurden entlang seiner Ufer Hauptdeiche mit einer Länge von über 1.800 km errichtet (vgl. ZHAO 1999, S. 245). Foto 4.1 zeigt den Jingjiang-Deich, der auf einer Länge von 182 km die Ebene nördlich des Yangtze bis zum Südufer des Hanjiang schützt. Dieses zur Provinz Hubei gehörende Gebiet ist von etwa 5 Millionen Menschen besiedelt, davon leben etwa 1,2 Millionen Menschen in Shashi (vgl. YANGTZE RIVER YEARBOOK COMMITTEE 2001).

¹⁷ Das chinesische Schriftzeichen „jiang“ bedeutet „großer Fluss“. Das Zeichen „shui“ bezeichnet ebenso ein Fließgewässer. Das chinesische Zeichen für „See“ ist „hu“. Daher findet man in der Literatur häufig die Bezeichnung Dongtinghu für den Dongtingsee.

Foto 4.1: Jingjiang-Deich bei Shashi

Aufnahme: T. Jiang, 06.11.2001

Der Jingjiang-Deich links im Bild ist Träger dreier infrastruktureller Komponenten: der Straße, der Stromleitung und der Telefonleitung. Diese Komponenten sind folglich durch ihre erhöhte Lage vor einem Hochwasser relativ sicher. Die Konsequenzen, die diese Bündelung infrastruktureller Bestandteile im Falle eines Deichbruchs mit sich bringt, sind augenscheinlich.

4.2 Ursachen der Hochwassergefährdung

Die Ursachen der Hochwassergefährdung am Yangtze-Mittellauf sollen hier nur kurz erläutert werden. Für eine ausführliche Beschreibung sei an dieser Stelle auf die Arbeit von GEMMER verwiesen (vgl. GEMMER 2000, S. 15 f.).

Neben der klimatisch bedingten Hochwassergefahr, die bereits in Kapitel 2.2 dargestellt wurde, sind anthropogene Eingriffe als Ursache der Hochwassergefährdung am Yangtze-Mittellauf zu nennen.

Zwischen 1966 und 1972 wurden im Zuge von Flusslaufregulierungen, die den Schifffahrtsweg zwischen Shashi und Chenglingji verkürzen und den Hochwasserabfluss in diesem Bereich beschleunigen sollten, insgesamt 3 Mäander abgetrennt. Hierdurch wurde zwar eine Senkung des durchschnittlichen Hochwasserpegels in Shashi herbeigeführt, die Abflussmaxima bei Jianli erhöhten sich jedoch um etwa 10.000 m³/s. Von einer vierten geplanten Mäanderabtrennung wurde aufgrund dieser Erfahrung Abstand genommen.

Der enorme Bevölkerungsdruck und der somit wachsende Nahrungsmittelbedarf führt zu Maßnahmen, die ihrerseits die Anfälligkeit gegenüber Hochwasserereignissen steigern. So wurden die Seeflächen der mit dem Yangtze-Mittellauf verbundenen Seen infolge von Landgewinnungsmaßnahmen in den letzten 40 Jahren um etwa 12.000 km² reduziert (vgl. HU, LEI & YANG 1998, S. 9). Dies entspricht in etwa der Fläche Hessens. Der Dongtingsee schrumpfte von im Mittel 6.300 km² im Jahre 1825 (vgl. KING, GEMMER & WANG 2001, S. 29) auf durchschnittlich 1.310 km² im Jahre 2000 (vgl. DU et al. 2001, S. 172). In der Provinz Hubei, die auch als „Provinz der tausend Seen“ bezeichnet wird, gab es 1949 noch 1.066 Seen, wovon 1997 nur noch 325 übrig geblieben sind (vgl. ERLING 1998b). Die Reduzierung der direkt mit dem Yangtze verbundenen Seen bzw. Seeflächen - wie beispielsweise des Dongtingsees - ist besonders kritisch zu bewerten, weil auf diese Weise systemintegrierte Wasserspeicher, welche regulierend auf den Abfluss des Yangtze einwirken, verloren gingen und weiterhin verloren gehen (vgl. GEMMER 2000, S. 27).

Ein weiteres Problem entsteht durch die ständige Verbesserung sowohl der Haupt- als auch der Nebendeiche zum Schutze der mehr und mehr Siedlungsfläche benötigenden Bevölkerung. Am Yangtze-Mittellauf gingen seit 1954 etwa zwei Drittel der natürlichen Überschwemmungsfläche durch Eindeichungen verloren (vgl. ERLING 1996). Die Hochwasserspitzen müssen folglich durch ein immer enger werdendes Flussbett abfließen. Natürliche Überschwemmungen werden durch die Eindeichungen verhindert, so dass Sedimente nicht außerhalb des vorgegebenen Flussbettes abgelagert werden können, sondern im Flussbett zurückgehalten und dort akkumuliert werden. Auch durch Dämme geschützte Flussinseln - wie beispielsweise die Insel Tianxin bei Wuhan - erhöhen die Sedimentationsrate im Flussbett. Als Folgeerscheinung erhöht sich das Flussbett des Yangtze jährlich um etwa 1 cm, was ein andauerndes Anpassen der Deichhöhen notwendig macht (vgl. TAN 1999, S. 2). In den reliefarmen Bereichen besonders entlang der Jingjiang-Strecke würde dieser Umstand im Falle eines Deichbruchs zu besonders katastrophalen Auswirkungen für das Umland führen.

Ein weiteres Problem, das die Erhöhung des Flussbettes mit sich bringt, ist die Gefahr von Waterlogging. Stauwasser, welches sich nach lokalen Starkniederschlägen ansammelt, kann wegen des erhöhten Niveaus des Yangtze nicht abfließen. Waterlogging tritt zum einen in städtischen Gebieten mit hohem Versiegelungsgrad auf und zum anderen in den landwirtschaftlich genutzten ebenen Gebieten mit wasserstauenden Tonböden am Yangtze-Mittellauf (vgl. GEMMER 2000, S. 26).

Den Mittellauf des Yangtze sollen neben Deichen auch Retentionspolder schützen, die bei einer drohenden Hochwasserkatastrophe geflutet werden können. Ein Beispiel für ein

solches Hochwasserrückhaltebecken ist der Jingjiang-Polder, in dem mittlerweile etwa 515.000 Menschen außerhalb der Sicherheitsdistrikte siedeln (mündliche Mitteilung durch Jiang Wei Ming, Technischer Leiter der Yangtze River Channel Commission). Foto 4.2 verdeutlicht den Konflikt.

Foto 4.2: Deich zum Schutz des Gong'an Sicherheitsdistriktes im Jingjiang-Hochwasserrückhaltebecken



Aufnahme: H. Hartmann, 07.11.2001

Der Bereich rechts des Deiches ist der vor Hochwasser geschützte Gong'an Sicherheitsdistrikt. Im Falle einer Hochwasserkatastrophe würde bei einer Flutung des Jingjiang-Polders der Bereich links des Deiches überflutet werden. Die Bereitstellung des Hochwasserrückhaltebeckens für seinen eigentlichen Zweck ist durch seine zunehmende Besiedlung kaum noch möglich.

Zusammenfassend liegt die Hauptursache für die wachsende Gefährdung durch Hochwasserereignisse in der Besiedlung von Gebieten, die immer stärker hochwassergefährdet sind. Dem Yangtze wird aufgrund der Ausdehnung der Siedlungs- und der landwirtschaftlichen Nutzflächen immer mehr Retentionsraum genommen.

4.3 Historische Hochwasserereignisse

Hochwasserereignisse am Yangtze sind seit der Han Dynastie (206 v. Chr. bis 220 n. Chr.) dokumentiert. Zwischen 185 v. Chr. und 1911 n. Chr. ereigneten sich 214

schwere Hochwasser; das bedeutet, dass durchschnittlich alle 10 Jahre ein schweres Hochwasserereignis auftrat (vgl. JIANG 2000, S. 42).

Tabelle 4.1 gibt Aufschluss über die Hochwasserkatastrophen im 20. Jahrhundert. Die Zahl der Todesfälle ist zwar gesunken, was auf ein verbessertes Hochwassermanagement mit frühzeitigen Warnungen und Evakuierungsmaßnahmen zurückzuführen ist, die ökonomischen Schäden sind jedoch rapide angewachsen. Der Grund hierfür ist die bereits genannte Ausdehnung der Siedlungs- und landwirtschaftlichen Nutzflächen aufgrund des enormen Bevölkerungsdruckes. Eine besondere Häufung von Hochwasserkatastrophen verzeichnet das letzte Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts.

Tab. 4.1: Hochwasserkatastrophen am Yangtze im 20. Jahrhundert und durch diese entstandene Schäden

Jahr	Betroffene Bevölkerung in Millionen	Betroffene kultivierte Fläche in km ³	Tote	Beschädigte Wohneinheiten	Ökonomische Schäden in Millionen US\$
1931	28,55	33.933	145.000	1.769.000	keine Angabe
1935	10,03	15.093	142.000	406.000	keine Angabe
1949	8,1	18.140	5.700	452.000	keine Angabe
1954	18,81	31.700	33.000	4.300.000	keine Angabe
1991	50	100.000	3.074	4.980.000	3.658,5
1995	92,123	64.721	1.085	keine Angabe	6.903,1
1996	70,81	46.093	827	324.100	8.536,6
1998	200	90.000	1.320	6.850.000	20.000

Quelle: Daten zusammengestellt aus JIANG 2000, S. 43 und GEMMER 2000, S. 35

Es werden grundsätzlich zwei verschiedene Hochwassertypen im Yangtze-Einzugsgebiet unterschieden, deren Unterklassifizierung in der vorliegenden Arbeit nicht betrachtet werden soll. Der erste Typ entsteht durch weitverbreitete Regenschürfen, das heißt, wenn sich die Regenzeiten über dem Hauptstrom und den Zuflüssen des Ober-, Mittel- und Unterlaufes überlappen. Beispiele für diesen Typ sind die Hochwasserkatastrophen der Jahre 1931, 1954 und 1998. Der zweite Hochwassertyp wird durch fokussierte Regenschürfen verursacht, welche an einem einzelnen Abschnitt des Yangtze-Einzugsgebietes auftreten. Als Beispiele hierfür seien die Hochwasserereignisse von 1935, 1991, 1995 und 1996 genannt (vgl. ZHAO 1999, S. 245).

Die Hochwasserkatastrophe von 1998 wird in Kapitel 4.4.2.1 detailliert beschrieben, um darauf aufbauend eine Einschätzung zu ermöglichen, welche Auswirkungen das Hochwasserereignis bei vorhandenem Staubecken hätte haben können.

4.4 Der Beitrag des Drei-Schluchten-Projektes zur Hochwasserminderung

Im Folgenden werden eigene Berechnungen vorgestellt, die eine Einschätzung der hochwassermindernden Wirkung des Drei-Schluchten-Projektes für den Mittellauf des Yangtze ermöglichen. Zu Beginn erfolgt eine Beschreibung des methodischen Vorgehens und der verwendeten Datengrundlage. Im Anschluss daran wird mit einem in diesem Unterkapitel eingeführten Modell die Stauinhaltslinie des Drei-Schluchten-Stausees berechnet. Diese ermöglicht es, Aussagen über die Stauhöhe zu treffen. Es werden Szenarien für die möglichen Auswirkungen der Hochwasserkatastrophe von 1998 bei vorhandenem Stausee betrachtet.

4.4.1 Methodisches Vorgehen

Der Inhalt des Stausees in Abhängigkeit von der Stauhöhe lässt sich anhand der Flächen zwischen den Höhenlinien des Staubeckens berechnen. Um eine geeignete Datengrundlage zur Ermittlung der Höhenlinien bzw. der Flächen zwischen den Höhenlinien zu finden, wurden verschiedene Alternativen überprüft und abgewogen.

4.4.1.1 Wahl der Datengrundlage

Höhenlinien zur Berechnung des Speicherinhaltes von Stauseen werden meist aus topographischen Karten oder Luftbildern entnommen (vgl. MANIAK 1993, S. 370). Die Möglichkeit der Verwendung von Luftbildern entfällt jedoch, da für die VR China aus militärischen Sicherheitsgründen keine Daten aus flugzeugbasierten Aufnahmesystemen erhältlich sind (vgl. GEMMER 2000, S. 94). Der Einsatz von topographischen Karten ist zwar theoretisch möglich, in diesem Falle aber aufgrund der enormen Größe des Stausees äußerst beschwerlich, denn die Isohypsen zahlreicher topographischer Karten müssten digital aufgenommen werden.

Folglich wurde eine Alternative zur klassischen Vorgehensweise gesucht und die Verwendung eines digitalen Höhenmodells (Abkürzung: DHM) in Betracht gezogen. Dieses Modell sollte das gesamte Stauseegebiet abdecken, eine Höhendifferenzierung in maximal 5-Meter-Schritten ermöglichen und kostengünstig oder kostenfrei sein. Diesen Anforderungen entspricht das digitale Höhenmodell GTOPO30. Es wird im Folgenden vorgestellt und anschließend sein Einsatz beschrieben.

Das digitale Höhenmodell GTOPO30

Das digitale Höhenmodell GTOPO30 ist ein globales Höhenmodell, welches die gesamte Erdoberfläche abdeckt. Die Pixelgröße beträgt 30-Längen- * 30-Breitensekunden. Das Höhenmodell wurde unter der Leitung des U.S. Geological Survey's EROS Data Center in Sioux Falls, South Dakota zusammengetragen und kann unter <http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/gtopo30.html> kostenfrei heruntergeladen werden. GTOPO30 basiert auf den in Tabelle 4.2 genannten Datenquellen.

Tab. 4.2: Datenquellen des GTOPO30 Höhenmodells

Datenquelle	Anteil an GTOPO30 in %
Digital Terrain Elevation Data	50
Digital Chart of the World	29,9
Antarctic Digital Database	8,3
USGS 1-degree DEM's	6,7
International Map of the World 1:1.000.000-scale maps	3,7
Army Map Service 1:1.000.000-scale maps	1,1
New Zealand DEM	0,2
Peru 1:1.000.000-scale map	0,1

Quelle: <http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/README.html>

Die Datei „e100n40“ deckt den Bereich des zukünftigen Drei-Schluchten-Reservoirs vollständig ab und dient als Grundlage für die Auswertung.

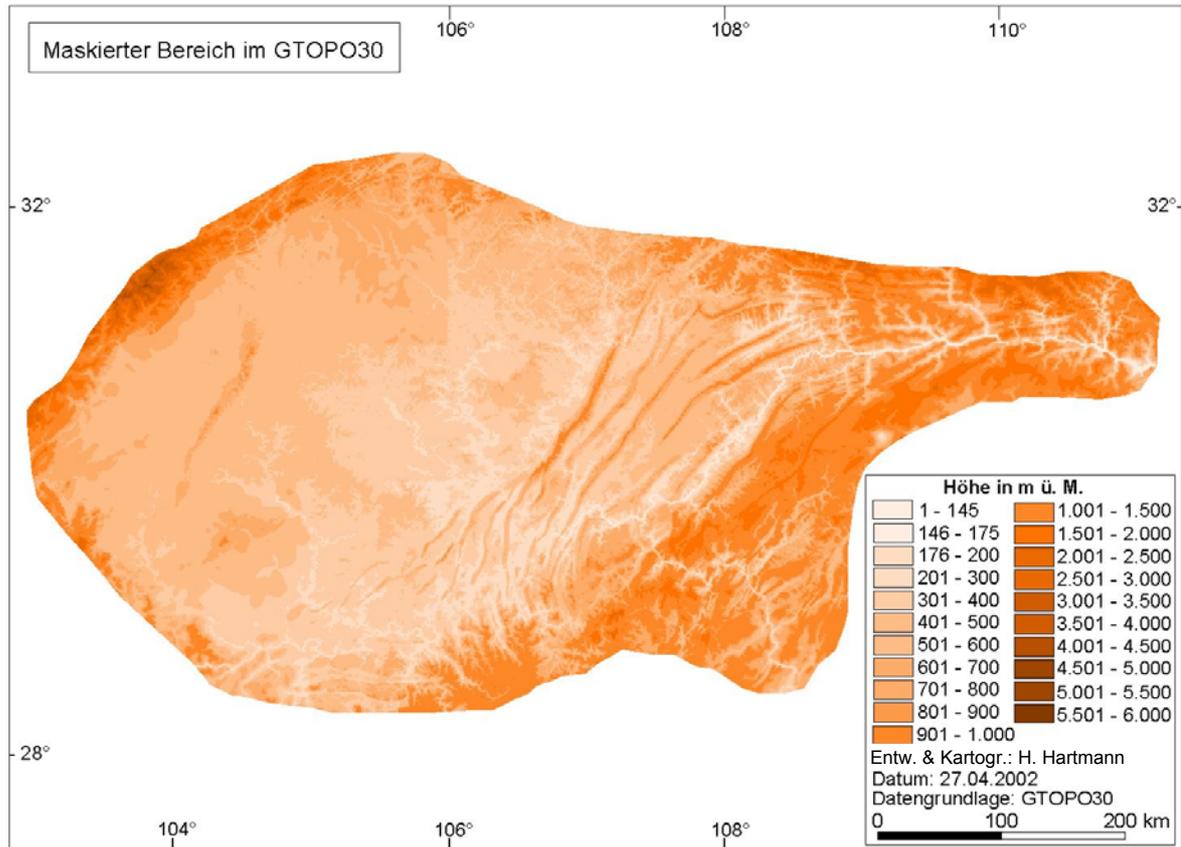
Der Einsatz von GTOPO30

Nach dem Importieren der Datei in das Geographische Informationssystem TNTmips, einem Produkt der US-amerikanischen Firma MicroImages, erfolgte eine Maskierung des zukünftigen Stauseegebietes. Diese Maskierung konnte grob durchgeführt werden, denn für das weitere Verfahren spielt es keine Rolle, wenn Bereiche, die aufgrund ihrer Höhe nicht überflutet werden, zusätzlich in diesem Ausschnitt vorhanden sind.

Es wurde eine Höhendifferenzierung von 2 m erreicht, die durch unterschiedliche Einfärbung der Pixel sichtbar wurde. Im Anschluss daran wurden die unterschiedlich eingefärbten Pixel ausgezählt und die jeweiligen Flächen je Höhenlage berechnet.

Abbildung 4.2 zeigt den maskierten Bereich im Höhenmodell, wobei die Höhendifferenzierung aus drucktechnischen Gründen reduziert werden musste.

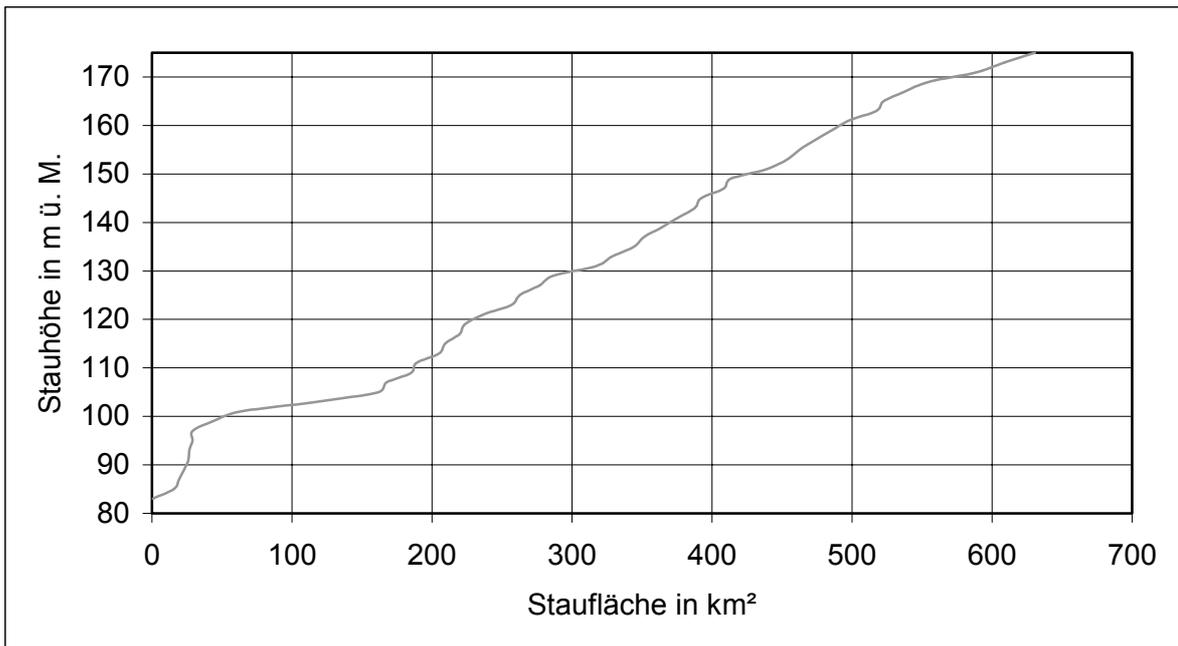
Abb. 4.2: Der maskierte Bereich im digitalen Höhenmodell GTOPO30



Berechnung der Speicherkennlinien des Drei-Schluchten-Stausees auf der Grundlage von GTOPO30

In der Wasserwirtschaft werden verschiedene Speicherkennlinien unterschieden. Dies ist zum einen die Staufflächenlinie und zum anderen die Stauinhaltslinie. Die Staufflächenlinie wird ermittelt, indem die Stauffläche in einem Diagramm über der Stauhöhe aufgetragen wird. Zur Ermittlung der Stauinhaltslinie wird in einem Diagramm der Speicherinhalt über der Stauhöhe aufgetragen (vgl. MANIAK 1993, S. 405). Die Staufflächenlinie wird zwar für die späteren Überlegungen nicht benötigt, gibt aber Aufschluss über die Qualität der Datengrundlage und wird aus diesem Grund berechnet.

