



Abb. 1: Blick auf den Zusammenfluss des sedimentreichen Yangtze und des klaren Jialing-Flusses nahe der Stadtmitte von Chongqing im oberen Teil des Yangtze-Staubereichs

Ökologische Auswirkungen des Drei-Schluchten-Damms

BMBF geförderte Deutsch-Chinesische Wasserprojekte

Wasserqualität und Wasserversorgung stellen eine globale Herausforderung dar. In vielen Regionen der Welt wird dies deutlich stärker sichtbar als bei uns in Deutschland. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert Kooperationen, bei denen deutsche Wissenschaftler gemeinsam mit ausländischen Partnern aktuelle Fragestellungen aufgreifen und hierzu Lösungskonzepte und Vorschläge zu deren praktischer Umsetzung erarbeiten. In der Zusammenarbeit mit China sind jetzt Projekte zu den ökologischen Auswirkungen des Drei-Schluchten-Damms am Yangtze Projekte speziell zu wasserwirtschaftlichen Themen gestartet worden, die hier vorgestellt werden.

Jederzeit und überall bedenkenlos Trinkwasser aus der Leitung entnehmen zu können – diese ständige Verfügbarkeit von gesundheitlich unbedenklichem Wasser hoher Qualität wird in Deutschland von der Mehrzahl der Menschen als selbstverständlich angenommen. Die dahinter stehenden zahlreichen Schritte der Exploration, Förderung, Speicherung, Aufbereitung und Verteilung von (Trink-)Wasser sowie die umfangreiche Analytik bis hin zum erheblichen Präventionsaufwand kennen die meisten nur aus der Presse. Die Aufmerksamkeit wird erst dann geweckt, wenn Unvorhergesehenes passiert, was diese im Normalfall lückenlose Versorgungskette unterbrechen lässt.

Dass die Versorgung von Bevölkerung, Landwirtschaft und Industrie mit qualitativ zwar unterschiedlichem, dem jeweiligen Verwendungszweck aber angepasstem einwandfreiem Wasser eine volkswirtschaftlich essentielle Aufgabe darstellt, haben auch die Verantwortlichen in der Volksrepublik China bereits seit längerem erkannt. Kaum

verwunderlich ist dennoch, dass bei der extrem dynamischen wirtschaftlichen Entwicklung, die in China in den vergangenen Jahrzehnten stattgefunden hat, auch Nebenwirkungen aufgetreten sind. Daher unternimmt China derzeit große Anstrengungen, die Versorgung des gesamten Landes mit Wasser in guter Qualität sicher zu stellen. In diesem Rahmen werden auch zahlreiche Staudämme und Wasserkanäle errichtet, z.B. die Projekte, bei denen Wasser aus dem wasserreichen Yangtze-Einzugsgebiet über rund 1.200 km in den wasserarmen Norden fließen soll. Eines dieser Projekte, in dem Wasser durch Flusstäler, Tunnel und Kanäle aus dem Süden nach Peking gelangt, ist gerade in Betrieb gegangen.

Gemeinsame Ideen seit 2003

In die Überlegungen und Bemühungen chinesischer Wissenschaftler, zur Überwindung der sich aus der Errichtung des Drei-Schluchten-Damms ergebenden, Herausforderungen [1,2] einen Bei-



trag zu leisten, sind seit dem Jahr 2003 auch Partner aus Deutschland eingebunden. Dabei geht es um Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Wasserqualität im Drei-Schluchten-Reservoir, das sich von der Staumauer (30 km westlich von Yichang) bis nach Chongqing, also über mehr als 600 km, erstreckt. Naturgemäß wirkt sich diese Staumaßnahme auch in den zahlreichen Nebenflüssen des Yangtze aus (Abb. 1).