Abb. 4.3: Stauflächenlinie des Drei-Schluchten-Stausees auf der Grundlage von GTOPO30



Quelle: Eigene Berechnung auf der Grundlage von GTOPO30

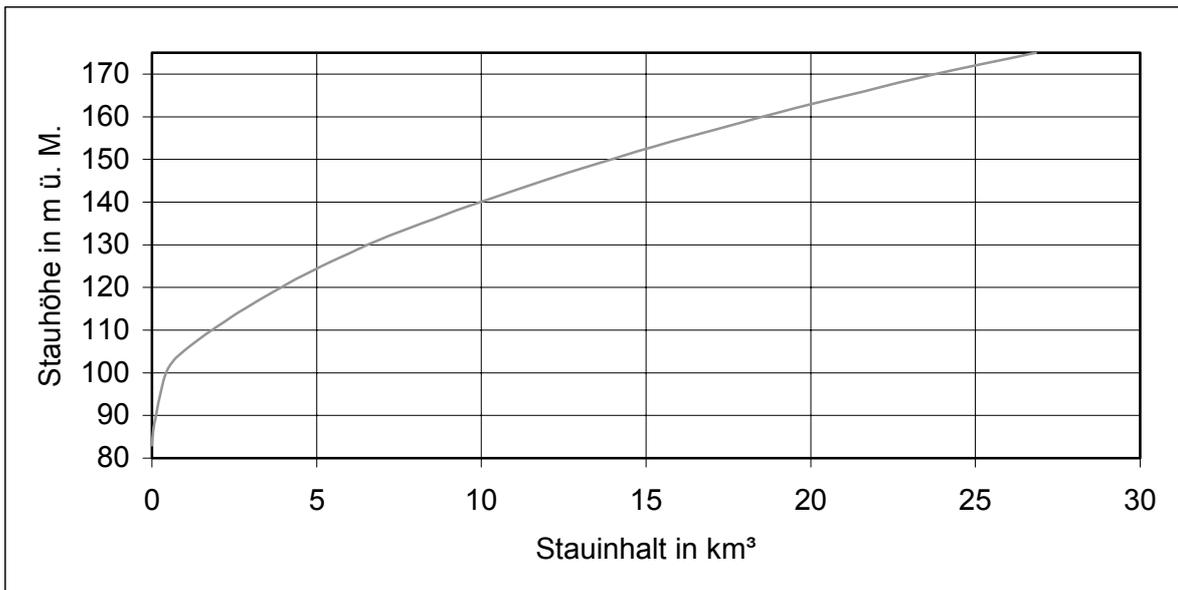
Abbildung 4.3 zeigt die Stauflächenlinie des Drei-Schluchten-Stausees, deren Kalkulation nach dem Auszählen der unterschiedlich eingefärbten Pixel und der Berechnung der Flächen je Höhenlage möglich war. Auf der x-Achse ist die Staufläche in km² aufgetragen, die sich durch fortlaufende Summation der Flächen je Höhenlage ergibt. Die Stauhöhe ist auf der y-Achse aufgetragen. Aus der Literatur sind folgende Zahlen bekannt: Derzeit erreicht die Wasseroberfläche des zukünftigen Stausees eine Größe von etwa 452 km². Bei einer Stauhöhe von 175 m ü. M. wird die Wasseroberfläche eine Größe von 1084 km² haben (vgl. CTGPC 2000, S. 25 f.). Diese Zahlen ergeben sich nicht aus den Berechnungen auf der Basis von GTOPO30. Hier erreicht die Wasseroberfläche des Stausees bei einer Stauhöhe von 175 m ü. M. nur eine Größe von 630 km². Die Ergebnisse sind in Anhang II detailliert aufgelistet.

Trotz dieses stark abweichenden Ergebnisses wird die Stauinhaltslinie durch fortlaufende Summation des Speicherinhaltes zwischen aufeinanderfolgenden Höhenlinien berechnet. Den Speicherinhalt ΔS zwischen zwei aufeinanderfolgenden Isohypsen der Höhen H_i und H_{i+1} , welche die Stauspiegelflächen A_i bzw. A_{i+1} umschließen, berechnet man näherungsweise mit folgender Formel (vgl. MANIAK 1993, S. 370):

$$\Delta S_{i,i+1} = 0,5 * (A_i + A_{i+1}) * (H_{i+1} - H_i) = A_m * \Delta H$$

$$\text{mit } 0,5 * (A_i + A_{i+1}) = A_m \text{ (mittlere Fläche) und } H_{i+1} - H_i = \Delta H \text{ (Höhendifferenz)}$$

Abb. 4.4: Stauinhaltslinie des Drei-Schluchten-Stausees auf der Grundlage von GTOPO30



Quelle: Eigene Berechnung auf der Grundlage von GTOPO30

Der Gesamtstauinhalt des Drei-Schluchten-Staubeckens wird in der Literatur mit $39,3 \text{ km}^3$ angegeben, davon bilden $22,15 \text{ km}^3$ das Flutkontrollvolumen. Das ist jenes Volumen, welches im Falle einer drohenden Hochwasserkatastrophe zum zeitweiligen Auffangen der Fluten des Yangtze zur Verfügung steht. Das Flutkontrollvolumen liegt zwischen einer Stauhöhe von 145 m ü. M. und einer Stauhöhe von 175 m ü. M. (vgl. CTGPC 2000, S. 35). Die Berechnungen auf der Grundlage von GTOPO30 weichen, wie in Abbildung 4.4 dargestellt, erwartungsgemäß stark von den bekannten Werten ab. Der Gesamtstauinhalt beträgt nach dieser Berechnung nur $26,8 \text{ km}^3$, wovon $14,9 \text{ km}^3$ das Flutkontrollvolumen darstellen. Die Ergebnisse befinden sich in tabellierter Form in Anhang II.

Die Abweichung von den bekannten Werten ist derart signifikant, dass GTOPO30 als Datengrundlage nicht verwendet werden kann. Die enorme Abweichung resultiert aus der für diese Zwecke offenbar ungenügenden Auflösung des DHM (Pixelgröße). Infolgedessen muss ein anderer Weg gefunden werden, um die Stauinhaltslinie für das Drei-Schluchten-Reservoir berechnen zu können.

Suche nach einer Alternative

Nachdem die Verwendung von Luftbildern und topographischen Karten leider nicht möglich war, (siehe S. 67) muss auch von der Idee des Einsatzes eines digitalen

Höhenmodells Abstand genommen werden. Ein Lösungsweg, der bisher nicht in Betracht gezogen wurde, ist die Entwicklung eines Modells, welches das Staubecken in vereinfachter Form darstellt und Berechnungen zum Stauinhalt in Abhängigkeit von der Stauhöhe zulässt.

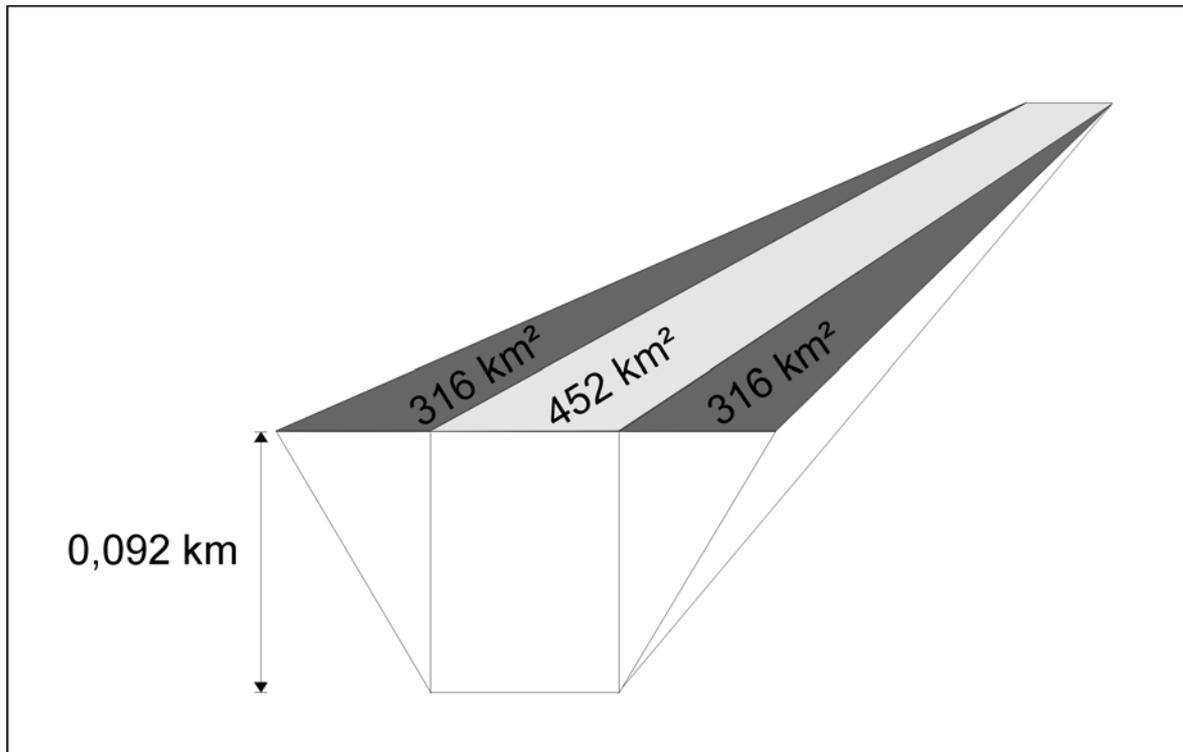
4.4.1.2 Entwicklung eines Modells für den Drei-Schluchten-Stausee

Das Modell, welches im Folgenden vorgestellt wird, basiert auf den nachfolgenden gegebenen Zahlen (vgl. CTGPC 2000, S. 6 f.):

- Oberfläche des Drei-Schluchten-Stausees:	1.084 km ²
- derzeitige Oberfläche:	452 km ²
- überschwemmte Fläche:	632 km ²
- relative Höhe der Staumauer ¹⁸ (vom Fuß bis zur Stauhöhe von 175 m ü. M.):	0,092 km

Die bereits veröffentlichte Formel für den Inhalt des Stausees sowie eine Schicht beliebiger Höhe (vgl. HARTMANN: Vortrag in Shanghai am 11.04.2002) wird hier nicht nochmals aufgegriffen, da zwischenzeitlich ein besser handhabbarer Zusammenhang gefunden wurde.

¹⁸ Eine Angabe zur relativen Höhe der Staumauer konnte in der Literatur nicht gefunden werden. Die relative Höhe wurde bestimmt, indem der aus GTOPO30 gewonnene Höhenwert für Sandouping von der absoluten Höhenangabe der Staumauer abgezogen wurde.

Abb. 4.5: Modell des Drei-Schluchten-Stausees

Quelle: Eigene Darstellung

Der mittlere Teil des Staubeckens über dem Fluss entspricht, wie Abbildung 4.5 aufzeigt, einem halben Quader; die Seitenteile sind auf dem Kopf stehende dreiseitige Pyramiden. Hieraus folgen die Faktoren $1/2$ und $1/3$ in den Voluminaformeln.

Das Gesamtvolumen des Staubeckens ergibt sich demnach folgendermaßen:

$$V_{\text{Gesamt}} = 1/2 * \text{Fläche über dem Fluss} * \text{Höhe der Staumauer} + 1/3 * \text{Fläche über den Hängen} * \text{Höhe der Staumauer}$$

Mit den bereits angegebenen Werten folgt:

$$\begin{aligned} V_{\text{Gesamt}} &= 1/2 * 452 \text{ km}^2 * 0,092 \text{ km} + 2 * 1/3 * 316 \text{ km}^2 * 0,092 \text{ km} \\ &= 20,792 \text{ km}^3 \quad \quad \quad + 19,381 \text{ km}^3 \\ &= 40,173 \text{ km}^3 \end{aligned}$$

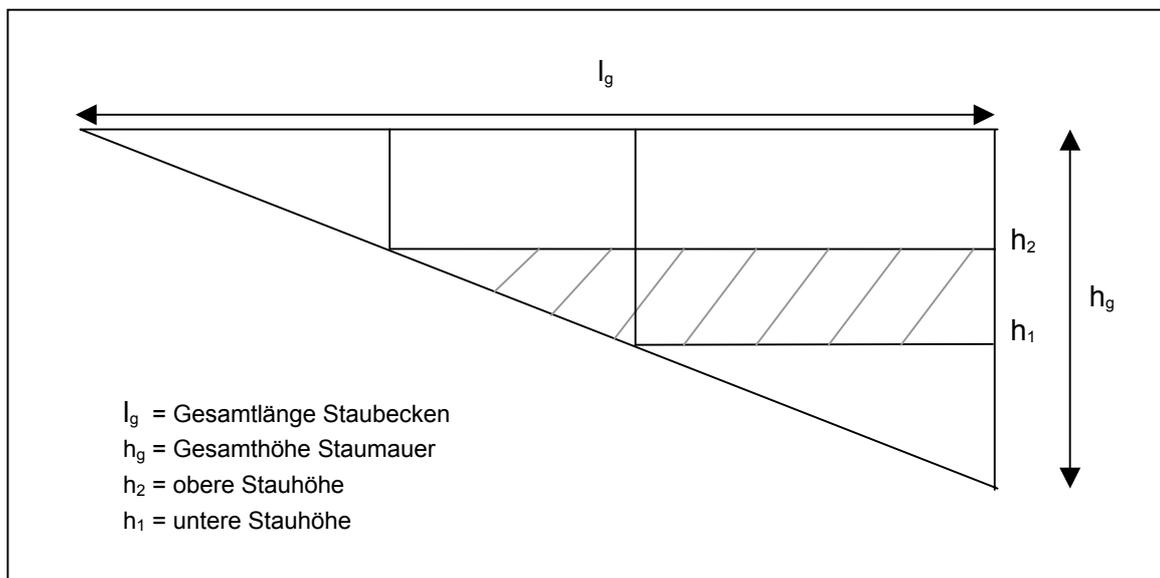
Dieser berechnete Wert kann nun mit dem offiziellen Wert von $39,3 \text{ km}^3$ verglichen und das Modell mit einem ersten Test geprüft werden. Das Modell besteht diesen Test, denn eine Abweichung von weniger als 1 km^3 kann toleriert werden.

Die Formel lässt sich auch zur Berechnung des Differenzvolumens ΔV zwischen den Stauhöhen h_1 und h_2 verwenden:

$$\Delta V = \frac{1/2 * \text{Fläche über dem Fluss} + 1/3 * \text{Fläche über den Hängen}}{\text{Höhe der Staumauer } h} * (h_2^2 - h_1^2)$$

Die geometrischen Verhältnisse sind in Abbildung 4.6 veranschaulicht.

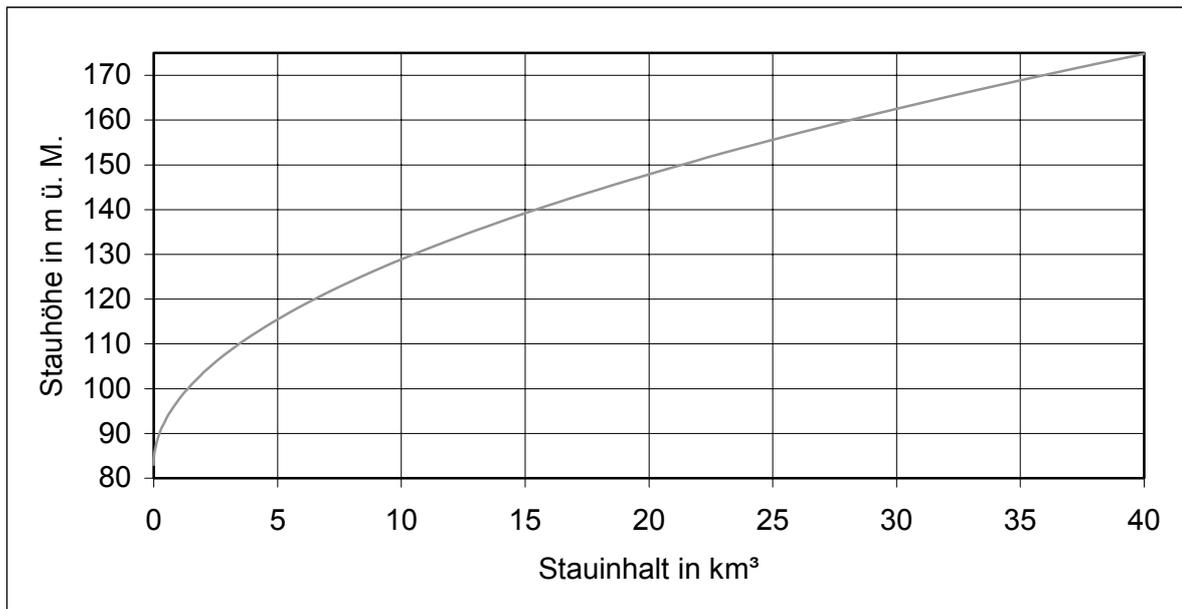
Abb. 4.6: Seitenansicht des Staubeckens



Quelle: Eigene Darstellung

Unter Verwendung der Formel zur Berechnung des Differenzvolumens ist es nun möglich, die in Abbildung 4.7 aufgezeigte Stauinhaltslinie für das Modell des Drei-Schluchten-Stausees zu berechnen. Der Stauinhalt wächst mit zunehmender Stauhöhe, wie aus der Formel abgelesen werden kann, quadratisch. Die Ergebnisse sind in Anhang III detailliert aufgelistet.

Im Weiteren wird das Modell mit einem zweiten Test geprüft. Der offizielle Wert für das Flutkontrollvolumen zwischen den Stauhöhen von 145 m ü. M. und 175 m ü. M. beträgt 22,15 km³. Aus den Berechnungen zum Modell geht der Wert 22,51 km³ hervor. Diese geringe Abweichung kann toleriert werden und das Modell besteht somit auch diesen zweiten Test.

Abb. 4.7: Stauinhaltslinie des Drei-Schluchten-Stausees auf der Grundlage des Modells

Quelle: Eigene Berechnung

Das eingeführte Modell gibt trotz seiner Einfachheit die Wirklichkeit verblüffend gut wieder. Das Modell hat beide Tests bestanden, ist damit ausreichend getestet und dient als Basis für die nachfolgenden Kalkulationen.

4.4.2 Hochwasserszenarien

Es ist grundsätzlich nur sehr schwer möglich, die Flutwellen der Vergangenheit unter den Verhältnissen der Zukunft mit dem hochwasserregulierenden Staubecken und den ständig verbesserten Deichen zu betrachten. Im Jahre 1998 waren die Deiche niedriger und weniger stabil als heute. Während man die Abflussdaten des Oberlaufes recht gut unter den heutigen Verhältnissen betrachten kann, ist dies für die Werte des Mittellaufes und des Unterlaufes nur mit einem enormen Daten- und Berechnungsaufwand möglich. Der Oberlauf ist vor allem aufgrund der Topographie nicht in einem so großen Maße von Hochwasserkatastrophen betroffen, denn der Yangtze kann sich außer im Sichuan-Becken, das eine Ausnahme darstellt, nicht beliebig in die Fläche ausdehnen. Er ist durch die Talhänge natürlich „kanalisiert“. In dem Moment, in dem der Yangtze die Xiling-Schlucht verlässt, erreicht er das Tiefland, wird breiter und kann sich während eines Hochwassers weit in die Fläche ausdehnen, das heißt viel Landfläche überfluten. Aus diesem Grund muss dieser Bereich in besonderem Maße durch Deiche vor Hochwasser geschützt werden. Die Abflusswerte für die Messstation in Yichang sind folglich noch gut einzuordnen, betrachtet man aber die Station Wuhan, so wird deutlich, dass kaum eine

Flutwelle aus Yichang Wuhan erreichte. Der Grund hierfür sind Deichbrüche und das Ergießen der Wassermassen in die Fläche. Das Kalkulieren der hochwassermindernden Wirkung des Drei-Schluchten-Staubeckens für den Mittel- und Unterlauf des Yangtze ist demzufolge nur möglich, wenn zusätzlich die Abflusswerte der Zuflüsse oder aber die nach Deichbrüchen abgeflossenen Wassermengen bekannt sind. Da dies nicht der Fall ist, ist es nicht möglich, ein Hochwasserszenario für das Jahr 1998 bei vorhandenem Staubecken direkt zu entwerfen. Deshalb wird diese Hochwasserkatastrophe zunächst detailliert beschrieben, um so die Grundlage der späteren Berechnungen zu schaffen.

4.4.2.1 Die Hochwasserkatastrophe des Jahres 1998

Chinesische Klimaforscher warnten bereits zu Beginn des Jahres 1998 aufgrund des beobachteten El-Niño-Phänomens vor einer möglichen Jahrhundertflut am Yangtze. Zu Beginn des Sommer-Monsuns führte der Yangtze schon relativ viel Wasser, verursacht durch die Schneeschmelze, die wegen enormer Schneefälle in den Bergregionen im Winter und Frühjahr besonders viel Wasser bereitstellte (vgl. DWD 1998).

Der Wasserspiegel des Yangtze war im März nahe der Stadt Jiujiang in der Provinz Jiangxi um 4 m höher als sonst in dieser Jahreszeit angestiegen. Nebendeiche brachen, wodurch einige Vorstädte und die zentrale Nord-Süd-Eisenbahntrasse in Gefahr gerieten (vgl. ERLING 1998a).

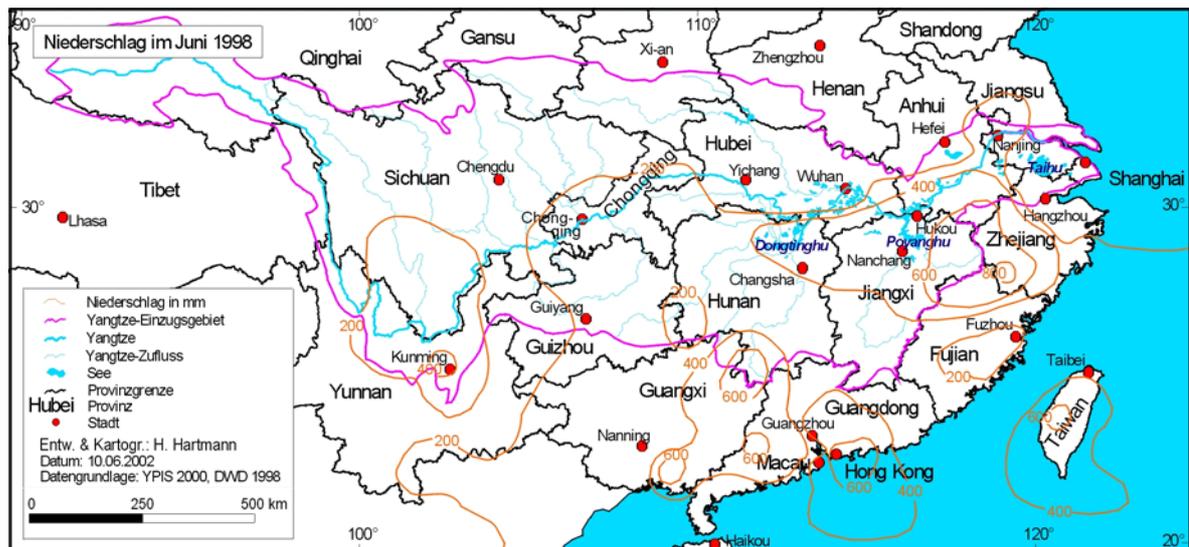
Im Juni setzten, wie Abbildung 4.8 verdeutlicht, im südlichen Yangtze-Einzugsgebiet starke Niederschläge ein. Betroffen waren vor allem die Provinzen Jiangxi und Hunan am Yangtze-Mittellauf und die Provinzen Anhui, Zhejiang und Jiangsu am Unterlauf des Yangtze. In der Zeit vom 12. Juni bis zum 23. Juni fielen im Xinjiang-Einzugsgebiet, einem der Zuflüsse des Poyangsees, 756 mm Niederschlag. Am 26. Juni war die am Poyanghe¹⁹, einem Zufluss des Poyangsees, gelegene Stadt De-an (Provinz Jiangxi) vollkommen von Wasser umschlossen und angrenzende Bereiche wurden überflutet. Dieses und die im Folgenden benannten anderen von Deichbrüchen betroffenen Gebiete sind in Abbildung 4.12 markiert.

Heftige Niederschläge in der Provinz Hunan ließen die Zuflüsse des Dongtingsees anschwellen. Am 27. Juni durchbrach der Xiangjiang bei Changsha einen Deich und überflutete eine Vorstadt. Es dauerte zwei Tage, bis der durchbrochene Deich repariert war (vgl. ZONG & CHEN 2000, S. 168 f.). Der Wasserstand sowohl am Dongtingsee als

¹⁹ Das chinesische Schriftzeichen „he“ wird mit „Fluss“ übersetzt.

auch am Poyangsee wies bereits Ende Juni Rekordhöhe auf, so dass die in Kapitel 4.2 beschriebene Wasserspeicherfunktion der mit dem Yangtze verbundenen Seen nicht mehr zur Verfügung stand. Diese Situation leitete im Jahre 1954 die Hochwasserkatastrophe ein (vgl. ERLING 1998b; ZHAO 1999, S. 246).

Abb. 4.8: Gesamtniederschlag in mm für den Monat Juni des Jahres 1998



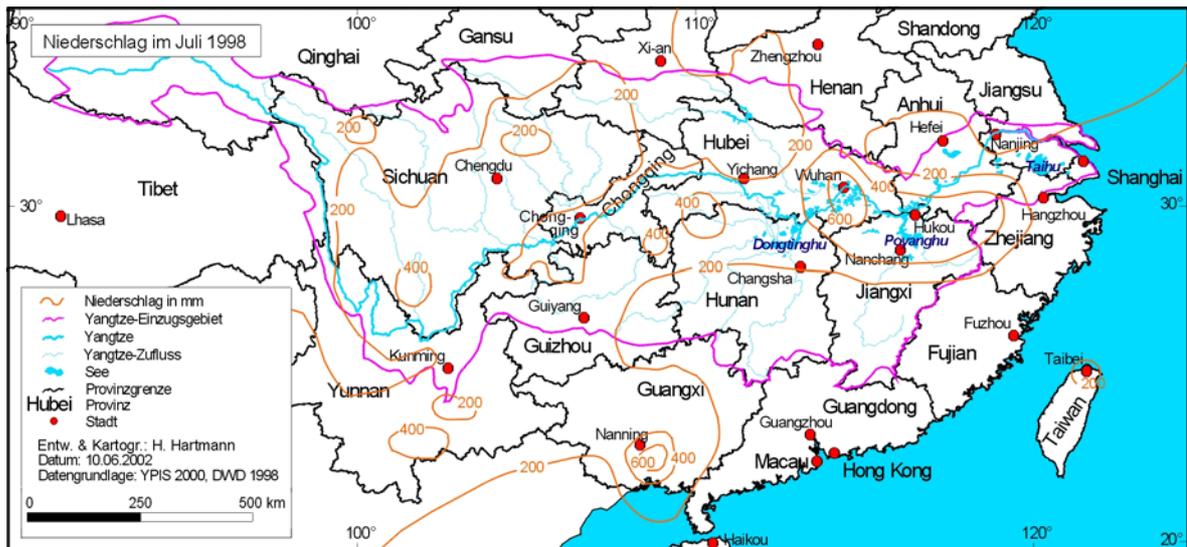
Die Niederschlagsverteilung für den Monat Juli ist in Abbildung 4.9 dargestellt. Niederschläge im Einzugsgebiet des Yangtze-Oberlaufes verursachten die erste Hochwasserwelle, die am 2. Juli 1998 Yichang erreichte. Ein Abfluss von $53.500 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde gemessen. Diese Hochwasserwelle, die der Abflussmenge nach noch kaum als solche zu bezeichnen ist, konnte den Mittel- und Unterlauf des Yangtze ohne weitere negative Folgeerscheinungen passieren.

Im Einzugsgebiet des Yangtze-Oberlaufes regnete es weiterhin, so dass eine zweite Hochwasserwelle ausgelöst wurde. Diese erreichte am 18. Juli mit einem Abfluss von $56.400 \text{ m}^3/\text{s}$ die Messstation in Yichang. Im Einzugsgebiet südlich des Yangtze-Mittellaufes und in Wuhan ereigneten sich in der zweiten Juli-Hälfte einzelne heftige Regenschürme. Innerhalb von zwei Tagen - in der Zeitspanne vom 21. bis zum 22. Juli - wurden in Wuhan 457 mm Niederschlag gemessen. Da der Pegel des Yangtze aufgrund der Niederschläge über dem Oberlauf bereits um etwa 4 m gegenüber der Stadt erhöht war und es an elektrischen Pumpen mangelte, konnte das Niederschlagswasser nicht abfließen beziehungsweise abgepumpt werden, wodurch große Teile der Innenstadt unter Wasser standen. Bis zu einer Höhe von maximal $2,60 \text{ m}$ über der Grundfläche staute sich das Wasser.

Am 30. Juli brach ein Deich, der ein Dorf im Kreis Huangpi nördlich von Wuhan in der Provinz Hubei, schützen sollte. Über 6.000 Einwohner wurden evakuiert.

Am gleichen Tag mussten im Kreis Poyang (Provinz Jiangxi), der im Westen an den Poyangsee angrenzt, etwa 400.000 Menschen nach Deichbrüchen evakuiert werden (vgl. ZONG & CHEN 2000, S. 168 f.).

Abb. 4.9: Gesamtniederschlag in mm für den Monat Juli des Jahres 1998



Im Monat August zog die Regenfront, wie Abbildung 4.10 verdeutlicht, weiter nach Norden. Somit traten Niederschläge vermehrt im nördlichen Einzugsgebiet des Yangtze-Ober- und Mittellaufes auf. Die anhaltenden Niederschläge im Einzugsgebiet des Yangtze-Oberlaufes verursachten in diesem Monat 4 weitere Hochwasserwellen (siehe Tabelle 4.3) und ließen die Pegel entlang des Yangtze nicht sinken. Einige Nebendeiche konnten der fortdauernden Belastung, wie nachfolgend aufgezeigt, nicht standhalten.

Abb. 4.10: Gesamtniederschlag in mm für den Monat August des Jahres 1998



Etwa 50 km südwestlich der Metropole Wuhan bildet der Yangtze eine Schleife. Ein etwa 10 m hoher Nebendeich schützt die in einem Mäanderbogen liegenden Gemeinden Paizhou und Hezhen. Am 1. August 1998 brach dieser Nebendeich, allerdings an einer nicht kalkulierten Stelle im Norden des Mäanderbogens. Man hatte vermutet, der Deich würde im Süden brechen, da sich die Wassermassen hier im nahezu rechten Winkel gegen den Deich drückten. An dieser Stelle war man auf einen Deichbruch vorbereitet; der tatsächliche Deichbruch trat jedoch relativ unerwartet auf (mündliche Mitteilung durch Zhao Minzheng, Chefingenieur des Headquarter Office for Flood / Drought Control der Provinz Hubei). Knapp 60.000 Menschen siedelten zwischen dem Nebendeich und dem Hauptdeich. Als die Wassermassen durch den Nebendeich in dieses Gebiet brachen, standen die Häuser binnen kurzer Zeit bis zu 3 m tief im Wasser. Etwa 10.000 Menschen konnten sich auf den Hauptdamm retten, andere sich auf die Dächer flüchten (vgl. ERLING 1998c). Rund 53.000 Menschen konnten evakuiert werden.

Am 4. August brach der Deich, der ein Dorf, das auf einer Insel im Yangtze bei Jiujiang (Provinz Jiangxi) liegt, vor den Fluten des Yangtze schützen sollte. Etwa 8.000 Menschen wurden evakuiert.

Die Regierung der Provinz Hubei gab am 6. August, nachdem etwa 100.000 Menschen aus 6 Siedlungen evakuiert worden waren, die Sicherung eines Nebendeiches nahe der Stadt Jingzhou (etwa 10 km nordwestlich von Shashi) auf (vgl. ZONG & CHEN 2000, S. 168).

Am 7. August 1998 kam es zu einem Deichbruch im Westen der etwa 200 km flussabwärts von Wuhan liegenden Stadt Jiujiang (Provinz Jiangxi). Abbildung 4.11 zeigt eine westliche Vorstadt, die von den Fluten des Yangtze erreicht wurde. Die etwa 60 m breite Bruchstelle des Deiches konnte nach einigen Tagen durch auf Grund gesetzte Flussschiffe und Stahlgerüste geschlossen werden (vgl. SAUER 1999, S. 343).

In der Provinz Hubei brach am 8. August nahe der Stadt Gong'an, etwa 30 km flussabwärts von Shashi am südlichen Ufer des Yangtze gelegen, ein Deich auf. Da es nicht möglich war, die Wassermassen zu stoppen und die etwa 30 m breite Öffnung zu schließen, ordnete die Provinzregierung die Evakuierung von 500.000 Menschen an (vgl. ZONG & CHEN 2000, S. 168).

Abb. 4.11: Die Weststadt von Jiujiang nach dem Deichbruch vom 7. August 1998

Quelle: Nachrichtenagentur REUTERS 1998

Die Hochwasserwellen 5, 6, 7 und 8, die neben den ersten vier Hochwasserwellen in Tabelle 4.3 aufgeführt sind, erzeugten zwar teilweise Rekordpegelstände und große Abflussmengen, dank eines ausgezeichneten Hochwassermanagements blieben weitere Deichbrüche jedoch aus. Durch den Einsatz von 270.000 Soldaten und Millionen ziviler Helfer (vgl. SAUER 1999, S. 343) konnte eine Katastrophe wie die von 1954, bei der etwa 33.000 Menschen starben, verhindert werden. Wenn die wirtschaftlichen Schäden auch groß waren, so konnte die Zahl der Todesfälle doch gering gehalten werden (siehe Kapitel 4.3).

Tab. 4.3: Hochwasserwellen der Hochwasserkatastrophe von 1998 an der Messstation in Yichang

Hochwasserwelle	Datum	Abfluss (m ³ /s)
Welle 1	02.07.	53.500
Welle 2	18.07.	56.400
Welle 3	24.07.	51.800
Welle 4	07.08.	61.500
Welle 5	12.08.	61.800
Welle 6	17.08.	63.600
Welle 7	25.08.	56.300
Welle 8	31.09.	57.400

Quelle: ZONG & CHEN 2000, S. 172

Die sechste Hochwasserwelle war die größte im Jahre 1998. Während in Yichang lediglich der 14. höchste Wasserstand und die 9. größte Abflussmenge seit Beginn der Messungen erreicht wurden, ergaben sich an einigen Stationen entlang des Yangtze-Mittellaufes Rekordpegelstände.

Tabelle 4.4 gibt Aufschluss über die Abflussmengen und Tabelle 4.5 über die Pegelstände. Es wird deutlich, dass der Garantiepegel²⁰ in Shashi und Hukou überschritten wurde, ohne dass dabei die Deiche gebrochen oder überflutet worden wären. Dies konnte durch das Erhöhen der Deiche mit Sandsäcken verhindert werden. Die garantierte Abflussmenge wurde in Wuhan zwar überschritten, da der Garantiepegel aber nicht erreicht wurde, blieb dies ohne Folgen.

Tab. 4.4: Abflussmengen am Yangtze im Jahr 1998 im Vergleich zu Rekordmessungen

Station	Max. Abfluss des Jahres 1998 in m ³ /s	Datum	Max. Abfluss seit Beginn der Messungen in m ³ /s	Datum	Rang des Abflusses von 1998	Garantierter Abfluss in m ³ /s
Yichang	60.600	16.08	71.100	September 1896	9	k. A.
Shashi ²¹	53.700	17.08.	54.600	Juli 1981	3	60.000-68.000
Wuhan	72.300	20.08.	76.100	August 1954	2	70.000

Quelle: Daten zusammengestellt aus ZHAO 1999, S. 249 und JIANG 2000, S. 67

²⁰ Ist der Warnpegel überschritten, das heißt der Punkt, an dem der Pegel die Deichsohle erreicht, werden alle administrativen Hochwasserbehörden bis zur Provinzebene alarmiert. Die betroffenen Deichabschnitte werden ganztägig überwacht, weil die Gefahr der Unterspülung des Deiches sehr groß ist. Wird infolge eines weiteren Wasseranstiegs der Garantiepegel erreicht, wird jeder laufende Meter bewacht und gesichert. Wenn es notwendig ist, werden bauliche Maßnahmen zur Gewährleistung der Stabilität des Deiches eingeleitet.

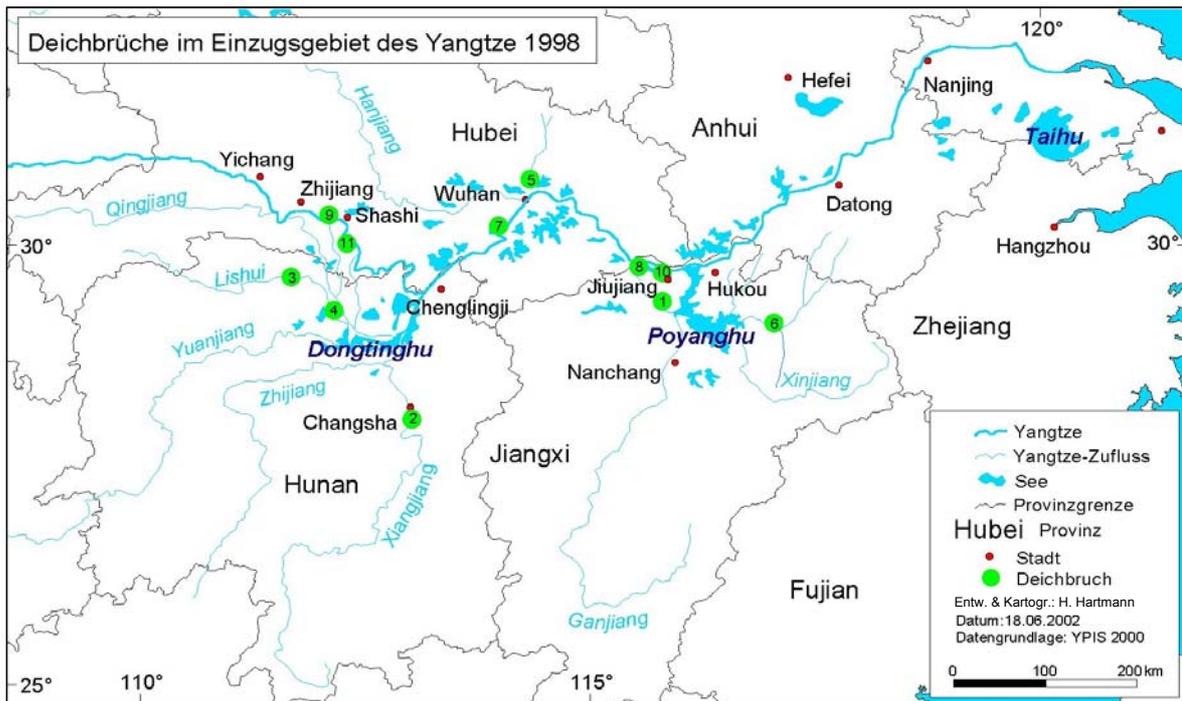
²¹ Shashi liegt flussabwärts von Yichang. Dies lässt normalerweise einen größeren Abfluss als in Yichang erwarten. Da der Yangtze aber eine beträchtliche Abflussmenge zwischen Yichang und Shashi in Richtung Dongtingsee abgibt, führt der Yangtze auf der Strecke von Zhicheng nach Chenglingji, wo der Dongtingsee in den Yangtze mündet, weniger Wasser.

Tab. 4.5: Pegelstände im Jahr 1998 im Vergleich zu Rekordmessungen

Name des Flusses oder Sees	Station	Höchster Pegel im Jahr 1998 in m	Datum	Höchster Pegel seit Beginn der Messungen in m	Datum	Rang des Pegels von 1998	Garantiepegel im Jahr 1998 in m
Yangtze	Yichang	54,50	17.08.	55,92	September 1896	14	k. A.
	Shashi	45,22	17.08.	44,67	Juli 1981	1	45
	Jianli	38,31	17.08.	37,06	Juli 1981	1	k. A.
	Wuhan	29,43	19.08.	29,73	August 1954	2	29,73
	Jiujiang	23,03	02.08.	22,20	Juli 1995	1	k. A.
Dongtingsee	Chenglingji	35,94	20.08.	35,31	Juli 1996	1	k. A.
Poyangsee	Hukou	22,58	31.07.	21,80	Juli 1995	1	22,5

Quelle: Daten zusammengestellt aus ZHAO 1999, S. 249 und JIANG 2000, S. 67

Die Ursache des Hochwassers im Jahre 1998 wird in der Literatur häufig im Eingriff des Menschen in den Naturraum gesehen (vgl. ZHANG 1999, S. 5 f.; ZONG & CHEN 2000, S. 175 f.). Die anthropogenen Eingriffe haben die Auswirkungen des Hochwasserereignisses sicherlich verstärkt (siehe Kapitel 4.2), der Auslöser für diese Katastrophe war jedoch die Niederschlagsmenge. Diese Aussage lässt sich durch das Ausbleiben von Hochwasserereignissen in den Jahren 1999, 2000 und 2001 stützen, denn die anthropogenen Eingriffe blieben erhalten, die Niederschlagsmengen waren jedoch geringer. Eine Studie des Deutschen Wetter Dienstes (DWD), in der die Daten von über 200 Klimastationen in Zentral- und Süd-Ost-China ausgewertet wurden, zeigt auf, dass die Niederschläge 1998 in weiten Gebieten erheblich über dem Durchschnitt der Periode 1961-1990 lagen. Für die Stationen Kunming, Chengdu, Chongqing, Yichang, Changsha, Wuhan und Nanchang wurden für die Monate Juni und Juli Zeitreihen bis zum Beginn der Aufzeichnungen zusammengestellt. In Kunming, Changsha und Nanchang wurden die höchsten Niederschlagsmengen seit Beginn der Aufzeichnungen registriert und in Chengdu und Chongqing fiel mehr Regen als im Hochwasserjahr 1954. Insgesamt betrachtet kann das Jahr 1998 als ein sehr niederschlagsreiches Jahr angesehen werden (vgl. DWD 1998). Abbildung 4.12 zeigt die von Überschwemmungen und Deichbrüchen betroffenen Gebiete.

Abb. 4.12: Deichbrüche im Einzugsgebiet des Yangtze im Jahr 1998

Deichbruch 1: 26. Juni bei De-an
 Deichbruch 2: 27. Juni bei Changsha
 Deichbruch 3: 23. Juli bei Li Xian
 Deichbruch 4: 24. Juli bei Anxiang
 Deichbruch 5: 30. Juli bei Huangpi

Deichbruch 6: 30. Juli bei Poyang
 Deichbruch 7: 1. August bei Paizhou
 Deichbruch 8: 4. August auf einer Insel bei Jiujiang
 Deichbruch 9: 6. August bei Jingzhou
 Deichbruch 10: 7. August bei Jiujiang
 Deichbruch 11: 8. August bei Gong'an

Quelle: ZONG & CHEN 2000, S. 168

Es folgt nun eine Einschätzung der Wirkung, die das Drei-Schluchten-Projekt auf das Hochwasserereignis des Jahres 1998 hätte haben können.