Als Folge einer Vielzahl gemeinsamer Vorarbeiten bis hin zur Antragstellung beim Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter Gesamtkoordination des Forschungszentrums Jülich hatte das BMBF im Rahmen des Yangtze-Projekts in den Jahren 2008/2009 bereits fünf Forschungsanträge über Landnutzungswandel, Bodenerosion, Massenbewegungen und Stoffeinträge positiv beschieden. Zum 1. August 2010 wurden weitere fünf Vorhaben im Themenbereich Wechselwirkungen Schadstoff / Wasser / Sediment in die Förderung aufgenommen. Mit der Koordination dieser Vorhaben

hat der Projektträger den Leiter des Vorhabens bei IWW Mülheim, Prof. Rolf-Dieter Wilken, beauftragt. Im vorliegenden ersten Teil dieses Beitrages werden die Gesamtsituation und die Rahmenbedingungen des Projektes vorgestellt; über Einzelprojekte wird in weiteren Beiträgen berichtet.

Wassersituation in Deutschland und China

Standort Deutschland

Deutschland hat eine erste Welle der wirtschaftlichen Entwicklung mit Beginn der Industrialisierung um 1820 und dem damit verbundenen dramatischen Niedergang der natürlichen Lebensräume in und an den Flüssen erlebt und inzwischen erfolgreich gemeistert. Seinerzeit wurden auch bei uns Abfälle und Abwässer aus Landwirtschaft, Rohstoffgewinnung und Industrie ebenso ungeklärt in die Flüsse geleitet wie auch die Abwässer aus den Siedlungen und Städten. Die langanhaltende Verunreinigung des Wassers, der darin lebenden Fische, von Pflanzen und Sedimenten war somit vorprogrammiert. Die Trinkwasserentnahme aus den Flüssen machte aufwändige Aufbereitungsschritte notwendig. Der Rhein, auf den die Deutschen so stolz sind, aber auch die anderen deutschen Flüsse, waren stinkende Abwasserkanäle geworden.

Mit dieser Verschmutzung des Flusswassers gingen auch Seuchen einher wie Cholera-Epidemien. Beispielsweise erkrankten 1892 in Hamburg knapp 17.000 Menschen. Mehr als 8.500 Menschen starben.

Durch die industrielle Entwicklung kamen in die Oberflächengewässer auch immer neue Stoffe, die sich nicht mehr mit einfachen Verfahren aus dem Wasser entfernen ließen. Deshalb konnten viele Anlieger an den großen deutschen Flüssen das entnommene Flusswasser nur noch mit hohem Aufwand zu Trinkwasser aufbereiten. Dies wird am Beispiel der Stadt Wiesbaden deut-



Abb. 2: Der Rhein bei St. Goarshausen

lich, die Wasser aus dem Rhein nach Uferfiltration entnahm aber trotzdem zwei Wasserwerke hintereinander schalten musste, um eine sichere Trinkwasserversorgung gewährleisten zu können. Die Baumaßnahmen für das Wasserwerk Schierstein begannen im Jahre 1901, ab 1961 lieferte es als zweistufiges Rheinwasser-Aufbereitungswerk Trinkwasser aus dem Rhein.

Den Menschen an den Flüssen wurde es zunehmend ein Bedürfnis, die Umwelt wieder in ihren ursprünglichen sauberen Zustand zu versetzen.

Wie ein Donnerschlag wirkte dann 1986 der Brand in einem Chemikalienlager im Oberlauf des Rheins, in Schweizerhalle, bei dem Chemikalien in großen Mengen mit dem Löschwasser in den Fluss gespült wurden. Eine der Folgen dieses

Unfalls war ein massenhaftes Fischsterben entlang des Rheins. Zahlreiche grenzüberschreitende Maßnahmen des Umweltschutzes am Rhein und seinen Nebenflüssen führten schließlich dazu, dass der Rhein als Folge der gemeinsamen Anstrengungen aller Beteiligten wieder ein vorbildlich sauberer Fluss wurde (Abb. 2).