Der erste Deichbruch nahe der Stadt De-an in der Provinz Jiangxi ereignete sich an einem Zufluss des Poyangsees, dem Poyanghe. Wie oben beschrieben, waren starke Niederschläge in der Provinz Jiangxi für das Anschwellen der Zuflüsse des Poyangsees und für dessen ansteigenden Wasserstand verantwortlich. Diesen ersten Deichbruch und die daraus resultierende kritische Situation hätte der Drei-Schluchten-Staudamm nicht verhindern können, da der gebrochene Deich nicht am Yangtze selbst lag, sondern an einem Zufluss des Poyangsees, das heißt nicht einmal an einem direkten Zufluss des Yangtze.

Auch die 50 m große Bresche in einem Deich bei Changsha hätte das Drei-Schluchten-Projekt nicht verhindern können. Dieser Deichbruch ereignete sich an einem Deich, der vor den Fluten des Xiangjiang, einem Zufluss des Dongtingsees, schützen sollte. Wiederum lag der Unglücksort an einem indirekten Zufluss des Yangtze.

Die kritische Situation in Wuhan nach den extremen Niederschlägen vom 21. und 22. Juli entstand durch Waterlogging. Wuhan stand unter Wasser, ohne dass ein Deich gebrochen war. Der Drei-Schluchten-Damm hätte auch hier nicht entlastend wirken können.

Am 23. und 24. Juli ereigneten sich bei Li Xian und Anxiang in der Provinz Hunan zwei Deichbrüche, weil der Lishui, ein Zufluss des Dongtingsees, extremes Hochwasser führte. Wieder brachen Deiche an indirekten Zuflüssen des Yangtze, so dass der Drei-Schluchten-Staudamm keinen Einfluss gehabt hätte.

Bei Huangpi nördlich von Wuhan lief am 30. Juli ein See über und zerbrach einen Deich. Der Drei-Schluchten-Damm hätte dies nicht verhindern können.

Die Deichbrüche beziehungsweise -überflutungen im Kreis Poyang am 30. Juli wurden durch den übervollen Poyangsee verursacht. Das Drei-Schluchten-Projekt hätte diese Situation unter Umständen mildern können, weil hier ein direkter Zufluss des Yangtze betroffen war. Hätte der Yangtze weniger Wasser geführt, hätte das Wasser des Poyangsees schneller abfließen können, und die Situation am Poyangsee wäre weniger kritisch gewesen.

Der nächste sehr bekannte Deichbruch bei Paizhou hätte bei angemessenem Management der Staukapazität des Drei-Schluchten-Stausees vermutlich verhindert werden können, denn der Yangtze selbst ließ einen Deich bersten. Dies ist bei sämtlichen darauf folgenden Deichbrüchen ebenso der Fall gewesen. Der Drei-Schluchten-Damm hätte diese Deichbrüche unter Umständen verhindern können, es stellt sich jedoch die Frage, ob die Deichbrüche durch Hochwasserwellen verursacht wurden und ob die Kapazität des Staubeckens zum Aufhalten der Flutwellen ausgereicht hätte. Diese Fragen sollen in Kapitel 4.4.2.2 beantwortet werden.

4.4.2.2 Abschätzung der hochwassermindernden Wirkung des Drei-Schluchten-Projektes

Bevor die hochwassermindernde Wirkung des Drei-Schluchten-Projektes rechnerisch abgeschätzt wird, sollen einige Feststellungen die Schwierigkeit eines optimalen Einsatzes des Staubeckens verdeutlichen.

- Die Regenzeit setzt üblicherweise im südöstlichen Einzugsgebiet des Yangtze ein. Wie die Beschreibung des Hochwasserereignisses von 1998 verdeutlicht, ist in diesem

Bereich mit Überschwemmungen und Deichbrüchen zu rechnen, bevor Hochwasserwellen aus dem Oberlauf abfließen. Es würde sich günstig auswirken, wenn der Abfluss des Yangtze ab Mitte Juni gering gehalten würde, denn so wäre es möglich, dass das Wasser des Dongtingsees und des Poyangsees schnell abfließt und die Seen nicht überlaufen.

- Ab Juli ist mit starken Niederschlägen am Oberlauf des Yangtze zu rechnen, die Hochwasserwellen verursachen können. Das Staubecken sollte folglich noch genügend Stauraum bieten. Der Abfluss sollte so reguliert werden, dass einzelne Regenschürme an Mittel- und Unterlauf die Pegel entlang des Yangtze nicht auf Warn- oder gar Garantiepegel-Niveau bringen.
- Sollten die Pegel entlang des Yangtze längere Zeit auf Warnpegel-Niveau bleiben, ist die Gefahr der Unterspülung eines Deiches sehr groß.
- Es ist immer gegen eine Paradoxie anzukämpfen. Einerseits soll möglichst viel Stauraum zum Auffangen von Hochwasserwellen aus dem Oberlauf bis zum September freigehalten werden, andererseits soll der Abfluss aus dem Staubecken gering gehalten werden, um den Zuflüssen ein schnelles Abfließen zu ermöglichen und die Deiche entlang des Yangtze-Mittel- und Unterlaufes nicht zu sehr zu beanspruchen.

Für den Zeitraum des Hochwasserereignisses liegen tägliche Abflussdaten für die Abflussmessstationen in Yichang und Wuhan vor. Yichang liegt etwa 40 km flussabwärts von der Baustelle des Drei-Schluchten-Staudammes. Die Zuflussmengen aus den in den Yangtze mündenden Nebenflüssen im Bereich zwischen Yichang und dem Drei-Schluchten-Staudamm sind gering und werden vernachlässigt. Da für den Standort des Drei-Schluchten-Staudammes keine Abflussmessungen vorliegen, werden die Abflussdaten für Yichang im Folgenden als Werte für den Zufluss in den Drei-Schluchten-Stausee eingesetzt.

Abflussregulierung ab einem Zufluss von über 55.000 m³/s

Eine erste Berechnung geschieht mit dem Ansatz, dass das Drei-Schluchten-Staubecken regulierend eingesetzt wird, wenn der Zufluss 55.000 m³/s überschreitet (vgl. WCD 2000, S. 7). Diese und die nachfolgenden Abschätzungen basieren auf dem oben eingeführten Stausee-Modell, den täglichen Abflussmitteln des Jahres 1998 der Städte Yichang und Wuhan sowie den Tabellen 4.4 und 4.5. Es wird davon ausgegangen, dass, wenn an zwei

aufeinander folgenden Tagen 55.600 m³/s beziehungsweise 54.400 m³/s in den Stausee hineinfließen, jeweils 55.000 m³/s abgelassen werden.

Der garantierte Abfluss liegt in Wuhan bei 70.000 m³/s. Während des Hochwasserereignisses 1998 wurde dieser Wert an drei Tagen überschritten (siehe Anhang IV). Am 19. August wurde ein durchschnittlicher Abfluss von 70.200 m³/s gemessen. Am 20. August erreichte die sechste Hochwasserwelle Wuhan und erzeugte einen durchschnittlichen Abfluss von 72.300 m³/s. Am 21. August ging der Abfluss zurück auf 71.500 m³/s. Hätte man das Staubecken ab einem Zufluss von 55.000 m³/s regulierend eingesetzt, dann hätte die sechste Hochwasserwelle, die Yichang am 16. August mit 60.600 m³/s passierte, gekappt werden können. Der garantierte Abfluss von 70.000 m³/s wäre in Wuhan nicht überschritten worden. Auch in Shashi gingen die höchsten Werte mit der sechsten Hochwasserwelle einher. Der Garantiepegel, der von der sechsten Hochwasserwelle überschritten wurde, wäre bei Einsatz des Drei-Schluchten-Staubeckens nicht überschritten worden.

Der Nebendeich bei Paizhou wäre am 1. August vermutlich trotzdem gebrochen, denn vor dem 1. August brachte nur die zweite Hochwasserwelle einen Abfluss von über 55.000 m³/s. Die zweite Hochwasserwelle passierte Yichang bereits am 18. Juli und war am 1. August längst an Paizhou vorbeigeflossen. Der Deichbruch bei Paizhou wurde nicht durch eine Hochwasserwelle ausgelöst, sondern durch den wochenlangen erhöhten Abfluss des Yangtze. Der Yangtze hatte den Deich unterspült. Dieser Deichbruch hätte nur bei dauerhaft deutlich reduziertem Abfluss verhindert werden können.

Gleiches gilt für den Deichbruch vom 4. August bei dem Dorf auf einer Insel im Yangtze. Für die Deichbrüche bei Jingzhou und Jiujiang am 6. und 7. August kann ähnliches erwartet werden. Die vierte Hochwasserwelle, die mit dem Drei-Schluchten-Staubecken hätte gekappt werden können, wurde am 7. August an der Messstation in Yichang registriert. Im Zeitraum vom 21. Juli bis einschließlich 6. August wäre das Staubecken bei Regulierung ab einem Zufluss von über 55.000 m³/s nicht einmal regulierend eingesetzt worden. Die vierte Hochwasserwelle erreichte Jingzhou und Jiujiang erst, als die Deiche schon gebrochen waren. Eine Regulierung des Abflusses ab 55.000 m³/s hätte nicht zum Erfolg geführt, da hier wie bei Paizhou und Jiangzhou die Deichbrüche nicht durch eine Hochwasserwelle verursacht wurden.

Der Deichbruch bei Gong'an, der am 8. August durch die vierte Hochwasserwelle ausgelöst wurde, hätte vermutlich durch Kappung der vierten Hochwasserwelle verhindert werden können.

Numerische Ergebnisse aus Abflussberechnungen nach dem regulierenden Einsatz des Staubeckens werden nicht aufgeführt, da das veränderte Abflussverhalten des Dongtingsees bei niedrigerem Wasserstand des Yangtze im Rahmen dieser Arbeit nicht exakt kalkuliert werden kann. Die Berechnungen zeigen auf, dass bei einem regulierenden Einsatz des Staubeckens ab einem Zufluss von 55.000 m³/s, wie es nach der WORLD COMMISSION ON DAMS (2000) für das Drei-Schluchten-Staubecken geplant ist, das Staubecken nur bis zu einer Höhe von 148,02 m ü. M. angefüllt gewesen wäre²². Das Flutkontrollvolumen von 22,15 km³ wäre mit maximal 1,823 km³ Wasser gefüllt, demnach wären lediglich 8,2 % des Flutkontrollvolumens genutzt worden.

Es wird deutlich, dass die Deiche bei Paizhou, auf der Insel im Yangtze, bei Jingzhou und bei Jiujiang trotz einsetzender Regulation ab 55.000 m³/s gebrochen wären. Wäre das Drei-Schluchten-Staubecken in dieser Art eingesetzt worden, dann wären im Jahr 1998 statt der elf Deiche vermutlich zehn gebrochen.

Wie bereits beschrieben, hätte das Drei-Schluchten-Projekt nicht alle Deichbrüche verhindern können, die Brüche entlang des Yangtze selbst wären wohl zu vermeiden gewesen. Da in dem obigen Ansatz nur ein geringer Anteil des Flutkontrollvolumens genutzt wurde, ist es naheliegend, eine zweite Berechnung durchzuführen, bei der das Staubecken bereits bei einem geringeren Zufluss regulierend eingesetzt wird. Es ist zwar wichtig, nicht allen Stauraum zu nutzen, um eventuelle nachfolgende Hochwasserwellen kappen zu können, aber eine maximale Beckenfüllung von 80 % am Ende des Monats August ist durchaus zu vertreten. Ein zweiter Berechnungsvorgang wird mit dem Ansatz durchgeführt, dass das Drei-Schluchten-Staubecken bereits bei einem Zufluss von über 50.000 m³/s regulierend eingesetzt wird.

Abflussregulierung ab einem Zufluss von über 50.000 m³/s

Die Berechnungen (siehe Anhang V) zeigen, dass bei einer Regulation ab 50.000 m³/s das Flutkontrollvolumen zu 46,6 % genutzt worden wäre. Eine Regulierung ab 50.000 m³/s wäre folglich ohne weiteres möglich gewesen und kann mit großer Wahrscheinlichkeit in jedem Jahr durchgeführt werden. Ein Jahr mit sehr viel höheren Niederschlagswerten im Einzugsgebiet des Yangtze-Oberlaufes als das Jahr 1998 ist mit Blick auf die bereits erwähnte Studie des DWD (vgl. DWD 1998) kaum zu erwarten, und

²² ZHANG & DAI (2000) empfehlen eine Regulierung des Abflusses sogar erst ab einem Zufluss von 56.700 m³/s.

selbst in jenem regenreichen Jahr 1998 wäre das Flutkontrollvolumen nur zu 46,6 % genutzt worden.

Es ist durchaus möglich, dass die Deichbrüche bei Paizhou, auf der Insel im Yangtze, bei Jingzhou und bei Jiujiang durch die geringere Dauerbelastung der Deiche bei einer Regulierung ab 50.000 m³/s ausgeblieben wären, numerisch kann dies jedoch nur für den Nebendeich bei Jingzhou nachgewiesen werden. Das Staubecken hätte den Abfluss in diesem Fall bereits ab dem 5. August reguliert, wodurch der Abfluss am 6. August in Jingzhou gemindert worden wäre, was den Bruch des Deiches eventuell hätte verhindern können.

Auf das Bersten des Deiches bei Jiujiang hätte die Regulation keinen Einfluss gehabt, denn der erhöhte Abfluss, der reguliert worden wäre, hätte Jiujiang erst rund 4 Tage später erreicht, als der Deich schon gebrochen war.

Der Einsatz des Staubeckens ab einem Zufluss von über 50.000 m³/s hätte folglich von den fünf Deichbrüchen am Yangtze selbst mindestens zwei abwenden können. Es ist durchaus möglich, dass der verringerte Abfluss des Yangtze sich auch auf die Situation am Poyangsee positiv ausgewirkt hätte und die Deichbrüche und -überflutungen durch einen schnelleres Abfließen des Wassers aus dem Poyangsee hätten verhindert werden können.

Da das Flutkontrollvolumen aber immer noch nicht optimal genutzt wurde - optimal ist hier in dem Sinne zu verstehen, dass man sich in die Situation von 1998 versetzt und immer eine gewisse Kapazität für eventuelle nachfolgende Hochwasserwellen freihält, nicht dass das Flutkontrollvolumen komplett genutzt wird - wird ein weiterer Berechnungsvorgang durchgeführt. In dieser Berechnung wird das Staubecken regulierend eingesetzt, wenn der Zufluss 47.000 m³/s überschreitet.

Abflussregulierung ab einem Zufluss von über 47.000 m³/s

Die Ergebnisse dieses Berechnungsvorgangs (siehe Anhang VI) verdeutlichen, dass die Flutkontrolle ab einem Zufluss von 47.000 m³/s ein sehr gutes Ergebnis bringt. Im Jahre 1998 wäre das Flutkontrollvolumen maximal zu 79% genutzt worden. Diese 79 % wären am 30. August erreicht worden und hätten eine Stauhöhe von 169,79 m ü. M. ergeben. Eine Regulierung des Abflusses auf 47.000 m³/s bringt ein optimales Ergebnis. Es kann zwar numerisch nicht aufgezeigt werden, dass die Deiche bei Paizhou und Jiujiang nicht gebrochen wären, die Belastung der Deiche wäre aber

aufgrund des geringeren Abflusses im stärkeren Maße gemildert als bei einer Regulierung ab einem Zufluss von 50.000 m³/s. Außerdem wäre der Abfluss der mit dem Yangtze verbundenen Seen durch den noch niedrigeren Wasserstand beschleunigt gewesen und hätte hier zu einer entspannteren Lage geführt.

Für den Deich auf der Insel im Yangtze scheint diese Abflussregulierung jedoch eine eher ungünstige Wirkung zu haben. Der Deich barst am 4. August. Die Basis der Wassermassen, die an diesem Tag den Deich brechen ließen, wurde in Yichang etwa 4 Tage vorher registriert, das heißt etwa am 1. August. Wäre der Abfluss nicht reguliert worden oder frühestens ab einem Zufluss von 50.000 m³/s, dann hätte der Abfluss in Yichang am 1. August 37.900 m³/s betragen. Hätte man bereits ab einem Zufluss von 47.000 m³/s regulierend eingegriffen, so wäre am 1. August ein Abfluss von 44.300 m³/s zu erwarten gewesen. Das Staubecken hätte sich zu dieser Zeit des geringen Zuflusses noch in einer abflussverstärkenden Regulationsphase befunden, die durch die früher einsetzende Abflussregulierung und somit größerer Beckenfüllung, länger andauert hätte. Wenn aber bekannt gewesen wäre, dass jener Deich äußerst instabil ist, wäre zu erwarten gewesen, dass die abflussverstärkende Regulierungsphase abgebrochen worden wäre. Dies hätte das Staubecken im Anschluss nicht zum Überlaufen gebracht. Somit kann angenommen werden, dass eine Abflussregulierung ab einem Zufluss von 47.000 m³/s auf diesen Deich keine anderen Auswirkungen gehabt hätte als bei einer Regulierung ab 50.000 m³/s. Unter Umständen hätte sich die Situation auf der Insel durch die gemäßigte Belastung des Deiches ohnehin nicht zugespitzt.

Ein Punkt, der bis hierhin noch nicht berücksichtigt wurde, ist das Problem des konstanten Abflusses. Der durch die Regulierung erzeugte gleichmäßige Abfluss belastet insbesondere im direkten Anschluss an das Drei-Schluchten-Staubecken, wenn der Abfluss noch relativ unbeeinflusst von weiteren einmündenden Nebenflüssen ist, immer gleiche Stellen am Deich, besonders an der Deichsohle. Die Gefahr, dass die Deiche nicht hoch genug sind, dass der Garantiepegel folglich zu niedrig sein könnte, ist durch das Drei-Schluchten-Projekt gelindert. Die Gefahr der Unterspülung eines Deiches ist jedoch recht groß. Daher erscheint es sinnvoll, den Abfluss variieren zu lassen - etwa zwischen 40.000 m³/s an einigen wenigen Tagen hintereinander, auch um Deiche eventuell im Bereich der Deichsohle instand setzen zu können - und 50.000 m³/s. Die Deiche entlang des Mittel- und Unterlaufes des Yangtze müssen weiterhin gepflegt und im Bereich der Deichsohle unter Umständen verstärkt werden.

4.4.3 Allgemeine Einschätzung des Beitrages des Drei-Schluchten-Projektes zum Schutz vor Hochwasserereignissen

Die obigen Ausführungen verdeutlichen, dass das Drei-Schluchten-Projekt allein das Ausbleiben von Hochwasserkatastrophen im Einzugsgebiet des Yangtze-Mittel- und Unterlaufes nicht garantieren kann. Es kann bei optimalem Einsatz die Gefahr am Yangtze selbst mindern, die Gefahr von Deichbrüchen an den Zuflüssen wird trotzdem bleiben. Sie wird auch durch ein schnelleres Abfließen nicht gebannt werden können.

Auf ein Hochwasser des Typs von 1998 hat das Drei-Schluchten-Projekt wie aufgezeigt nur sehr begrenzten Einfluss. Eine sehr viel positivere Wirkung hätte das Drei-Schluchten-Projekt auf ein Hochwasser des Typs von 1870. Dieses Hochwasser entstand nach fokussierten Regenschauern im Einzugsgebiet des Yangtze-Oberlaufes und ist dem in Kapitel 4.3 beschriebenen zweiten Hochwassertyp zuzuordnen. Die damals entstandenen Hochwasserwellen hätten durch Einsatz des Drei-Schluchten-Staudammes gekappt werden können, was vor allem den Jingjiang-Abschnitt entlastet hätte und eine Verringerung der Schäden bewirkt hätte.

Der Schutz des Drei-Schluchten-Projekt vor einem Hochwasserereignis, das dem ersten Typ entspricht, ist als sehr beschränkt einzuordnen. Es verspricht umso mehr Schutz, je größer der Anteil des Hochwasserabflusses ist, der durch Niederschlagsereignisse im Einzugsgebiet des Yangtze-Oberlaufes verursacht wird. Je größer der Anteil des Hochwasserabflusses ist, der durch Niederschläge im Einzugsgebiet des Yangtze-Mittel- und -Unterlaufes ist, desto geringer ist der Schutz vor einem Hochwasser des ersten Typs. Das Drei-Schluchten-Projekt kann auch nicht vor Hochwasserereignissen schützen, die dem zweiten Typ entsprechen, wenn die fokussierten Regenschauern im Einzugsgebiet des Yangtze-Mittel- oder -Unterlaufes auftreten.

Das Drei-Schluchten-Projekt hat keinen Einfluss auf das Ansammeln von Staunässe. Durch Waterlogging können jedoch enorme Schäden entstehen, wie die Situation in Wuhan im Sommer 1998 aufzeigte. Wird das Wasser abgepumpt, erhöht sich der Abfluss des Yangtze. Auch dies muss beachtet werden.

Es ist von großer Bedeutung, dass der auch nach der Fertigstellung des Drei-Schluchten-Projektes noch vorhandene Unsicherheitsfaktor immer im Bewusstsein der im Yangtze-Einzugsgebiet siedelnden Bevölkerung und der Regierung bleibt. Die Wasserbau-Behörden sehen die Situation auch in der Zukunft als weiterhin kritisch an, wie Gespräche in China zeigten - und dies nicht nur, um die eigene Existenz zu rechtfertigen.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird eine detaillierte Betrachtung des Drei-Schluchten-Projektes angestellt, welche die Basis für eine eigene begründete Einschätzung des Projektes schafft. Die Vorteile und Ziele, welche die chinesische Regierung an den Bau des Drei-Schluchten-Staudammes knüpft, werden den Einwänden, die von Gegnern des Drei-Schluchten-Projektes geäußert werden, gegenübergestellt. Themenschwerpunkte der erfolgenden Diskussion bilden die für die Projektdurchführung notwendigen Umsiedlungen, die geomorphologischen Folgeerscheinungen und die möglichen Gefahrenquellen für den Menschen. Die Diskussion wird durch Ergebnisse unabhängiger Studien aus internationalen Fachzeitschriften ergänzt. Der Beantwortung der Frage, ob das Drei-Schluchten-Projekt die Prognose zum Schutz vor Hochwasserereignissen am Mittellauf des Yangtze erfüllen kann, wurde bisher in internationalen Veröffentlichungen wenig Beachtung geschenkt. Daher werden in der vorliegenden Arbeit eigene Berechnungen vorgestellt, die eine Beantwortung dieser Frage ermöglichen.