Diese und viele andere Erfahrungen der deutschen Umweltforschung bilden den Grundstock, den Wissenschaftler aus deutschen Universitäten und Forschungseinrichtungen mit den chinesischen Gruppen teilen wollen. Mit dem zusätzlich gewonnen Know How wiederum bereiten sich die deutschen Partner auf die „nächste Runde“ der Anforderungen zur Sicherung der Wasserversorgung bei uns in Europa vor.

Standort China

Für China als Land mit hoher und immer noch schnell wachsender Bevölkerung und einer zugleich dramatisch zunehmenden Wirtschaftsleistung ist die Frage nach Wasser mit guter Qualität eine Lebensfrage von hoher Bedeutung.

Die Volksrepublik China hat eine Landfläche von 9,57 Millionen Quadratkilometern und ist damit flächenmäßig eines der größten Länder der Erde. Von Süd nach Nord und von Ost nach West beträgt die geographische Ausdehnung jeweils über 4.000 Kilometer.

Die Einzugsgebiete der großen ins Meer mündenden Flüsse entwässern etwa 64 % der gesamten Landesfläche, wovon der Huang Ho (= Gelber Fluss) einen großen Teil des Abflusses in Nordchina erfasst und der Yangtze (Changjiang = Langer Fluss) überwiegend den Süden Chinas entwässert. Beide Ströme münden in den Stillen Ozean.

Der 6.380 Kilometer lange Yangtze, der auf dem Qinghai-Tibet-Hochplateau entspringt, ist Chinas längster Fluss und nach dem Nil und dem Amazonas der drittlängste Fluss der Welt. Der Fluss passiert zehn chinesische Provinzen



Abb. 3: Die Staumauer des Yangtze (wasserseitig)



Abb. 4: Der Deutsch-Chinesische Kick-Off Workshop in Shanghai, 28.3.2011

mit etwa 400 Mio. Bewohnern einschließlich der Stadt Shanghai. Dort mündet er in das Ost-Chinesische Meer. Der obere Yangtze bis Yichang ist über 4.300 km, der mittlere Teil bis zum Hukuo etwa 950 km und der untere Teil bis zur Mündung ist etwa 930 km lang.

China besteht zudem aus einem ariden Nordteil und einem subtropischen Südteil. Im letzteren befindet sich der Yangtze, der jetzt durch den „Drei-Schluchten-Damm“ aufgestaut wird. Die Fertigstellung des gesamten Projekts einschließlich der Wasserkraftanlagen und der zwei Schleusensysteme erfolgte im Jahr 2009. Inzwischen ist die Stauhöhe von 175 m ü.NN erreicht. Das Wasser des Yangtze bzw. seine Zuflüsse aus dem Norden soll zukünftig auch zur Wasserversorgung der ariden Gebiete Chinas genutzt werden.

Der Drei-Schluchten-Damm am Yangtze

Die Länge des Staubereichs (= Reservoir) beträgt bei einer mittleren Breite von etwa 1.100 m gut 600 km (Abb. 3). Mit diesem gewaltigen technischen Vorhaben verfolgte die Staatsführung die Zielsetzungen:

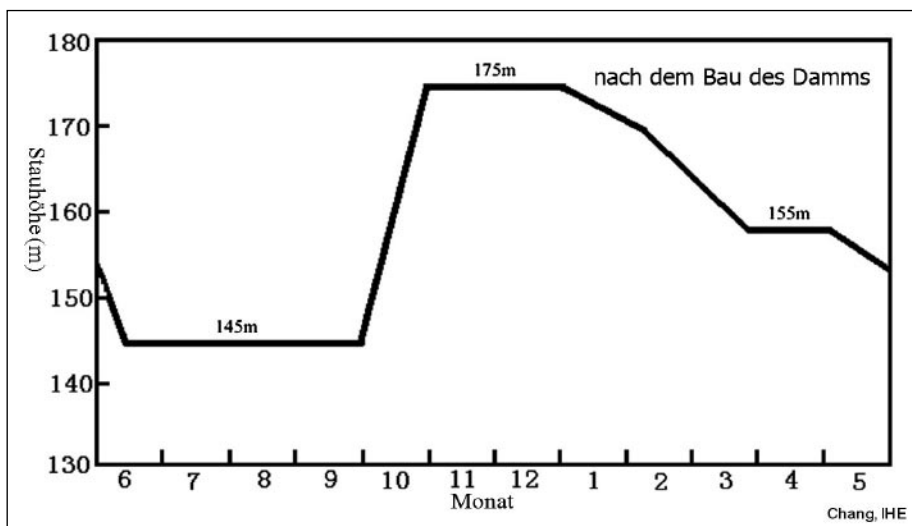
- Vermeidung von Überflutungen
- Sicherung der Wasserversorgung
- Förderung der Schifffahrt und
- Erzeugung von elektrischer Energie.

Dabei wird im aufgestauten Flussabschnitt im Jahresgang zukünftig gezielt mit verschiedenen Stauhöhen und -zeiten und damit temporären Wasserspiegelschwankungen von bis zu 30 Metern gearbeitet. Dadurch ändert der Fluss auch seine hydrologische Charakteristik (Tabelle 1 und 2).

Die Wasserqualität im Yangtze heute

Nach offiziellen Berichten der Chinesischen Regierung ist der Yangtze unterschiedlich kontaminiert. Daraus resultieren Befürchtungen über Gesundheitsrisiken am Fluss. Eine spezielle Sorge entsteht dadurch, dass nicht alle Fabriken mit Gefahrstoffproduktion und ihren Lagerbeständen rechtzeitig vor der Überflutung saniert werden konnten und somit Giftstoffe in den Yangtze gelangen. Darüber hinaus sind alle weiteren Arten von Abfallhalden, die nicht saniert werden konnten, eine Gefahr für die Wasserqualität.

Im Jahre 2001 sollen 23,4 Mrd. Tonnen – 11 % mehr als im Jahre 2000 [3] – an kommunalen und industriellen Abwässern und Abfall in den Yangtze gelangt sein, schreibt die Chinesische Nachrichten-Agentur Xinhua. Der Bericht der Changjiang Water Resources Commission stellt fest, dass das Wasser in einigen Abschnitten zu sehr verschmutzt sei, als dass es für den menschlichen Genuss noch direkt nutzbar



Der Wasserspiegel im Yangtze-Staudamm – Veränderung im Jahresgang (schematisch)

Kennzahlen des Yangtze-Staudamms

Technische Daten zum Damm

Länge	2,335 km
Höhe	185 m
Dammkrone	40 m
Basisbreite	115 m
Bauzeit	Dez. 1994 bis 2011
Kosten	ca. 26 Mrd US\$

Daten zum Reservoir

Kapazität	39,3 Mrd km ³
Einzugsgebiet	ca. 1.000.000 km ²
Oberfläche	ca. 1.080 km ²

Energieerzeugung

Turbinen	26 x 700 MW
installierte Kapazität	18.200 MW
jährliche Stromproduktion	80.000 GWh

wäre [4]. Auch in der deutschen Presse wurden solche Informationen aufgenommen [5].

Die chinesische Regierung hatte im Dezember 2001 angekündigt, dass sie 40 Mrd. Yuan (4,8 Mrd. US-\$) bis 2010 für Projekte aufwenden zu wollen, um das Drei-Schluchten-Reservoir und die Nebenflüsse im Einzugsgebiet des Yangtze von Schadstoffen möglichst zu entlasten. Die Umweltbehörde sprach davon, 260 Kläranlagen und 230 Abfall-Behandlungs-Anlagen bauen zu wollen [6].

Zwei zugängliche Informationsquellen für die Beurteilung der Wasserqualität des Yangtze sind in [7] und [8] zu finden. Weitere Quellen zur Beurteilung der Wasserqualität stellen die Vorträge dar, die auf den Treffen mit deutschen und chinesischen Forschern im Forschungszentrum Jülich stattfanden und dort verfügbar sind.

[7] ist eine von chinesischer Seite geschriebene und aus dem chinesischen übersetzte Übersicht über die Umweltprobleme im Zusammenhang mit dem Stausee und gibt einen guten Überblick über die Situation. So werden 18 Messstationen im Staubereich des Yangtze aufgeführt und die Wasserqualität zwischen II und III, nach den Chinesischen Kriterien, über die verschiedenen Jahreszeiten eingeschätzt. Berücksichtigt wurden: pH, gel. O₂, KMnO₄ index, BSB₅, NH₄-N, Öl, Phenol, P_{tot}, CSB; CN⁻, Hg, Pb, Cd, As, Cr⁶⁺ [8] ist eine Sammlung von Aufsätzen über Untersuchungen in chinesischen Flüssen, die von der Europäischen Union finanziert worden sind.

Eine neuere Untersuchung wurde von Müller *et al.* [9] publiziert. Hierin wird festgestellt, allerdings unterhalb des Staudamms, dass die Konzentrationen von Schwermetallen mit anderen großen Flüssen der Welt vergleichbar sind.

Schulz [10] stellt fest, dass es schwierig ist, anthropogene und geogene Quellen von Schwermetallen im Yangtze-Einzugsgebiet sicher zu unterscheiden.

Ein Diskussionspapier der Weltbank [11] urteilt, dass über die letzten 15 Jahre kaum Ver-

besserungen der Flusswasserqualität festzustellen sind, wenn man die Daten von Chinas National Monitoring Center zu Grunde legt.

Aktuelle wissenschaftliche Fragen aus dem Thema Wasser

Im Rahmen der Diskussionsprozesse haben sich verschiedene Projekte etabliert. Im Bereich Wasser befinden sich von deutscher Seite sechs Projekte in der Startphase, von denen fünf durch das BMBF gefördert werden:

- RWTH Aachen: Transformation, Bioakkumulation und Toxizität organischer Mikroschadstoffe im Reservoir des Drei-Schluchten-Damms
- Karlsruher Institut für Technologie: Raum-zeitlich aufgelöstes in-situ und on-line Monitoring der Dynamik gewässerrelevanter Parameter mittels eines Unterwasser-Sensorschleppsystems (MINIBAT) und numerische Modellierung der Schadstofftransportdynamik
- Technologiezentrum Wasser Karlsruhe: Massentransfer und mikrobieller Abbau im System Schadstoff/Wasser/Sediment
- IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung Mülheim / Biebesheim: Bewertung der Wasserqualität des Drei-Schluchten-Stausees in China hinsichtlich der Eignung zur Trinkwasserversorgung und landwirtschaftlichen Bewässerung
- Technische Universität München: Biomonitoring mit virtuellen Organismen – Biovirtuos
- Forschungszentrum Jülich
 - Institut für Bio- und Geowissenschaften, Institut Pflanzenwissenschaften: Gesamtkoordination Yangtze-Projekt
 - Institut für Bio- und Geowissenschaften, Institut Agrosphäre: Physikochemische Schlüsselprozesse im Yangtze-Reservoir: Schwebstoffe/Sedimente als Quellen und Senken für Xenobiotika
 - Zentralabteilung für Chemische Analysen: Analytik von Elementen, organischen Schadstoffen und deren Metabolite

Alle Projekte erlauben es, neue Methoden und Technologien zu testen, das Verständnis für Gesamtzusammenhänge zu entwickeln und mittels

Modellierung ein Gesamtbild des komplexen Wasser-Systems im veränderten Yangtze zu entwickeln.