Die Ergebnisse der Diskussion und der Berechnungen werden im Folgenden aufgeführt.

Die Prognose zum Schutz vor Hochwasserereignissen am Mittellauf des Yangtze in dem von den Projektträgern erwarteten Maß kann nicht erfüllt werden. Dieser Einschätzung liegen Berechnungen zu Grunde, die mittels eines in der vorliegenden Arbeit eingeführten Modells am Beispiel des Hochwasserereignisses von 1998 durchgeführt wurden. Insgesamt werden folgende Probleme deutlich:

- Die Regenzeit setzt üblicherweise im südlichen Einzugsgebiet des Yangtze ein. In diesem Bereich ist mit Hochwasserereignissen zu rechnen, bevor Niederschläge etwa einen Monat später im Bereich des Einzugsgebietes des Yangtze-Oberlaufes Hochwasserwellen auslösen.
- Um dem Dongtingsee und dem Poyangsee ein schnelles Abfließen in den Yangtze zu ermöglichen, wäre es ab Mitte Juni vorteilhaft, wenn der Abfluss des Yangtze gering gehalten würde. Infolgedessen würde sich das Staubecken langsam füllen, was das Kappen möglicher Hochwasserwellen aus dem Einzugsgebiet des Yangtze-Oberlaufes ab dem Monat Juli jedoch behindert. Eine Erniedrigung des Abflusses ab Mitte Juni ist, um den Stauinhalt nicht frühzeitig zu füllen, von der Dammbetreiber-gesellschaft nicht geplant. Die Wahrscheinlichkeit von Deichbrüchen und Überschwemmungen im Einzugsgebiet des Dongtingsees und des Poyangsees wird folglich durch den Bau des Drei-Schluchten-Staudammes nicht geringer. Von den

11 Deichbrüchen im Jahr 1998 ereigneten sich 5 in diesen beiden Einzugsgebieten.

- Das Ergebnis der Berechnungen veranschaulicht, dass sich anstatt der 11 Deichbrüche des Jahres 1998 bei der von der Dammbetreiber-Gesellschaft geplanten Abflussregulation ab einem Zufluss von 55.000 m³/s in das Staubecken mit großer Wahrscheinlichkeit 10 Brüche ereignet hätten.
- Bei einer Abflussregulierung ab einem Zufluss von über 47.000 m³/s wäre das Flutkontrollvolumen maximal zu 79 % genutzt worden. Es hätte sich eine Stauhöhe von knapp 170 m ü. M. ergeben. Mit großer Wahrscheinlichkeit wären mindestens 2 der 11 Deichbrüche verhindert worden. Für die anderen 3 Deichbrüche am Yangtze kann dies numerisch nicht nachgewiesen werden; es kann jedoch angenommen werden, dass die Belastung der Deiche aufgrund des dauerhaft geringeren Abflusses gemildert gewesen wäre und dass dies Deichbrüchen unter Umständen hätte vorbeugen können. Außerdem wäre der Abfluss aus dem Dongtingsee und aus dem Poyangsee durch den niedrigen Wasserstand des Yangtze beschleunigt gewesen und hätte an den Seen selbst eine entspanntere Lage bewirkt.
- Ein Jahr, in dem die Niederschläge im Einzugsgebiet des Yangtze-Oberlaufes sehr viel höhere Werte erreichen als im Jahr 1998, ist zwar recht unwahrscheinlich aber möglich. Mit den Bildern des diesjährigen Elbe-Hochwassers vor Augen, kann eine Abflussregulierung bereits ab einem Zufluss von über 47.000 m³/s nur noch bedingt empfohlen werden. Ein ungenutztes Flutkontrollvolumen von 21 % als „Puffer“ erscheint zwar als ausreichend, da aber nie im Voraus sicher ist, welche Niederschlagsmengen noch zu erwarten sind, sollte hier ein Kompromiss eingegangen werden. Eine Abflussregulierung ab einem Zufluss von 50.000 m³/s kann ohne große Bedenken empfohlen werden. Im niederschlagsreichen Jahr 1998 wäre das Flutkontrollvolumen nur zu 46,6 % genutzt worden, Raum zum Auffangen weiterer möglicher Flutwellen wäre folglich zur Genüge vorhanden gewesen. Bei einer derartigen Abflussregulation hätten mit großer Wahrscheinlichkeit mindestens 2 der 11 Deichbrüche verhindert werden können.
- Die Gefahr von Waterlogging wird sich zwar, wie nachfolgend aufgeführt, minimal verringern, die Problematik ist aber weiterhin vorhanden und wird nach wie vor Schäden hervorrufen.

Die chinesische Regierung führt den Schutz vor Hochwasserereignissen für den Mittellauf des Yangtze meist als wichtigstes Argument für den Bau des Drei-Schluchten-Staudammes an. Aus den oben genannten Gründen erscheint dieses Argument allerdings wenig überzeugend. Sicherlich können Hochwasserwellen aus dem Oberlauf gekappt werden; der häufiger auftretenden Hochwasserproblematik, die aus Starkregenereignis-

sen im Einzugsgebiet des Yangtze-Mittellaufes resultiert, kann mit dem Drei-Schluchten-Projekt jedoch nicht effektiv entgegengewirkt werden.

Meist wird als zweitwichtigstes Argument für die Durchführung des Drei-Schluchten-Projektes die Erzeugung von Hydroenergie angeführt. Die Nichterfüllung der Prognose zum Schutz vor Hochwasserereignissen macht das zweitwichtigste Argument letztlich sogar zum bedeutendsten. Für das Ankurbeln der wirtschaftlichen Entwicklung Zentralchinas ist das Vorhandensein von ausreichender elektrischer Energie sicherlich eine Voraussetzung. Der wirtschaftlichen Entwicklung der bezirksfreien Stadt Chongqing wird die Nutzung des hydroenergetischen Potenzials des Yangtze sicherlich ebenso zugute kommen wie seine verbesserte Schiffbarkeit. Durch diese wird Chongqing für seegängige Frachter zugänglich gemacht und über den Schiffsweg mit der wirtschaftlich prosperierenden Ostküste verbunden. Auf die ökonomische Entwicklung der bezirksfreien Stadt Chongqing wird sich das Drei-Schluchten-Projekt langfristig definitiv positiv auswirken.

Wirtschaftliches Wachstum findet derzeit insbesondere im Bereich der Dammbaustelle statt. Hier ist eine dauerhafte positive wirtschaftliche Entwicklung allerdings nicht sichergestellt; sie ist nur dann gewährleistet, wenn sich tatsächlich, wie man es sich erhofft, zahlreiche Fabriken in der Nähe des Staudammes ansiedeln.

Die Konsequenzen, die eine Bereitstellung von Wasser für den geplanten Wassertransfer von Süden in den trockenen Norden zum Huanghe mit sich bringen wird, werden in einem Ausblick in Kapitel 6 betrachtet.

Die Ergebnisse der Diskussionen zu den einzelnen von Gegnern des Drei-Schluchten-Projektes geäußerten Kritikpunkten seien nachfolgend angeführt:

- Der Standort des Staudammes erscheint geologisch geeignet.
- Die Problematik der Ablagerung von Sedimenten im Staubecken ist trotz enormen Forschungsaufwandes nicht als gelöst einzustufen. Die Betriebsweise von „impounding the clear and discharging the turbid“ erscheint nicht geeignet zu sein, um Sedimente, die sich aufgrund der verminderten Fließgeschwindigkeit am oberen Ende des Staueses ablagern, herauszuspülen. Des Weiteren besteht augenscheinlich ein Widerspruch zwischen dem Kappen von Hochwasserwellen, das heißt Aufstauen, und dem während der sommerlichen Regenzeit beabsichtigten Herausspülen von Sedimenten.
- Der Yangtze wird nach Sedimentationsprozessen im Stauee im an diesen anschließenden Streckenabschnitt bis nach Wuhan durch seine verringerte

Sedimentfracht nicht wie bisher akkumulieren sondern erodieren. Das Flussbett wird eine Tieferlegung erfahren, die eine Erniedrigung des Pegels bei gleichem Abfluss herbeiführt. Dies bewirkt eine minimale Reduzierung der Gefahr von Waterlogging. Die Sicherheit des Streckenabschnittes gegenüber Hochwasserereignissen wird sich durch die Tieferlegung jedoch nicht wesentlich verbessern, da das veränderte Belastungsverhältnis die Gefahr der Unterspülung der Deiche vergrößert. Zudem können Flusslaufverlagerungen zu Behinderungen in der Schifffahrt führen. Positiv wird sich die geringere Sedimentfracht auf die Lebensdauer des Dongtingsees auswirken.

- Eine direkte Gefährdung des Staudammes durch Hangrutschungen ist auszuschließen. Die Möglichkeit der Behinderung des Schiffverkehrs durch Ablagerungen infolge von Rutschungen ist gegeben. Die Wahrscheinlichkeit einer Blockade des Flussbettes ist nach der Aufstauung wegen des erhöhten Wasserspiegels geringer. Durch den mit der Aufstauung verbundenen Flächenverlust wird das fruchtbarste Ackerland verloren gehen. In der Folge wird aufgrund der geringeren Fruchtbarkeit des hangaufwärts gelegenen Ackerlandes mehr Fläche agrarisch genutzt werden müssen, deren Hangneigung zusätzlich größer ist. Dies lässt eine Zunahme der von Erosionserscheinungen betroffenen Fläche und damit der Wahrscheinlichkeit des Abgangs von Hangrutschungen erwarten
- Das Risiko der Verbreitung der Infektionskrankheit *Schistosomiasis japonica* im Bereich des Stausees ist gegeben. Flussabwärts des Drei-Schluchten-Staudammes ist hingegen eine wenn auch geringe Eindämmung der Ausbreitung durch die Verminderung von Überschwemmungen zu erwarten.
- Durch die Aufstauung der Wassermassen wird sich die Fließgeschwindigkeit herabsetzen, und die Wasserqualität wird sich im Bereich des Stausees durch die geringere Durchlüftung verschlechtern. Zwar ist die Errichtung von 10 Abwasserreinigungsanlagen geplant, und einige kleine Papierfabriken, die stark verschmutztes Wasser abgeleitet haben, sind geschlossen worden; insgesamt müssten aber dringend Richtlinien zur Einhaltung bestimmter Standards eingeführt werden, um die Wasserqualität sichern zu können. Positiv wird sich das Drei-Schluchten-Projekt durch den während der Trockenzeit erhöhten Abfluss auf die Wasserqualität des Yangtze-Mittel- und -Unterlaufes auswirken und die Intrusion von Salzwasser in das Yangtze-Delta verringern.
- Das Umsiedeln von Menschen ist generell eine schwierige Aufgabe. Die gigantischen Ausmaße des Projektes bewirken ein breites Interesse im Ausland - ein Hinschauen -, was die chinesische Regierung veranlassen dürfte, dafür Sorge zu tragen, dass eine

Wiederholung der zu kritisierenden früher üblichen Umsiedlungspraktiken nicht zu erwarten ist. Die in Städten lebenden Umsiedler werden, wenn es nicht zum Verlust des Arbeitsplatzes kommt, von der Durchführung des Drei-Schluchtenprojektes zumindest in Hinblick auf die Wohnsituation (Anschluss an Wasser- und Stromleitung) eine Verbesserung erfahren. Das Umsiedeln der landwirtschaftlichen Bevölkerung ist ein sehr viel schwierigeres Unterfangen. Sicherlich werden einige Betroffene davon profitieren, die beispielsweise einen Arbeitsplatz in einer Fabrik finden, andere werden eine Verschlechterung ihrer Lebensverhältnisse hinnehmen müssen. Die Gründe hierfür sind komplex und werden in Kapitel 3.3.7 detailliert aufgeführt. Das Kernproblem stellt dabei das zumeist niedrige Bildungsniveau der Bauern dar, welches eine beruflichen Veränderung erschwert.

Bei einer Gesamtbetrachtung wird deutlich, dass die Hochwasserschutzfunktion als Argument für die Durchführung des Drei-Schluchten-Projektes weniger überzeugend ist, als das der Erzeugung von Hydroenergie. Diese wird sich positiv auf die wirtschaftliche Entwicklung Zentralchinas auswirken und die Energieversorgung der prosperierenden Küstenstädte (insbesondere Shanghais) sicherstellen. In vielen Studien wird betont, dass die positiven Folgen des Projektes sich größtenteils auf den Raum flussabwärts des Staudammes beschränken, negative Folgeerscheinungen jedoch ausschließlich im Bereich um den Stausee auftreten werden. Diese Einschätzung ist zwar nicht falsch, sollte jedoch ein wenig entschärft werden. Die zur Durchführung des Projektes notwendigen Umsiedlungen mit den gesamten problematischen Folgen beschränken sich selbstverständlich auf den Bereich des Stausees. Doch auch für die Region um den zukünftigen Stausee sind positive Folgen zu erwarten. Das Vorhandensein von elektrischer Energie und die verbesserte Schiffbarkeit des Yangtze werden der bezirksfreien Stadt Chongqing weiteres wirtschaftliches Wachstum ermöglichen. Für große Teile der in den rural geprägten gebirgigen Kreisen lebenden landwirtschaftlichen Bevölkerung wird das Leben nach der Aufstauung nicht einfacher werden. Das Hinschauen insbesondere aus dem Ausland wird die chinesische Regierung hoffentlich veranlassen, eine sich ausbreitenden Armut zu verhindern.

Die Folgen der Durchführung des Drei-Schluchten-Projektes sind zu komplex, um einen eigenen Standpunkt einzunehmen, der dieses ausschließlich begrüßt oder ablehnt. Es ist von großer Bedeutung, dass das auch nach der Fertigstellung des Staudamms immer noch verbleibende Hochwasserrisiko nicht unterschätzt wird. Eine Unterschätzung könnte für den Mittel- und Unterlauf des Yangtze katastrophale Folgen mit sich bringen. Man darf darauf hoffen, dass die gewonnene Hydroenergie zu einer weiteren positiven wirtschaftlichen Entwicklung beiträgt und den Wohlstand fördert.

6 Diskussion und Ausblick

Nachdem eine eigene Einschätzung des Drei-Schluchten-Projektes bereits erfolgte, gibt das abschließende Kapitel der vorliegenden Arbeit einen Ausblick, der auf der Durchführung des Drei-Schluchten-Projektes aufbaut. Die Durchführung des Drei-Schluchten-Projektes wird als unabänderlich anerkannt, daher werden auch keine alternativen Konzepte vorgestellt. Stattdessen erfolgt ein Ausblick auf weitere geplante Wasserbauprojekte im Einzugsgebiet des Yangtze sowie eine Diskussion der erwarteten Wechselwirkungen mit dem Drei-Schluchten-Projekt.

South-to-North-Water-Diversion-Project

Das South-to-North-Water-Diversion-Project soll durch die Ableitung von Wasser aus dem Yangtze den von Dürre geplagten Norden Chinas mit Wasser versorgen. Die Ableitung soll über drei verschiedene Kanäle erfolgen, die in Abbildung 6.1 dargestellt sind (vgl. MEIER-HILBERT 1997b, S. 47):

Weststrecke (Xixian-Projekt): Wasser der Flüsse Tongtian, Yalong und Daduhe soll zum Oberlauf des Huanghe geleitet werden, um die Wasserknappheit in den Provinzen Qinghai, Gansu, Ningxia, Shaanxi und Shanxi zu beheben.

Mittelstrecke (Zhongxian-Projekt): Wasser aus dem Drei-Schluchten-Stausee soll in den Danjiangkou-Stausee am Hanjiang umgeleitet werden, damit es von dort dem über 100 m hohen natürlichen Gefälle bis nach Beijing folgen kann und auf seinem Weg die Provinzen Henan und Hebei mit Wasser versorgen kann. Die Durchführung dieses Teil-Projektes erfordert eine Erhöhung der derzeit in 162 m ü. M. liegenden Deichkrone des Danjiangkou-Staudammes auf 175 m ü. M. Dies wäre verbunden mit dem Verlust von Landfläche und der Umsiedlung von Menschen.

Oststrecke (Dongxian-Projekt): Wasser aus dem Yangtze-Unterlauf soll von östlich der Stadt Nanjing (Provinz Jiangsu) in Richtung Tianjin umgeleitet werden und entlang des Weges die Provinz Shandong mit Wasser versorgen. Rund 88 % des Streckenverlaufes bestehen in Form des Kaiser-Kanals bereits. Für dieses Teil-Projekt sind hohe Energiekosten zu erwarten, da das Yangtze-Wasser um 42 m gehoben werden muss, wozu 13 Pumpstationen eingesetzt werden sollen.

Der Bau der Mittel- und der Oststrecke soll im Jahr 2010 abgeschlossen werden, die Fertigstellung der Weststrecke wird später erfolgen (vgl. ERLING 2001). Die Durchführung des South-to-North-Water-Diversion-Projects wird durch den Bau der Kanäle und die

Erhöhung des Danjankou-Staudammes die Umsiedlung von etwa 200.000 Menschen erfordern. Die Kosten des gesamten Projektes werden auf 180 Milliarden Yuan geschätzt (vgl. KOLONKO 2001, S. 10). Insgesamt sollen jährlich bis zu 48 Milliarden m³ Wasser von Süden in den Norden umgeleitet werden (vgl. GROBE 2001). Dies entspricht etwa der 1,2-fachen Menge des Stauinhaltes des Drei-Schluchten-Stausees. Zum Vergleich: Die jährliche Abflussmenge des Yangtze beträgt etwa 960 Milliarden m³ (vgl. WOLLESEN et al. 1999, S. 25), demnach sollen durchschnittlich 5 % der Abflussmenge abgeleitet werden. Es ist zu befürchten, dass durch den verringerten Abfluss verstärkt Salzwasser in das Yangtze-Delta intrudieren wird, was die Trinkwasserversorgung Shanghais bedrohen könnte.

Abb. 6.1: Das South-to-North-Water-Diversion-Project



Weitere geplante Wasserbauprojekte

Angesichts der Vielzahl geplanter Wasserbauprojekte im Einzugsgebiet des Yangtze und den differierenden Darstellungen der Planung in unterschiedlichen Quellen (vgl. CEERD 2000; CIIC 2002; CWRC 1996; TGPC 2002) wird hier eine kurze Übersicht gegeben, wobei die tatsächliche Realisierung der Projekte abgewartet werden muss.

Oberhalb des Drei-Schluchten-Staudammes in der Provinz Sichuan wird derzeit der Bau von zwei weiteren Staudämmen am Yangtze geplant. Als erstes soll das größere der beiden Projekte namentlich das *Xiluodu-Projekt* durchgeführt werden, welches hinsichtlich

des Stauinhaltes, der Gesamtleistung und der Stromerzeugung von allen geplanten Projekten die höchsten Werte erreicht. Die notwendigen Vorarbeiten wie beispielsweise geologische Untersuchungen sind mittlerweile nahezu abgeschlossen. Für das Xiluodu-Projekt sind ein Stauinhalt von 12,9 km³, eine Gesamtleistung von 12.600 MW und eine durchschnittliche jährliche Stromerzeugung von 57.600 GWh geplant. Stromabwärts des Xiluodu-Staudammes soll der *Xiangjiaba-Staudamm* errichtet werden, wobei der Inhalt des Stausees 5,1 km³, die Gesamtleistung 6.000 MW und die durchschnittliche jährliche Stromerzeugung 29.300 GWh betragen sollen (vgl. LI 2001).

Am Yalong, dem längsten in den Oberlauf des Yangtze mündenden Nebenfluss, an dem sich mit dem *Ertan-Wasserkraftwerk* bereits das derzeit hinsichtlich der Gesamtleistung und der durchschnittlichen jährlichen Stromerzeugung leistungsstärkste Wasserkraftwerk Chinas befindet, sollen weitere vier Wasserkraftwerke mit einer Gesamtleistung von insgesamt 9.050 MW errichtet werden (vgl. CEERD 2000).

Des Weiteren wird am Daduhe das *Pupugou-Wasserkraftwerk* gebaut werden, welches mit einem Stauinhalt von 5,2 km³, einer Gesamtleistung von 3.300 MW und einer durchschnittlichen jährlichen Stromerzeugung von 14.580 GWh ungefähr der Dimension des Ertan-Projektes entsprechen wird (vgl. DENG 2000).

Ein weiteres, von den Kenndaten kleines Staudammprojekt, dem trotz allem eine große Bedeutung insbesondere für die Bewässerung von landwirtschaftlicher Nutzfläche und die Wasserversorgung der Stadt Chengdu (Hauptstadt der Provinz Sichuan) beigemessen wird, soll am Minjiang durchgeführt werden. Die Fertigstellung dieses sogenannten *Zipingpu-Wasserbauprojektes*, dessen Staubecken einen Stauinhalt von 1,1 km³ erhalten und dessen Gesamtleistung 760 MW betragen soll, ist für das Jahr 2006 geplant (vgl. CIIC 2002).

Auch an dem in Chongqing in den Yangtze mündenden Jialingjiang werden mit dem *Hechuan-Projekt* und dem *Tianzikou-Projekt* zwei kleinere Projekte durchgeführt werden. Ersteres wird einen Stauinhalt von 3,91 km³, eine Gesamtleistung von 500 MW und eine jährliche Stromerzeugung von 1.081 GWh besitzen, das Zweite einen Stauinhalt von 4,065 km³, eine Gesamtleistung von 800 MW und eine jährliche Stromerzeugung von 3.135 GWh.

Der Wujiang, der bei Fuling aus südlicher Richtung in den Yangtze mündet, wird an zwei Stellen aufgestaut werden. Für das *Penshui-Projekt* ist ein Stauinhalt von 1,3 km³, eine Gesamtleistung von 1.080 MW und eine durchschnittliche jährliche Stromerzeugung von 6.005 GWh geplant, für das *Goupitan-Projekt* ein Stauinhalt von 6,38 km³, eine

Gesamtleistung von 2.000 MW und eine jährliche Stromerzeugung von 9.192 GWh (vgl. CWRC 1996)

Sämtliche der bisher genannten Staudämme befinden sich im Einzugsgebiet des Yangtze-Oberlaufes, das heißt oberhalb des Drei-Schluchten-Staudammes. Bis auf das Zipingpu-Projekt, dessen Hauptziele bereits dargelegt wurden, ist das wichtigste Ziel aller anderen Projekte die Erzeugung von Hydroenergie. Als zweit bedeutsamstes Ziel wird bei den meisten Projekten die Bewässerung von landwirtschaftlicher Nutzfläche angeführt. Für das Drei-Schluchten-Projekt haben die „vorgelagerten“ Stauseen den Vorteil, dass sich ein Teil der Sedimentfracht aufgrund der verminderten Fließgeschwindigkeit bereits in jenen Seen ablagern wird. Letzten Endes ist dies aber keine Lösung der Sedimentationsproblematik sondern eher eine örtliche Verlagerung des Problems. Es ist außerdem zu bedenken, dass jeder einzelne Staudamm das Abflussregime verändert, wobei sich diese Veränderungen nicht verallgemeinern lassen und von verschiedenen Faktoren wie beispielsweise dem Dammtyp, der Größe des Stausees oder dem Boden abhängen. Für eine detaillierte Klassifizierung der geomorphologischen Folgeprozesse stromabwärts von Staudämmen sei auf einen Aufsatz von BRANDT (2000) verwiesen.

Die im Folgenden beschriebenen Staudamm-Projekte stauen allesamt Nebenflüsse des Yangtze auf, die in seinen Mittellauf münden, die ihm demnach stromabwärts des Drei-Schluchten-Staudammes zufließen. Als erstes soll der *Shibuya-Staudamm* kurz vorgestellt werden, welcher den stromabwärts von Yichang in den Yangtze mündenden Qingjiang aufstauen wird. Ein Stauinhalt von 4,7 km³ soll dazu eingesetzt werden, Hochwasserkatastrophen in der stromabwärts des Dammes angrenzenden Region zu verhindern beziehungsweise zu lindern. Das Shibuya-Projekt, dessen Fertigstellung für das Jahr 2009 geplant ist, soll mit Generatoren mit einer Gesamtleistung von 1.600 MW ausgestattet werden (vgl. CWRC 1996).

Auch das *Zaoshi-Wasserbauprojekt*, welches den Unterlauf des Xieshi, einen Nebenfluss des in den Dongtingsee mündenden Lishui, aufstaut, soll in erster Linie dem Hochwasserschutz dienen. Von den 1,44 km³ des Stauinhaltes sollen 0,78 km³ als Hochwasserrückhalteraum genutzt werden. Die benachbarte stromabwärts gelegene Region, welche gegenwärtig nur vor einem 5-jährlichen Hochwasser sicher ist, soll hierdurch vor einem 20-jährlichen Hochwasser geschützt werden. Die Gesamtleistung der Generatoren wird lediglich 150 MW betragen (vgl. CIIC 2002). Dies ist als Indiz für die dominierende Rolle des Hochwasserschutzes zu werten, und zudem werden die im Vergleich zu den anderen Projekten kleinen Ausmaße deutlich.

Ein weiterer kleiner Damm soll zusätzlich zum Danjiangkou-Staudamm den in der Metropole Wuhan in den Yangtze mündenden Hanjiang aufstauen. Das sogenannte *Nianpanshan-Projekt* zählt mit einem Stauinhalt von 0,89 km³ und einer Gesamtleistung von 250 MW zu den kleinen Projekten. Die Stromerzeugung, die durchschnittlich jährlich 1.081 GWh betragen soll, ist das Hauptziel dieses Projektes (vgl. CWRC 1996).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass von den 12 Projekten am Oberlauf des Yangtze 11 in erster Linie der Energiegewinnung dienen. Der produzierte Strom soll die Basis für die ökonomische Entwicklung der zentralchinesischen Provinzen bilden. Von den 3 Staudämmen, die Nebenflüsse im Einzugsgebiet des Yangtze-Mittellaufes aufstauen werden, haben 2 den Schutz vor Hochwasser als Hauptziel. Dies verdeutlicht, dass der Mittellauf des Yangtze in einem sehr viel höheren Maße Hochwassergefahren ausgesetzt ist als der Oberlauf. Wie in Kapitel 4 herausgearbeitet wurde, kann mithilfe des Drei-Schluchten-Projektes die Hochwassergefahr am Yangtze-Mittellauf nicht gebannt werden. Die Durchführung von Projekten wie dem Shibuya- oder dem Zaoshi-Projekt können für die Zukunft des Einzugsgebietes des Yangtze-Mittellaufes von großer Bedeutung sein. Eine Vielzahl kleinerer Dämme an den Nebenflüssen des Mittellaufes zusätzlich zum Drei-Schluchten-Staudamm könnte verschiedenen Hochwassertypen vorbeugen, womit eine größere Sicherheit vor Hochwasserkatastrophen erreicht werden könnte. Beispielsweise hätte der Deichbruch bei Li Xian im Jahr 1998 vermutlich verhindert werden können, wenn der Zaoshi-Damm damals bereits errichtet gewesen wäre.

Es stellt sich allerdings die Frage, inwieweit man sich generell auf den technischen Hochwasserschutz verlassen soll oder kann. Die Koordination der Nutzung von Hochwasserrückhalteraum verteilt über zahlreiche Stauseen kann im Fall einer sich anbahnenden Hochwasserkatastrophe große logistische Schwierigkeiten mit sich bringen. Die Problematik der Prognostik und Koordination wurde in Deutschland während des diesjährigen Elbe-Hochwassers überaus deutlich. Decision Support Systeme werden in der Zukunft eine wichtige Rolle spielen und die Prognostik und Koordinierung im (Prä-)Katastrophenfall unterstützen und erleichtern; die Gefahr einer Katastrophe bleibt jedoch weiterhin bestehen. Ein weiterer Punkt, der Anlass zur Sorge gibt, ist eine mögliche Ausbreitung der Siedlungsfläche in immer stärker hochwassergefährdete Gebiete durch ein trügerisches Gefühl der Sicherheit. Es ist zu hoffen, dass die „Technikgläubigkeit“, die sich nicht nur in der Ausbreitung der Siedlungsfläche zeigt sondern sich auch bei Gesprächen in verschiedenen Behörden abzeichnete, nicht eines Tages verhängnisvolle Folgen mit sich bringt.

7 Quellen

7.1 Wissenschaftliche Literatur

- ADAMS, P. & G. RYDER (1998): China's great leap backward. In: International Journal. Heft 4, S. 687-704.
- BARBER, M. & G. RYDER (Hrsg., 1993): Damming the Three Gorges: What Dam Builders Don't Want You To Know. 2. Auflage. Earthscan, London, Toronto.
- BECKER, S., GEMMER, M & T. JIANG (2002): 20th Century Precipitation Trends in the Yangtze River Catchment. Zur Veröffentlichung eingereicht bei International Journal of Climatology.
- BRANDT, A. (2000): Classification of geomorphological effects downstream of dams. In: Catena. 40, Heft 4, S. 375-401.
- BYRNE, J., SHEN, B. & X. LI (1996): The challenge of sustainability: Balancing China's energy, economic and environmental goals. In: Energy Policy. Heft 5, S. 455-462.
- BYRNE, J., SHEN, B. & J. ZHAO (1999): Opportunities and Challenges for China's Power Sector. UNIVERSITY OF DELAWARE, CENTER FOR ENERGY AND ENVIRONMENTAL POLICY (Hrsg.). Abrufbar unter: http://www.nrel.gov/china/pdfs/opportunities_and_challenges_for_chinas_power_sector.pdf (Datum: 11.07.2002).
- CENTER FOR ENERGY ENVIRONMENT RESOURCES DEVELOPMENT (CEERD, 2000): China to Build More Hydropower Stations. In: Asian Energy News. Heft 3, 2000. Abrufbar unter: http://aen.ceerd.net/archive/2000/aen_030a.htm.
- CHALLMAN, D. (2000): The Whole Dam Story: A Review of the China Yangtze Three Gorges Dam. In: University of Kentucky, Center for Applied Energy Research (CAER, Hrsg.): Energieia. Heft 1, S. 1-4. Abrufbar unter: http://www.caer.uky.edu/energieia/PDF/vol11_1.pdf (Datum: 24.07.2002).
- CHANGJIANG WATER RESOURCES COMMISSION (CWRC, 1996): Water Conservancy and Hydro-Power Projects Planned and Designed by CWRC. Abrufbar unter: <http://www.bsos.umd.edu/mwr/cwrc/projects.html> (Datum: 14.11.2002).
- CHEN, D. (1999): Engineering geological problems in the Three Gorges Project on the Yangtze, China. In: Engineering Geology. 51, Heft 3, S. 183-193.
- CHEN, S. (2000): Current Situation and Countermeasures of Economic Development in Three Gorges Reservoir Area in Hubei. In: CHINA YANGTZE THREE GORGES PROJECT DEVELOPMENT CORPORATION (CTGPC, Hrsg.): Proceedings of China Yangtze Three Gorges Project. Selbstverlag der CTGPC, o. O., S. 201-206.
- CHEN, T. K. (1979): Die Volksrepublik China: Nord und Süd in der Entwicklung. 2. Auflage. Klett, Stuttgart.
- CHINA YANGTZE THREE GORGES PROJECT DEVELOPMENT CORPORATION (CTGPC, 2000): Three Gorges Project. Selbstverlag der CTGPC, o. O.
- CHINESE NATIONAL COMMITTEE ON LARGE DAMS (CHINCOLD, 2002): Gezhouba Hydroelectric Power Plant. Abrufbar unter: <http://www.icold-cigb.org.cn/icold2000/st-a1-01.html> (Datum: 24.07.2002).

- CHONGQING STATISTICAL BUREAU (2000): Chongqing Statistical Yearbook 1999. China Statistics Press, Beijing.
- COMMISSION OF WATER RESOURCES OF THE YANGTZE RIVER (1999): Yearbook for Yangtze River Improvement. The Publishing House of the Commission of Water Resources of the Yangtze River, Beijing. Originalausgabe von 1992 ergänzt mit unveröffentlichten Daten der Kommission bis einschließlich 1998.
- DAI, Q. (1998): The Three Gorges Project: A Symbol of Uncontrolled Development in the Late Twentieth Century. In: DAI, Q. (Hrsg.): The River Dragon Has Come. M. E. Sharpe, Armonk, London, S. 3-17.
- DENG, Q. L. et al. (2000): Mass rock creep and landsliding on the Huangtupo slope in the reservoir area of the Three Gorges Project, Yangtze River, China. In: Engineering Geology. 58, Heft 1, S. 67-83.
- DEPPE, J. (zur Zeit in Bearbeitung): Analyse der aktuellen Bodenressourcen des Einzugsgebietes des Xiangxi und Simulation der durch die Flutung des Dreischluchten-Staudamms verursachten Landnutzungsänderungen und Bodenerosionspotentiale. Diplomarbeit, Institut für Geographie der Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen.
- DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E. V. (DVWK, 1999): Statistische Analyse von Hochwasserabflüssen. DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft. Heft 251. Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, Bonn.
- DING, Q. (1998): What Are the Three Gorges Resettlers Thinking? In: DAI, Q. (Hrsg.): The River Dragon Has Come. M. E. Sharpe, Armonk, London, S. 70-89.
- DOMRÖS, M. (2001): Räumliche und zeitliche Variabilität der Sommerniederschläge in China. In: Geographische Rundschau. Heft 10, S. 36-41.
- DOMRÖS, M. & G. PENG (1988): The Climate of China. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- DU, Y. et al. (2001): Interpretation of the environmental change of Dongting Lake, middle reach of Yangtze River, China, by ^{210}Pb measurement and satellite image analysis. In: Geomorphology. 41, Heft 2-3, S. 171-181.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD, 1998): Anomalous precipitation in the catchment area of the Yangtze river in China during summer 1998. Abrufbar unter: http://www.dwd.de/research/kliis/produkte/monitoring/jangtse/e_jang.htm (Datum: 08.06.2002).
- ECONOMIC CONSTRUCTION GROUP OF THE CHINESE PEOPLE'S POLITICAL CONSULTATIVE COMMITTEE (1993): The Three Gorges Project Should Not Go Ahead in the Short Term. In: LUK, S. & J. WHITNEY (Hrsg.): Megaproject: A Case Study Of China's Three Gorges Project. M. E. Sharpe, Armonk, S. 110-120.
- EDMONDS, R. L. (2000): Recent Developments and Prospects for the Sanxia (Three Gorges) Dam. In: CANNON, T. (Hrsg.): China's Economic Growth: The Impact on Regions, Migration and The Environment. Macmillan Press LTD, London, S. 161-183.
- FANG, Z. (2000): Environmental and Ecological Issues of Three Gorges Project. In: CHINA YANGTZE THREE GORGES PROJECT DEVELOPMENT CORPORATION (CTGPC, Hrsg.): Proceedings of China Yangtze Three Gorges Project. Selbstverlag der CTGPC, o. O., S. 162-67.

- GEMMER, M. (2000): Hochwasserschutz und Landnutzungsänderungen am Yangtze-Mittellauf, VR China: Satellitenbilddokumentierte Entwicklung der Metropole Wuhan und des Jingjiang-Hochwasserrückhaltebeckens als Beispiel für die wachsende Bedeutung und limitierte Umsetzbarkeit einer bestehenden Hochwasserschutzplanung. Diplomarbeit, Institut für Geographie der Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen.
- GUDERMANN, V. (1998): Satellitenbildgestützte Analyse der Entwicklung von Landnutzung und Hochwasserschadenspotential in Huzhou City, Ostchina, im Zeitraum 1984 bis 1997. Diplomarbeit, Institut für Geographie der Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen.
- GUTOWSKI, A. (2000): Der Drei-Schluchten-Staudamm in der VR China - Hintergründe, Kosten-Nutzen-Analyse und Durchführbarkeitsstudie eines grossen Projektes unter Berücksichtigung der Entwicklungszusammenarbeit. In: KNORR, A., LEMPER, A., SELL, A. UND K. WOHLMUTH (Hrsg.): Materialien des Universitätsschwerpunktes „Internationale Wirtschaftsbeziehungen und Internationales Management“. Band 19. Selbstverlag des Instituts für Weltwirtschaft und Internationales Management der Universität Bremen, Bremen.
- HE et al. (2001): Damage and seismic intensity of the 1996 Lijiang Earthquake, China: A GIS analysis. In: UNIVERSITY OF TOKYO, CENTER FOR SPATIAL INFORMATION SCIENCE (CSIS, Hrsg.): CSIS Discussion Paper 36. Abrufbar unter: www.csis.u-tokyo.ac.jp/dp/36-2.pdf (Datum: 16.10.2002).
- HEESCH, G. (1996): Im Drei-Schluchten-Projekt praktizieren die Chinesen technischen Gigantismus. In: Bild der Wissenschaft. Heft 8, S. 80-89.
- HEMING, L., WALEY, P. & P. REES (2001): Reservoir resettlement in China: past experience and the Three Gorges Dam. In: The Geographical Journal. Heft 3, S. 195-212.
- HIGGIT, D. L. & X. X. LU (1999): Challenges in relating land use to sediment yield in the Upper Yangtze. In: Hydrobiologia. Heft 410, S. 269-277.
- HIGGIT, D. L. & X. X. LU (2001): Sediment delivery to the Three Gorges: 1. Catchment controls. In: Geomorphology. 41, Heft 2-3, S. 143-156.
- HOF, A. (1999): Satellitenbildgestützte Dokumentation der urbanen Entwicklung im hochwassergefährdeten Wuxi, SE China: Aspekte der Stadtentwicklung und Raumplanung in einer ökonomisch aufstrebenden Region Chinas. Diplomarbeit, Institut für Geographie der Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen.
- HONG, Q. (1993): A Review of the Work during the Early Stages of the Three Gorges Project. In: LUK, S. & J. WHITNEY (Hrsg.): Megaproject: A Case Study Of China's Three Gorges Project. M. E. Sharpe, Armonk, S. 40-62.
- HU, H., LEI, Z. & S. YANG (1998): Yangtze River Floods 1998. In: INTERNATIONAL CENTER FOR DISASTER - MITIGATION ENGINEERING, INSTITUTE OF INDUSTRIAL SCIENCE, UNIVERSITY OF TOKYO (INCEDE, Hrsg.): Newsletter. Heft 3. Abrufbar unter: http://incede.iis.u-tokyo.ac.jp/Newsletter/7_3/7-3-1.html (Datum: 18.05.2002).
- INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZE DES RHEINS (IKSR, 2002): Einzugsgebiet des Rheins. Abrufbar unter: <http://www.iksr.org> (Datum: 26.09.2002).
- ITAIPU BINACIONAL (1997): Itaipu: Eines der Sieben Wunder der Neuzeit. Selbstverlag von Itaipu Binacional, Foz do Iguaçu.

- JACKSON, S. & A. SLEIGH (2000): Resettlement for China's Three Gorges Dam: socio-economic impact and institutional tensions. In: *Communist and Post-Communist Studies*. Heft 2, S. 223-241.
- JACKSON, S. & A. SLEIGH (2001): The political economy and socio-economic impact of China's Three Gorges Dam. In: *Asian Studies Review*. Heft 1, S. 57-72.
- JIANG, T. (2000): Analysis of Flood Hazards in the Yangtze River Valley and Strategies for Sustainable Flood Risk Management. Dissertation, Institut für Geographie der Justus-Liebig-Universität Gießen. Shaker Verlag, Aachen.
- JING, J. (1997): Rural Resettlement: Past Lessons for the Three Gorges Project. In: *The China Journal*. Heft 2, S. 65-92.
- KEIL, J.-P. (2002): Das Drei-Schluchten-Projekt und seine Auswirkungen auf die sozio-ökonomische Entwicklung im Xiangxi-Einzugsgebiet. Diplomarbeit, Institut für Geographie der Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen.
- KING, L., GEMMER, M. & M. METZLER (2002): Das Drei-Schluchten-Projekt am Yangtze. In: *Spiegel der Forschung*. Heft 1, S. 38-45.
- KING, L., GEMMER, M. & R. WANG (2001): Hochwasserschutz und Landnutzung am Yangtze. In: *Geographische Rundschau*. Heft 10, S. 28-34.
- KOMITEE FÜR WASSERWIRTSCHAFT AM YANGTZE (1998): Hochwasserschutz an Flüssen in China. Band Yangtze. Wasserwirtschaftsverlag, Beijing.
- KRIEG, R. et al. (1998): Provinzporträts der VR China: Geographie, Wirtschaft, Gesellschaft. *Mitteilungen des Instituts für Asienkunde Hamburg*. Band 289. 2. Auflage. Hamburg.
- LARSON, J. S. (1993): Downstream Environmental Impacts. In: BARBER, M. & G. RYDER (Hrsg.): *Damming the Three Gorges: What Dam Builders Don't Want You To Know*. Earthscan, London, Toronto, S. 74-88.
- LAUER, W. (1995): *Klimatologie*. 2. Auflage. Westermann, Braunschweig.
- LEOPOLD, L. B. (1996): Sediment Problems at the Three Gorges Dam. In: DAI, Q. (Hrsg., 1998): *The River Dragon Has Come*. M. E. Sharpe, Armonk, London, S. 194-199.
- LI, B. (1991): General Plan for Population Resettlement. In: DAI, Q. (Hrsg., 1998): *The River Dragon Has Come*. M. E. Sharpe, Armonk, London, S. 40-50.
- LI, J., XIE, S. & M. KUANG (2001): Geomorphic evolution of the Yangtze Gorges and the time of their formation. In: *Geomorphology*. 41, Heft 2-3, S. 125-135.
- LIN, B. (2000): Principal Sedimentation Problems of the Three Gorges Project. In: CHINA YANGTZE THREE GORGES PROJECT DEVELOPMENT CORPORATION (CTGPC, Hrsg.): *Proceedings of China Yangtze Three Gorges Project*. Selbstverlag der CTGPC, o. O., S. 168-173.
- LU, X. X. & D. L. HIGGITT (2001): Sediment delivery to the Three Gorges 2: Local response. In: *Geomorphology*. 41, Heft 2-3, S. 157-169.