Das BMBF unterstützt die Projekte durch Personalmittel (Doktoranden), Sachmittel und Investitionen sowie durch Mittel für den Austausch von Wissenschaftlern. Die chinesischen Partner ihrerseits beteiligen sich aktiv über verschiedene Programme und durch den Austausch von Wissenschaftlern, Doktoranden und Post-Docs mit der Möglichkeit zum Aufenthalt in Deutschland. Vor Ort werden Workshops, gemeinsame Probenahmen bzw. Messkampagnen geplant, durch Verträge verabredet und durchgeführt.

Der Auftakt

Die wesentlichen wissenschaftlichen Partner der deutschen Projekte sind in China im Wasserbereich derzeit

- Chinese Research Academy of Environmental Sciences
- Institute of Water Environment Research, CRAES, Peking
- Chongqing Universität
- Changjiang Water Resources Protection Institute, Wuhan
- Chinese Academy of Sciences: Institute of Hydroecology, Wuhan
- Chinese Academy of Sciences: Institute of Hydrobiology, Wuhan
- Tongji Universität, Shanghai
- Nanjing Universität
- Zhejiang Universität, Hangzhou

Nach einer zügig genutzten Vorbereitungszeit fand Ende März 2011 ein Kick-off-Workshop an der Tongji Universität in Shanghai statt (Abb. 4). Dabei wurden bereits erste Ergebnisse, die im Rahmen gemeinsamer Vorprojekte entstanden waren, diskutiert.

Es wurde bei vielen der chinesischen Vorträge deutlich, dass sich die hydrologischen Verhältnisse durch den Staudamm verändert haben und dadurch neue Probleme entstanden sind. So ist als ein wichtiges Thema für die chinesischen Kollegen die „Algenblüte“ und die „Wasserhyazinthenpest“ immer wieder angesprochen worden, was durch Nährstoffüberschuss und Licht in stehendem Gewässer als Hauptursachen zu erheblichen Problemen führt. Die Nährstoffzufuhr aber dadurch zu verringern, dass man mit den Landwirten Abkommen aushandelt wie beispielsweise in Deutsch-

land, ist bei dem stark parzellierten Reisanbau im Yangtze Reservoir wenig erfolgversprechend. Auch der Einsatz von Pestiziden in den landwirtschaftlich genutzten Bereichen des Flussgebietes gibt Anlass zur Regulierung.

Die überwachende Wasseranalytik in China liegt, wie in Deutschland, bei den Ämtern und Hochschulen. Insbesondere die Universitäten, die „State Key Laboratories“ beherbergen, stellen sich als gut ausgerüstet und kompetent dar.

Die Kooperation mit den chinesischen Partneereinrichtungen beginnt sich zu entwickeln. Verträge mit einzelnen Einrichtungen vertiefen das Verständnis und geben Anlass für praktisches Zusammenarbeiten, wie gemeinsam geplante und durchgeführte Feldarbeiten, die schon im Anschluss an den Workshop begannen.

Der Start ist geglückt, alle Teilnehmer zeigten sich nach dem Kick-off-Meeting in Shanghai davon überzeugt. Nun gilt es, die unterschiedlichen Erfahrungen, beispielsweise durch Wissensaustausch, nutzbar zu machen und zu gemeinsamen wissenschaftlichen Erträgen zu kommen.

Danksagung

Die Projekte und die gemeinsamen Deutsch-Chinesischen Workshops werden durch das BMBF, Förderung zum „Verbundprojekt Drei-Schluchten-Stausee am Yangtze – China“, sowie durch das Internationale Büro des BMBF finanziell unterstützt.

Literatur ist direkt bei den Autoren erhältlich

Autoren

Prof. em. Dr. Rolf-Dieter Wilken, IWW Rhein-Main

Dr. Günter Subklew,
Dr. Stephan Küppers,
Forschungszentrum Jülich GmbH,

► KONTAKT

Dr. Stephan Küppers
Forschungszentrum Jülich GmbH
Zentralabteilung für Chemische Analysen
Jülich
Tel.: 02461/61-2766
Fax: 02461/61-2560
s.kueppers@fz-juelich.de