- LU, Y. (2000): Three Gorges Project: A Project Improving Ecological Environment of the Yangtze River. In: CHINA YANGTZE THREE GORGES PROJECT DEVELOPMENT CORPORATION (CTGPC, Hrsg.): Proceedings of China Yangtze Three Gorges Project. Selbstverlag der CTGPC, o. O., S. 1-7.
- MANIAK, U. (1993): Hydrologie und Wasserwirtschaft: Eine Einführung für Ingenieure. 3. Auflage. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- MAZLE, D. R. et al. (1998): Hydrological studies of schistosomiasis transport in Sichuan Province, China. In: The Science of the Total Environment. Heft 216, S. 193-203.
- MEIER-HILBERT, G. (1997a): Der Changjiang (Jangtse) wird zum Stausee. In: Zeitschrift für den Erdkundeunterricht. Heft 10, S 357-366.
- MEIER-HILBERT, G. (1997b): Der Jangtse, ein Fluß der Superlative. In: Geographie und Schule. Heft 5, S. 44-47.
- MOU, M. & W. CAI (1998): Resettlement in the Xin'an River Power Station Project. In: DAI, Q. (Hrsg.): The River Dragon Has Come. M. E. Sharpe, Armonk, London, S. 104-123.
- NATIONAL BUREAU OF STATISTICS OF CHINA (2000): China Statistical Yearbook 1999. China Statistics Press, Beijing.
- NATIONAL BUREAU OF STATISTICS OF CHINA (2001): China Statistical Yearbook 2000. China Statistics Press, Beijing.
- PLATE, E. J. (1996): Hochwasser - eine Einführung. In: Geowissenschaften. Heft 12, S. 509-511.
- PSCHYREMBEL KLINISCHES WÖRTERBUCH (1986): mit klinischen Syndromen und Nomina Anatomica. 255. Auflage. De Gruyter, Berlin, New York.
- QI, L. (2000): Development-Oriented Resettlement for Three Gorges Project. In: CHINA YANGTZE THREE GORGES PROJECT DEVELOPMENT CORPORATION (CTGPC, Hrsg.): Proceedings of China Yangtze Three Gorges Project. Selbstverlag der CTGPC, o. O., S. 186-194.
- QIAN, N., ZHANG, R. & Z. CHEN (1993): Some Aspects of Sedimentation at the Three Gorges Project. In: LUK, S. & J. WHITNEY (Hrsg.): Megaproject: A Case Study Of China's Three Gorges Project. M. E. Sharpe, Armonk, S. 121-160.
- SAUER, H. D. (1999): Das Jangtse Hochwasser 1998: Ausmaße, Ursachen, Folgen. In: Geographische Rundschau. Heft 6, S. 341-346.
- SLEIGH, A. & S. JACKSON (1998): Public health and public Choice: damned off at China's Three Gorges. In: The Lancet. Heft 9114, S. 1449-1450.
- SONG, W. (2000): Design of Navigation Structures for Three Gorges Project. In: CHINA YANGTZE THREE GORGES PROJECT DEVELOPMENT CORPORATION (CTGPC, Hrsg.): Proceedings of China Yangtze Three Gorges Project. Selbstverlag der CTGPC, o. O., S. 85-90.
- STATE ENVIRONMENTAL PROTECTION ADMINISTRATION (2000): Pollution Sources and Their Emission. Abrufbar unter: <http://www.zhb.gov.cn/english/quality/3Gorges/chapter5.htm> (Datum: 29.08.2002).

- STRÄßER, M. (1998): Klimadiagramme zur Köppenschen Klimaklassifikation. Justus Perthes Verlag, Gotha.
- TAN, C. et al (1997): Assessment and zonation of regional crustal stability in and around the dam region of the Three Gorges Project on the Yangtze River. In: Environmental Geology. 32, Heft 4, S. 285-295.
- TAN, S. (1999): Deep Thoughts of Land Utilization about the Rarely Severe Flooding Disaster along the Middle and Lower Reaches of the Changjiang River in 1998. In: EDITORIAL COMMITTEE OF CHINESE GEOGRAPHICAL SCIENCE (Hrsg.): Chinese Geographical Science 9 (1). Chinese Science Press, Beijing, S. 1-11.
- THREE GORGES PROJECT CONSTRUCTION COMMITTEE (TGPC, 2002): Introduction to China's Yangtze River Three Gorges Project. Abrufbar unter: <http://www.china.org.cn/e-news/news02-09-10-2.htm> (Datum: 14.11.2002).
- WANG, C. (1993): Comprehensive Assessment of the Ecological and Environmental Impact of the Three Gorges Project. In: LUK, S. & J. WHITNEY (Hrsg.): Megaproject: A Case Study Of China's Three Gorges Project. M. E. Sharpe, Armonk, S. 71-109.
- WANG, J. (2000): Major Technical Problems of Three Gorges Project. In: CHINA YANGTZE THREE GORGES PROJECT DEVELOPMENT CORPORATION (CTGPC, Hrsg.): Proceedings of China Yangtze Three Gorges Project. Selbstverlag der CTGPC, o. O., S. 13-22.
- WANG, R. (2001): Hochwasserschutzplanung am Mittleren Yangtze - Hintergründe, Vergleich, Möglichkeiten und neue Konzepte. Dissertation, Institut für Geographie der Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen.
- WEI, Y. (1999): Major problems and hidden troubles in relocation of the Three Gorges Project: Focus on Yunyang County, Chongqing City. In: Strategy And Management. Heft 1, S. 11-22.
- WEISCHET, W. & W. ENDLICHER (2000): Regionale Klimatologie. Teil 2: Die Alte Welt. Europa, Afrika, Asien. Teubner, Stuttgart, Leipzig.
- WILLIAMS, P. B. (1993): Sedimentation Analysis. In: BARBER, M. & G. RYDER (Hrsg.): Damming the Three Gorges: What Dam Builders Don't Want You To Know. Earthscan, London, Toronto, S. 133-144.
- WOLLESEN et al. (1999): Schutzkonzepte am Yangtze - der Kampf gegen die wiederkehrende Flut. In: Geospektrum. Heft 2, S. 25-28.
- WORLD BANK (1999): Chongqing Urban Environment Project. Abrufbar unter: <http://www.worldbank.org/nipr/china/pids/chongue.htm> (Datum: 01.09.2002).
- WORLD COMMISSION ON DAMS (WCD, 2000): Experience with Dams in Water And Energy Resource Development In The People's Republic Of China: Annexes. Abrufbar unter: <http://www.dams.org> (Datum: 11.07.2002).
- WU, K. & B. LI (1995): Energy development: China: National policies and regional strategies. In: Energy Policy. Heft 2, S. 167-178.
- WU, S. et al. (2001): Zonation of the landslide hazards in the forereservoir region of the Three Gorges Project on the Yangtze River. In: Engineering Geology. 59, Heft 1-2, S. 51-58.

- XINGSHAN STATISTICAL BUREAU (1999): 50 Years Statistical Data in Xingshan County 1949 - 1999. Selbstverlag des Xingshan Statistical Bureau, Xingshan.
- YANGTZE RIVER YEARBOOK COMMITTEE (1994): Yangtze Yearbook 1993. Publishing House of Yangtze River Yearbook, Wuhan.
- YANGTZE RIVER YEARBOOK COMMITTEE (1999): Yangtze Yearbook 1998. Publishing House of Yangtze River Yearbook, Wuhan.
- YANGTZE RIVER YEARBOOK COMMITTEE (2001): Yangtze Yearbook 2000. Publishing House of Yangtze River Yearbook, Wuhan.
- YANGTZE VALLEY WATER RESOURCES PROTECTION BUREAU (YVWRPB, 2000): Ecology and Environment of the Three Gorges Project. Science Press, Beijing, New York.
- YANGTZE VALLEY WATER RESOURCES PROTECTION BUREAU, MINISTRY OF WATER RESOURCES & NATIONAL ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (YVWRPB, MWR & NEPA, 1999): Questions and Answers on Environmental Issues for the Three Gorges Project. Science Press, Beijing, New York.
- YANG, X. & K. PRETZSCH (1999): Die chinesische Drei-Schluchten-Talsperre - Ein Großprojekt mit Kontroversen. In: Geoökodynamik. Heft 3, S. 231-243.
- YAO, J. (1991): Three Gorges: What Future Benefit for China? China Today Press, Beijing.
- YICHANG STATISTICAL BUREAU (1999): Yichang Statistical Yearbook 1998. Selbstverlag des Yichang Statistical Bureau, Yichang.
- YU, X. et al. (1999): The Warning of the '98 Yangtze Deluge & our Flood Control Strategy. In: Bulletin of the Chinese Academy of Sciences. Heft 1. Abrufbar unter: <http://www.bulletin.ac.cn/issues/99-1/8.htm> (Datum: 25.09.2002).
- ZENG, G. (1992): Ansätze einer innovationsorientierten Regionalpolitik in der VR China. Schriften des Zentrums für regionale Entwicklungsforschung der Justus-Liebig-Universität Giessen. Band 46. LIT Verlag, Münster, Hamburg.
- ZHANG, G.: The Key Technology, Economics and Environment Problems of Three Gorges Project. In: CHINA YANGTZE THREE GORGES PROJECT DEVELOPMENT CORPORATION (CTGPC, Hrsg.): Proceedings of China Yangtze Three Gorges Project. Selbstverlag der CTGPC, o. O., S. 8-12.
- ZHANG, C. & H. DAI (2000): Three Gorges Project and Flood Control in Yangtze River. In: CHINA YANGTZE THREE GORGES PROJECT DEVELOPMENT CORPORATION (CTGPC, Hrsg.): Proceedings of China Yangtze Three Gorges Project. Selbstverlag der CTGPC, o. O., S. 32-40.
- ZHANG, S. (1999): Catastrophic Flood Disaster in 1998 and the post factum Ecological and Environmental Reconstruction in China. HARVARD UNIVERSITY ASIA CENTER (Hrsg.). Abrufbar unter: http://www.fas.harvard.edu/~asiactr/fs_zhang2.htm (Datum: 29.05.2002).
- ZHAO, M. (1999): Analysis of the 1998 Yangtse River Flood and Consideration of Flood Control Strategy. In: '99 International Symposium on Flood Control. S. 244-253.

- ZHAO, S. (1994): Geography of China: Environment, Resources, Population and Development. John Wiley & Sons, Inc., New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.
- ZHENG, J. et al. (2002): Relationship between the transmission of Schistosomiasis japonica and the construction of the Three Gorge Reservoir. In: Acta Tropica. Heft 82, S. 147-156.
- ZHENG, S. & N. LIU (2000): Key Technical Issues in the Design of Main Structures of Three Gorges Project. In: CHINA YANGTZE THREE GORGES PROJECT DEVELOPMENT CORPORATION (CTGPC, Hrsg.): Proceedings of China Yangtze Three Gorges Project. Selbstverlag der CTGPC, o. O., S. 78-84.
- ZIGUI STATISTICAL BUREAU (1999): 50 Years Social Economic Development in Zigui County 1949 - 1999. Selbstverlag des Zigui Statistical Bureau, Zigui.
- ZONG, Y. & X. CHEN (2000): The 1998 Flood on the Yangtze, China. In: Natural Hazards. Heft 22, S. 165-184.

7.2 Sonstige Literatur

- ADAMS, P. (1995): Your tax dollars are financing the forced relocating of 1.3 million Chinese. In: PROBE INTERNATIONAL: Newsletter. Heft 21. Abrufbar unter: <http://www.probeinternational.org> (Datum: 06.08.2002).
- CHINA INTERNET INFORMATION CENTER (CIIC, 2002): Wasserbauprojekte in der Periode des 10. Fünfjahresplans. Abrufbar unter: <http://www.china.org.cn/german> (Datum: 16.06.2002).
- DENG, G. (2000): Construction of Pubugou Hydropower Station to Kick off. In: People's Daily, 22.12.2000. Abrufbar unter: <http://www.english.peopledaily.com.cn> (Datum: 14.11.2002).
- ERLING, J (1996): Mao läßt die Flut vergessen: Noch finden Umweltschützer in China nur wenig Gehör. In: Die Welt, 27.08.1996. Abrufbar unter: <http://www.welt.de/daten> (Datum: 27.05.2002).
- ERLING, J. (1998a): Nach der Dürre droht China die Flut. In: Die Welt, 06.04.1998. Abrufbar unter: <http://www.welt.de/daten> (Datum: 27.05.2002).
- ERLING, J. (1998b): Wenn jetzt noch der Pegel des Han-Flusses steigt.... In: Die Welt, 20.07.1998. Abrufbar unter: <http://www.welt.de/daten> (Datum: 27.05.2002).
- ERLING, J. (1998c): Warten auf die große Welle. In: Die Welt, 05.08.1998. Abrufbar unter: <http://www.welt.de/daten> (Datum: 27.05.2002).
- ERLING, J. (2001): Gigantische Pipelines sollen Wasser in Chinas Norden leiten. In: Die Welt, 15.11.2001. Abrufbar unter: <http://www.welt.de/daten> (Datum: 27.05.2002).
- GREENPEACE (1997): China: Drei-Schluchten-Damm - das Ökodesaster schreitet voran. Abrufbar unter: <http://www.greenpeace.de/archiv> (Datum: 29.07.2002).

- GROBE, K. (2001): Gigantische Fluss-Umleitung in China: Projekt soll Dürre im Norden beheben / Warnungen der Wissenschaftler missachtet. In: Frankfurter Rundschau, 13.02.2001.
- KOLONKO, P. (2001): Wasser für Millionen: Kanalprojekt für trockenen Norden Chinas. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 10.12.2001, S. 10.
- KÜFFNER, G. (2001): Drei-Schluchten-Damm: China baut eine zweite Mauer. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 19.06.2001, S. T1-T2.
- LI, H. (2001): China: Extra-large Hydropower Stations to be built along upper reaches of the Yangtze. In: People's Daily, 23.02.2001. Abrufbar unter: <http://www.english.peopledaily.com.cn> (Datum: 14.11.2002).
- RENNIE, D. (2002): Three Gorges dam a 'toxic time bomb'. In: Daily Telegraph, 09.03.2002. Abrufbar unter: <http://www.dailytelegraph.co.uk> (Datum: 29.07.2002).
- RITTER, J. (2001): Wasser Marsch in China: Die „Entdeckung“ des Umweltschutzes eröffnet einen Milliardenmarkt. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 13.11.2001, S. 27.
- STANDHARTINGER, S. (2001): China forciert erneuerbare Energiequellen. In: Presstext Austria (PTE). Abrufbar unter: <http://www.presstext.at> (Datum: 15.07.2002).
- WÖHLERT, T. (1999): Die Drachenbändiger. In: Freitag: Die Ost-West-Wochenzeitung, 12.11.1999. Abrufbar unter: <http://www.freitag.de> (Datum: 14.10.2002).

7.3 Karten und Atlanten

- NELLES MAPS (2001): Central China. Maßstab 1:1,500,000. Nelles-Verlag, München.
- NELLES MAPS (2001): Southern China. Maßstab 1:1,500,000. Nelles-Verlag, München.
- THE CHANGJIANG WATER RESOURCES COMMISSION RESERVOIR AREA ATLAS EDITORIAL DEPARTMENT (2000): Atlas of China Yangtze Three Gorges Reservoir Area. China Geographic Maps Publishing House, Beijing.

7.4 Digitale Daten

- GLOBAL HISTORICAL CLIMATOLOGY NETWORK (GHCN, 2002): Project Version 2. Abrufbar unter <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/ghcn/v2> (Datum: 10.10.2002).
- GTOPO30 (2002): Globales digitales Höhenmodell. U.S. GEOLOGICAL SURVEY'S EROS DATA CENTER (Hrsg.). Abrufbar unter: <http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/gtopo30.html> (Datum: 10.10.2002).
- YPIS (2000): Yangtze Project Information System. Unveröffentlichtes Informationssystem des Zentrums für internationale Entwicklungs- und Umweltforschung (ZEU) der Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen.

7.5 Sonstige Daten

- FLOOD CONTROL OFFICE DER PROVINZ HUBEI (1998): Tägliche Abflussdaten der hydrologischen Messstationen in Yichang und Wuhan für das Hochwasserereignis von 1998.

Klassifizierung der seismischen Intensität nach dem China Seismological Bureau

Intensität	Menschliche Wahrnehmung	Kennzeichen oder Schäden	Schadensindex ²³	Sonstige Phänomene	Horizontale Beschleunigung in cm/s ²	Horizontale Geschwindigkeit in cm/s
I	nicht wahrnehmbar					
II	von weniger als 10 % der ruhenden Personen in Gebäuden wahrzunehmen					
III	von 50-70 % der ruhenden Personen in Gebäuden wahrzunehmen	Türen und Fenster klirren leicht		hängende Dinge schwingen leicht		
IV	von 50-70% der ruhenden Personen in Gebäuden und 10-50 % der Personen außerhalb von Gebäuden wahrzunehmen; 10-15 % der Schlafenden werden geweckt	Türen und Fenster klirren		hängende Dinge schwingen		
V	von allen Personen in Gebäuden und 50-70 % außerhalb von Gebäuden wahrzunehmen; 50-70 % der Schlafenden werden geweckt	Türen und Fenster klirren; einige Schornsteine stürzen ein; Mörtel wird rissig		wenig standfeste Gegenstände fallen um	22-44	2-4
VI	von allen Personen wahrzunehmen, viele laufen erschreckt aus den Häusern	kaum oder keine Schäden in stabilen Gebäuden; einige Dachziegel stürzen hinunter; Wände bekommen leichte Risse; Schornsteine stürzen ein	0-0,1	an Hängen treten Risse auf; es bilden sich Risse in Böden	45-89	5-9
VII	70-90 % aller Personen flüchten aus den Häusern	leichte bis mittlere Schäden an Gebäuden; 70-90 % der Schornsteine stürzen ein	0,11-0,3	vereinzelt treten Hangrutschungen auf; Sand und Wasser spritzt aus gesättigten Sand-Schichten; es bilden sich vermehrt Risse in Böden	90-177	10-18

²³ Der Schadensindex (Damage Index = DI) lässt sich mit folgender Formel berechnen (vgl. HE et al. 2001, S. 5):

$$DI = \sum_j p_j * AR_j$$

- mit: j = Grad der Beschädigung von Gebäuden (j = 1,2,...n)
 p_j = Standardbeschädigungsparameter des j-ten Beschädigungsgrades
 AR_j = flächenmäßiger Anteil von Gebäuden des j-ten Beschädigungsgrades

Inten- sität	Menschliche Wahrnehmung	Kennzeichen oder Schäden	Scha- dens- index	Sonstige Phänomene	Horizontale Beschleuni- gung in cm/s ²	Horizontale Geschwindig- keit in cm/s
VIII	Gehen ist nur noch schwer möglich	beträchtliche Schäden an Gebäuden	0,31- 0,5	Hangrutschungen treten vermehrt auf	178-353	19-35
IX	Personen in Bewegung stürzen	beträchtliche Schäden an stabilen Gebäuden; weniger stabile Gebäude stürzen ein	0,51- 0,7	Hangrutschungen sind weit verbreitet; Risse im anstehenden Gestein	354-707	36-71
X		die meisten Gebäude und Brücken werden zerstört	0,71- 0,9	Bergstürze treten auf	708-1414	72-141
XI		totale Zerstörung	0,91-1	weit verbreitete Bergstürze		
XII			> 1	deutlicher Landschaftswan- del		

Quelle: HE et al. 2001, S. 8 f.

Auflistung der Ergebnisse aus der Berechnung der Speicherkennlinien des Dreischluchten-Stausees auf der Grundlage von GTOPO30

relative Höhe in m	absolute Höhe in m	Staufläche in km ²	Stauinhalt in km ³
0	83	0,7402	0
2	85	15,5437	0,0163
4	87	19,2446	0,0511
6	89	22,9455	0,0933
8	91	25,9062	0,1421
10	93	26,6464	0,1947
12	95	28,8669	0,2502
14	97	28,8669	0,3079
16	99	43,6704	0,3805
18	101	62,9150	0,4870
20	103	116,9479	0,6669
22	105	162,0987	0,9459
24	107	167,2799	1,2753
26	109	185,0441	1,6276
28	111	188,7450	2,0014
30	113	205,0289	2,3952
32	115	209,4700	2,8097
34	117	219,8325	3,2390
36	119	223,5334	3,6824
38	121	236,8566	4,1428
40	123	256,8414	4,6365
42	125	262,7628	5,1561
44	127	276,8262	5,6957
46	129	286,4485	6,2589
48	131	317,5359	6,8629
50	133	328,6386	7,5091
52	135	344,1823	8,1819
54	137	351,5841	8,8777
56	139	364,1671	9,5934
58	141	376,0099	10,3336
60	143	387,8527	11,0975
62	145	392,2938	11,8776
64	147	408,5777	12,6785
66	149	413,0188	13,5001
68	151	438,9250	14,3520
70	153	453,7285	15,2447
72	155	462,6106	16,1610
74	157	473,7133	17,0973
76	159	485,5561	18,0566
78	161	497,3989	19,0396
80	163	517,3837	20,0544
82	165	522,5649	21,0943
84	167	537,3684	22,1542
86	169	555,1326	23,2467
88	171	589,1807	24,3910
90	173	609,1655	25,5894
92	175	630,6306	26,8292

Quelle: Eigene Berechnung

Auflistung der Ergebnisse aus der Berechnung der Stauinhaltslinie des Drei-Schluchten-Stausees auf der Grundlage des Modells

relative Höhe in m	absolute Höhe in m	Stauinhalt in km ³
0	83	0
1	84	0,0047
2	85	0,0190
3	86	0,0427
4	87	0,0759
5	88	0,1187
6	89	0,1709
7	90	0,2326
8	91	0,3038
9	92	0,3845
10	93	0,4746
11	94	0,5743
12	95	0,6835
13	96	0,8021
14	97	0,9303
15	98	1,0679
16	99	1,2151
17	100	1,3717
18	101	1,5378
19	102	1,7134
20	103	1,8986
21	104	2,0932
22	105	2,2972
23	106	2,5108
24	107	2,7339
25	108	2,9665
26	109	3,2086
27	110	3,4601
28	111	3,7212
29	112	3,9917
30	113	4,2717
31	114	4,5613
32	115	4,8603
33	116	5,1688
34	117	5,4868
35	118	5,8143
36	119	6,1513
37	120	6,4978
38	121	6,8538
39	122	7,2192
40	123	7,5942
41	124	7,9787
42	125	8,3726
43	126	8,7761
44	127	9,1890
45	128	9,6114

relative Höhe in m	absolute Höhe in m	Stauinhalt in km ³
46	129	10,0433
47	130	10,4847
48	131	10,9357
49	132	11,3961
50	133	11,8659
51	134	12,3453
52	135	12,8342
53	136	13,3326
54	137	13,8404
55	138	14,3578
56	139	14,8846
57	140	15,4210
58	141	15,9668
59	142	16,5221
60	143	17,0870
61	144	17,6613
62	145	18,2451
63	146	18,8384
64	147	19,4412
65	148	20,0534
66	149	20,6752
67	150	21,3065
68	151	21,9472
69	152	22,5975
70	153	23,2572
71	154	23,9265
72	155	24,6052
73	156	25,2934
74	157	25,9912
75	158	26,6984
76	159	27,4151
77	160	28,1413
78	161	28,8770
79	162	29,6221
80	163	30,3768
81	164	31,1410
82	165	31,9146
83	166	32,6978
84	167	33,4904
85	168	34,2926
86	169	35,1042
87	170	35,9253
88	171	36,7559
89	172	37,5961
90	173	38,4457
91	174	39,3047
92	175	40,1733

Quelle: Eigene Berechnung

Das Hochwasserereignis von 1998: Einsatz des Drei-Schluchten-Staubeckens ab einem Zufluss von 55.000 m³/s

Datum	Zufluss in das Staubecken in m ³ /s	Abfluss reguliert auf 55.000 m ³ /s	regulierter Zu- bzw. Abfluss in das Staubecken in m ³ /s	Zuwachs bzw. Abnahme des Stauinhalts in km ³	Stauinhalt in km ³	relative Stauhöhe in m	absolute Stauhöhe in m	Abfluss in Wuhan in m ³ /s im Jahr 1998
1. Jul	33.500	33.500			17,66	62	145	55.000
2. Jul	47.700	47.700			17,66	62	145	57.700
3. Jul	50.400	50.400			17,66	62	145	60.400
4. Jul	45.800	45.800			17,66	62	145	64.400
5. Jul	42.600	42.600			17,66	62	145	63.100
6. Jul	41.500	41.500			17,66	62	145	65.000
7. Jul	37.100	37.100			17,66	62	145	64.900
8. Jul	33.800	33.800			17,66	62	145	63.100
9. Jul	36.000	36.000			17,66	62	145	61.100
10. Jul	44.200	44.200			17,66	62	145	58.700
11. Jul	48.300	48.300			17,66	62	145	58.800
12. Jul	50.400	50.400			17,66	62	145	57.900
13. Jul	51.300	51.300			17,66	62	145	56.700
14. Jul	51.300	51.300			17,66	62	145	57.500
15. Jul	52.000	52.000			17,66	62	145	58.000
16. Jul	53.800	53.800			17,66	62	145	57.400
17. Jul	55.800	55.000	800	0,06912	17,73	62,12	145,12	57.200
18. Jul	55.700	55.000	700	0,06048	17,79	62,22	145,22	57.200
19. Jul	54.300	55.000	-700	-0,06048	17,73	62,12	145,12	58.200
20. Jul	51.500	52.300	-800	-0,06912	17,66	62	145	59.300
21. Jul	47.500	47.500			17,66	62	145	60.300
22. Jul	43.800	43.800			17,66	62	145	62.200
23. Jul	48.400	48.400			17,66	62	145	55.000

Datum	Zufluss in das Staubecken in m³/s	Abfluss reguliert auf 55.000 m³/s	regulierter Zu- bzw. Abfluss in das Staubecken in m³/s	Zuwachs bzw. Abnahme des Stauinhalts in km³	Stauinhalt in km³	relative Stauhöhe in m	absolute Stauhöhe in m	Abfluss in Wuhan in m³/s im Jahr 1998
24. Jul	51.600	51.600			17,66	62	145	63.500
25. Jul	50.800	50.800			17,66	62	145	61.500
26. Jul	47.000	47.000			17,66	62	145	63.800
27. Jul	41.300	41.300			17,66	62	145	67.100
28. Jul	37.100	37.100			17,66	62	145	71.000
29. Jul	33.100	33.100			17,66	62	145	67.600
30. Jul	33.300	33.300			17,66	62	145	68.000
31. Jul	35.600	35.600			17,66	62	145	67.000
1. Aug	37.900	37.900			17,66	62	145	63.700
2. Aug	37.900	37.900			17,66	62	145	64.100
3. Aug	41.700	41.700			17,66	62	145	62.900
4. Aug	43.500	43.500			17,66	62	145	63.600
5. Aug	50.800	50.800			17,66	62	145	63.800
6. Aug	53.700	53.700			17,66	62	145	64.300
7. Aug	58.300	55.000	3.300	0,2851	17,95	62,48	145,48	64.300
8. Aug	58.500	55.000	3.500	0,3024	18,25	62,99	145,99	65.700
9. Aug	51.600	55.000	-3.400	-0,2938	17,96	62,50	145,50	66.900
10. Aug	52.800	55.000	-2.200	-0,1901	17,77	62,18	145,18	68.600
11. Aug	55.500	55.000	500	0,0432	17,81	62,25	145,25	68.200
12. Aug	60.400	55.000	5.400	0,4666	18,28	63,03	146,03	67.100
13. Aug	58.600	55.000	3.600	0,3110	18,59	63,55	146,55	66.100
14. Aug	56.000	55.000	1.000	0,0864	18,67	63,69	146,69	66.100
15. Aug	52.900	55.000	-2.100	-0,1814	18,49	63,39	146,39	65.700

Datum	Zufluss in das Staubecken in m³/s	Abfluss reguliert auf 55.000 m³/s	regulierter Zu- bzw. Abfluss in das Staubecken in m³/s	Zuwachs bzw. Abnahme des Stauinhalts in km³	Stauinhalt in km³	relative Stauhöhe in m	absolute Stauhöhe in m	Abfluss in Wuhan in m³/s im Jahr 1998
16. Aug	60.600	55.000	5.600	0,4838	18,98	64,19	147,19	65.100
17. Aug	58.000	55.000	3.000	0,2592	19,24	64,62	147,62	65.500
18. Aug	57.000	55.000	2.000	0,1728	19,41	64,90	147,90	69.600
19. Aug	55.900	55.000	900	0,0778	19,49	65,02	148,02	70.200
20. Aug	53.500	55.000	-1.500	-0,1296	19,36	64,81	147,81	72.300
21. Aug	51.000	55.000	-4.000	-0,3456	19,01	64,25	147,25	71.500
22. Aug	47.300	55.000	-7.700	-0,6653	18,35	63,15	146,15	69.600
23. Aug	44.700	52.600	-7.900	-0,68256	17,66	62	145	69.200
24. Aug	49.800	49.800			17,66	62	145	68.800
25. Aug	56.300	55.000	1.300	0,1123	17,78	62,19	145,19	68.300
26. Aug	55.400	55.000	400	0,0346	17,81	62,25	145,25	67.300
27. Aug	53.800	55.000	-1.200	-0,1037	17,71	62,07	145,07	27.100
28. Aug	49.500	50.000	-500	-0,0432	17,66	62	145	66.700
29. Aug	49.000	49.000			17,66	62	145	67.000
30. Aug	56.900	55.000	1.900	0,1642	17,83	62,28	145,28	66.600
31. Aug	57.000	55.000	2.000	0,1728	18,00	62,57	145,57	66.500
1. Sep	54.600	55.000	-400	-0,0346	17,97	62,51	145,51	66.400
2. Sep	47.200	50.700	-3.500	-0,3024	17,66	62	145	67.500
3. Sep	40.300	40.300			17,66	62	145	67.000
4. Sep	36.300	36.300			17,66	62	145	66.000
5. Sep	34.700	34.700			17,66	62	145	65.200

Quelle: Eigene Berechnung auf der Grundlage von FLOOD CONTROL OFFICE DER PROVINZ HUBEI 1998

Das Hochwasserereignis von 1998: Einsatz des Drei-Schluchten-Staubbeckens ab einem Zufluss von 50.000 m³/s

Datum	Zufluss in das Staubecken in m ³ /s	Abfluss reguliert auf 50.000 m ³ /s	regulierter Zu- bzw. Abfluss in das Staubecken in m ³ /s	Zuwachs bzw. Abnahme des Stauinhaltes in km ³	Stauinhalt in km ³	relative Stauhöhe in m	absolute Stauhöhe in m
1. Jul	33.500	33.500			17,66	62	145
2. Jul	47.700	47.700			17,66	62	145
3. Jul	50.400	50.000	400	0,0346	17,70	62,06	145,06
4. Jul	45.800	46.200	-400	-0,0346	17,66	62	145
5. Jul	42.600	42.600			17,66	62	145
6. Jul	41.500	41.500			17,66	62	145
7. Jul	37.100	37.100			17,66	62	145
8. Jul	33.800	33.800			17,66	62	145
9. Jul	36.000	36.000			17,66	62	145
10. Jul	44.200	44.200			17,66	62	145
11. Jul	48.300	48.300			17,66	62	145
12. Jul	50.400	50.000	400	0,0346	17,70	62,06	145,06
13. Jul	51.300	50.000	1.300	0,1123	17,81	62,25	145,25
14. Jul	51.300	50.000	1.300	0,1123	17,92	62,44	145,44
15. Jul	52.000	50.000	2.000	0,1728	18,10	62,73	145,73
16. Jul	53.800	50.000	3.800	0,3283	18,42	63,28	146,28
17. Jul	55.800	50.000	5.800	0,5011	18,92	64,11	147,11
18. Jul	55.700	50.000	5.700	0,4925	19,42	64,91	147,91
19. Jul	54.300	50.000	4.300	0,3715	19,79	65,51	148,51
20. Jul	51.500	50.000	1.500	0,1296	19,92	65,72	148,72
21. Jul	47.500	50.000	-2.500	-0,2160	19,70	65,37	148,37
22. Jul	43.800	50.000	-6.200	-0,5357	19,17	64,50	147,50
23. Jul	48.400	50.000	-1.600	-0,1382	19,03	64,28	147,28
24. Jul	51.600	50.000	1.600	0,1382	19,17	64,50	147,50
25. Jul	50.800	50.000	800	0,0691	19,24	64,62	147,62

Datum	Zufluss in das Staubecken in m ³ /s	Abfluss reguliert auf 50.000 m ³ /s	regulierter Zu- bzw. Abfluss in das Staubecken in m ³ /s	Zuwachs bzw. Abnahme des Stauinhaltes in km ³	Stauinhalt in km ³	relative Stauhöhe in m	absolute Stauhöhe in m
26. Jul	47.000	50.000	-3.000	-0,2592	18,98	64,19	147,19
27. Jul	41.300	50.000	-8.700	-0,7517	18,22	62,95	145,95
28. Jul	37.100	43.600	-6.500	-0,5616	17,66	62	145
29. Jul	33.100	33.100			17,66	62	145
30. Jul	33.300	33.300			17,66	62	145
31. Jul	35.600	35.600			17,66	62	145
1. Aug	37.900	37.900			17,66	62	145
2. Aug	37.900	37.900			17,66	62	145
3. Aug	41.700	41.700			17,66	62	145
4. Aug	43.500	43.500			17,66	62	145
5. Aug	50.800	50.000	800	0,0691	17,73	62,12	145,12
6. Aug	53.700	50.000	3.700	0,3197	18,05	62,66	145,66
7. Aug	58.300	50.000	8.300	0,7171	18,77	63,85	146,85
8. Aug	58.500	50.000	8.500	0,7344	19,50	65,05	148,05
9. Aug	51.600	50.000	1.600	0,1382	19,64	65,28	148,28
10. Aug	52.800	50.000	2.800	0,2419	19,88	65,66	148,66
11. Aug	55.500	50.000	5.500	0,4752	20,36	66,42	149,42
12. Aug	60.400	50.000	10.400	0,8986	21,26	67,83	150,83
13. Aug	58.600	50.000	8.600	0,7430	22,00	68,98	151,98
14. Aug	56.000	50.000	6.000	0,5184	22,52	69,76	152,76
15. Aug	52.900	50.000	2.900	0,2506	22,77	70,14	153,14
16. Aug	60.600	50.000	10.600	0,9158	23,69	71,50	154,50
17. Aug	58.000	50.000	8.000	0,6912	24,38	72,51	155,51
18. Aug	57.000	50.000	7.000	0,6048	24,98	73,39	156,39
19. Aug	55.900	50.000	5.900	0,5098	25,49	74,12	157,12

Datum	Zufluss in das Staubecken in m ³ /s	Abfluss reguliert auf 50.000 m ³ /s	regulierter Zu- bzw. Abfluss in das Staubecken in m ³ /s	Zuwachs bzw. Abnahme des Stauinhaltes in km ³	Stauinhalt in km ³	relative Stauhöhe in m	absolute Stauhöhe in m
20. Aug	53.500	50.000	3.500	0,3024	25,79	74,54	157,54
21. Aug	51.000	50.000	1.000	0,0864	25,88	74,67	157,67
22. Aug	47.300	50.000	-2.700	-0,2333	25,65	74,34	157,34
23. Aug	44.700	50.000	-5.300	-0,4579	25,19	73,69	156,69
24. Aug	49.800	50.000	-200	-0,0173	25,17	73,66	156,66
25. Aug	56.300	50.000	6.300	0,5443	25,72	74,43	157,43
26. Aug	55.400	50.000	5.400	0,4666	26,18	75,09	158,09
27. Aug	53.800	50.000	3.800	0,3283	26,51	75,55	158,55
28. Aug	49.500	50.000	-500	-0,0432	26,47	75,49	158,49
29. Aug	49.000	50.000	-1.000	-0,0864	26,38	75,37	158,37
30. Aug	56.900	50.000	6.900	0,5962	26,98	76,20	159,20
31. Aug	57.000	50.000	7.000	0,6048	27,58	77,03	160,03
1. Sep	54.600	50.000	4.600	0,3974	27,98	77,57	160,57
2. Sep	47.200	50.000	-2.800	-0,2419	27,74	77,24	160,24
3. Sep	40.300	50.000	-9.700	-0,8381	26,90	76,09	159,09
4. Sep	36.300	50.000	-13.700	-1,1837	25,72	74,43	157,43
5. Sep	34.700	50.000	-15.300	-1,3219	24,39	72,54	155,54
6. Sep	34.300	50.000	-15.700	-1,3565	23,04	70,54	153,54
7. Sep	34.900	50.000	-15.100	-1,3046	21,73	68,57	151,57
8. Sep	36.000	50.000	-14.000	-1,2096	20,52	66,68	149,68
9. Sep	35.200	50.000	-14.800	-1,2787	19,24	64,63	147,63
10. Sep	34.600	50.000	-15.400	-1,3306	17,91	62,42	145,42

Quelle: Eigene Berechnung auf der Grundlage von FLOOD CONTROL OFFICE DER PROVINZ HUBEI 1998

Das Hochwasserereignis von 1998: Einsatz des Drei-Schluchten-Staubbeckens ab einem Zufluss von 47.000 m³/s

Datum	Zufluss in das Staubecken in m ³ /s	Abfluss reguliert auf 47.000 m ³ /s	regulierter Zu- bzw. Abfluss in das Staubecken in m ³ /s	Zuwachs bzw. Abnahme des Stauinhaltes in km ³	Stauinhalt in km ³	relative Stauhöhe in m	absolute Stauhöhe in m
1. Jul	33.500	33.500			17,66	62	145
2. Jul	47.700	47.000	700	0,0605	17,72	62,10	145,10
3. Jul	50.400	47.000	3.400	0,2938	18,02	62,60	145,60
4. Jul	45.800	47.000	-1.200	-0,1037	17,91	62,42	145,42
5. Jul	42.600	45.500	-2.900	-0,2506	17,66	62	145
6. Jul	41.500	41.500			17,66	62	145
7. Jul	37.100	37.100			17,66	62	145
8. Jul	33.800	33.800			17,66	62	145
9. Jul	36.000	36.000			17,66	62	145
10. Jul	44.200	44.200			17,66	62	145
11. Jul	48.300	47.000	1.300	0,1123	17,78	62,19	145
12. Jul	50.400	47.000	3.400	0,2938	18,07	62,69	145,69
13. Jul	51.300	47.000	4.300	0,3715	18,44	63,31	146,31
14. Jul	51.300	47.000	4.300	0,3715	18,81	63,92	146,92
15. Jul	52.000	47.000	5.000	0,4320	19,24	64,63	147,63
16. Jul	53.800	47.000	6.300	0,5443	19,79	65,51	148,51
17. Jul	55.800	47.000	8.800	0,7603	20,55	66,72	149,72
18. Jul	55.700	47.000	8.700	0,7517	21,30	67,90	150,90
19. Jul	54.300	47.000	7.300	0,6307	21,93	68,87	151,87
20. Jul	51.500	47.000	4.500	0,3888	22,32	69,46	152,46
21. Jul	47.500	47.000	500	0,0432	22,36	69,53	152,53
22. Jul	43.800	47.000	-3.200	-0,2765	22,09	69,11	152,11
23. Jul	48.400	47.000	1.400	0,1210	22,21	69,29	152,29
24. Jul	51.600	47.000	4.600	0,3974	22,61	69,89	152,89
25. Jul	50.800	47.000	3.800	0,3283	22,93	70,39	153,39

Datum	Zufluss in das Staubecken in m ³ /s	Abfluss reguliert auf 47.000 m ³ /s	regulierter Zu- bzw. Abfluss in das Staubecken in m ³ /s	Zuwachs bzw. Abnahme des Stauinhaltes in km ³	Stauinhalt in km ³	relative Stauhöhe in m	absolute Stauhöhe in m
26. Jul	47.000	47.000			22,93	70,39	153,39
27. Jul	41.300	47.000	-5.700	-0,4925	22,44	69,65	152,65
28. Jul	37.100	47.000	-9.900	-0,8554	21,59	68,34	151,34
29. Jul	33.100	47.000	-13.900	-1,2010	20,38	66,46	149,46
30. Jul	33.300	47.000	-13.700	-1,1837	19,20	64,56	147,56
31. Jul	35.600	47.000	-11.400	-0,9850	18,22	62,93	145,93
1. Aug	37.900	44.300	-6.400	-0,5530	17,66	62	145
2. Aug	37.900	37.900			17,66	62	145
3. Aug	41.700	41.700			17,66	62	145
4. Aug	43.500	43.500			17,66	62	145
5. Aug	50.800	47.000	3.800	0,3283	17,99	62,56	145,56
6. Aug	53.700	47.000	6.700	0,5789	18,57	63,52	146,52
7. Aug	58.300	47.000	11.300	0,9763	19,55	65,12	148,12
8. Aug	58.500	47.000	11.500	0,9936	20,54	66,71	149,71
9. Aug	51.600	47.000	4.600	0,3974	20,94	67,33	150,33
10. Aug	52.800	47.000	5.800	0,5011	21,44	68,11	151,11
11. Aug	55.500	47.000	8.500	0,7344	22,17	69,24	152,24
12. Aug	60.400	47.000	13.400	1,1578	23,33	70,98	153,98
13. Aug	58.600	47.000	11.600	1,0022	24,33	72,45	155,45
14. Aug	56.000	47.000	9.000	0,7776	25,11	73,57	156,57
15. Aug	52.900	47.000	5.900	0,5098	25,62	74,30	157,30
16. Aug	60.600	47.000	13.600	1,1750	26,80	75,95	158,95
17. Aug	58.000	47.000	11.000	0,9504	27,75	77,25	160,25
18. Aug	57.000	47.000	10.000	0,8640	28,61	78,42	161,42
19. Aug	55.900	47.000	8.900	0,7690	29,38	79,45	162,45

Datum	Zufluss in das Staubecken in m ³ /s	Abfluss reguliert auf 47.000 m ³ /s	regulierter Zu- bzw. Abfluss in das Staubecken in m ³ /s	Zuwachs bzw. Abnahme des Stauinhaltes in km ³	Stauinhalt in km ³	relative Stauhöhe in m	absolute Stauhöhe in m
20. Aug	44.700	47.000	-2.300	-0,1987	30,03	80,31	163,31
21. Aug	49.800	47.000	2.800	0,2419	30,27	80,62	163,62
22. Aug	56.300	47.000	9.300	0,8035	31,07	81,66	164,66
23. Aug	55.400	47.000	8.400	0,7258	31,80	82,60	165,60
24. Aug	53.800	47.000	6.800	0,5875	32,39	83,34	166,34
25. Aug	49.500	47.000	2.500	0,2160	32,60	83,61	166,61
26. Aug	49.000	47.000	2.000	0,1728	32,77	83,83	166,83
27. Aug	56.900	47.000	9.900	0,8554	33,63	84,90	167,90
28. Aug	57.000	47.000	10.000	0,8640	34,49	85,97	168,97
29. Aug	54.600	47.000	7.600	0,6566	35,15	86,77	169,77
30. Aug	47.200	47.000	200	0,0173	35,17	86,79	169,79
31. Aug	40.300	47.000	-6.700	-0,5789	34,59	86,08	169,08
1. Sep	36.300	47.000	-10.700	-0,9245	33,66	84,94	167,94
2. Sep	34.700	47.000	-12.300	-1,0627	32,60	83,61	166,61
3. Sep	34.300	47.000	-12.700	-1,0973	31,50	82,22	165,22
4. Sep	34.900	47.000	-12.100	-1,0454	30,46	80,87	163,87
5. Sep	36.000	47.000	-11.000	-0,9504	29,51	79,62	162,62
6. Sep	35.200	47.000	-11.800	-1,0195	28,49	78,26	161,26
7. Sep	34.600	47.000	-12.400	-1,0714	27,42	76,81	159,81
8. Sep	44.700	47.000	-2.300	-0,1987	30,03	80,31	163,31
9. Sep	49.800	47.000	2.800	0,2419	30,27	80,62	163,62
10. Sep	56.300	47.000	9.300	0,8035	31,07	81,66	164,66

Quelle: Eigene Berechnung auf der Grundlage von FLOOD CONTROL OFFICE DER PROVINZ HUBEI 1998