

# Geodaten im Einsatz für Hochwasserprognosen des Jangtse

Autor(en): **Baumgartner, M. / Zappa, M. / Werhahn, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =  
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =  
Geomatrica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio**

Band (Jahr): **105 (2007)**

Heft 12

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-236467>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Geodaten im Einsatz für Hochwasserprognosen des Jangtse

Als Folge eines verheerenden Hochwassers am Jangtse (Changjiang) im Sommer 2002 hat das Schweizerische Korps für humanitäre Hilfe (SKH), eine Institution innerhalb der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA), Soforthilfe für die betroffene Bevölkerung angeboten. Ein Teil der Finanzen sollte ausserdem für die Verbesserung der Hochwasservorhersage eingesetzt werden. Das im Jahre 2003 begonnene «Changjiang Flood Forecasting Assistance Project» hat zum Ziel, das für den mittleren Teil des Changjiang schon vorhandene Hochwasservorhersagemodell vor allem durch eine flächendifferenzierte Modellierung der Abflussbildung in Verbindung mit der Verwendung von numerischen Wettervorhersagen und der Bereitstellung von dafür nutzbaren Fernerkundungs- und weiterer Geoinformationen zu verbessern.

*A la suite d'une crue dévastatrice au Jangtse (Changjiang) en été 2002, le Corps suisse d'aide humanitaire (CSA), une institution au sein de la Direction du développement et de la coopération (DDC) a offert une aide instantanée à la population touchée. Une partie des finances devait en outre être utilisée pour l'amélioration des prévisions des crues. Le projet «Changjiang Flood Forecasting Assistance Project», commencé en 2003 a pour but d'améliorer le modèle de prévision des crues déjà existant pour le tronçon médian du Changjiang, notamment par une modélisation différenciée des surfaces de formation de l'écoulement en relation avec l'emploi de prévisions météo numériques et la mise à disposition des informations géographiques et de télédétection utiles à cet effet.*

Nell'estate del 2002, in seguito un'esondazione devastante del fiume Changjiang (chiamato anche Yangtse), il Corpo svizzero di aiuto umanitario (CSA), un'istituzione in seno alla Direzione dello sviluppo e della cooperazione, ha offerto aiuto immediato alla popolazione colpita. Una parte dei finanziamenti doveva inoltre essere destinata al potenziamento delle previsioni delle piene. Il «Changjiang Flood Forecasting Assistance Project», lanciato nel 2003, ha come obiettivo di migliorare il modello di previsione delle piene già esistente per il tratto mediano del Changjiang. Si tratta, in particolare, di realizzare una modellizzazione delle formazioni dei deflussi, abbinando l'impiego delle previsioni meteorologiche digitali e ricavandone delle informazioni utili di telerilevamento e geoinformazione.

*M. Baumgartner, M. Zappa, J. Werhahn, S.Z. Hong, J. Gurtz, B. Schädler*

Der Changjiang als grösster Fluss Chinas ist bekannt für das häufige Auftreten katastrophaler Hochwasserereignisse jeweils im Zeitraum von April bis Oktober. Die Hochwasser haben ihre Hauptursache in räumlich und zeitlich ungleich verteilten Starkniederschlägen, die überlagert sind mit hohen Schmelzwasserabflüssen aus den im Oberlauf gelegenen Hochgebirgsinzugsgebieten. Aufzeichnungen

zeigen, dass seit dem Jahre 1153 an der Messstation Yichang (Einzugsgebiet > 1 Mio. km<sup>2</sup>) acht Mal ein Abfluss von mehr als 80 000 m<sup>3</sup>/sec. gemessen worden sind. Der grösste je gemessene Wert beläuft sich auf 105 000 m<sup>3</sup>/sec. im Jahre 1870.

Als Beispiel eines mittleren Hochwassers sei der Abfluss in Wuhan im August/September 2004 zu nennen: dieser stieg innerhalb einer Woche von ca. 11 000 m<sup>3</sup>/sec. auf etwa 20 000 m<sup>3</sup>/sec. und innerhalb von weiteren vier Tagen auf 62 000 m<sup>3</sup>/sec. an, was einer Pegel-

schwankung von ca. 24 m in Wuhan entspricht. Die Aufwendungen für Hochwasserschutzmassnahmen sind enorm, wenn allein die acht Millionen Einwohner zählende Stadt geschützt werden muss (Abb. 1). Die Pegelschwankung wird noch eindrücklicher, wenn man bedenkt, dass der Höhenunterschied zwischen dem Drei-Schluchtendamm und der Mündung des Changjiang bei Shanghai auf einer Strecke von 1600 km nur etwa 60 m beträgt.

Auf Grund eines ähnlichen Ereignisses im Jahre 2002 hat die Schweiz (SKH/DEZA) Soforthilfe gesprochen, darunter auch eine Unterstützung für eine Verbesserung der Hochwasserprognosen. In diesem Kontext begann im Jahre 2003 das «Changjiang Flood Forecasting Assistance Project» mit dem Ziel, das für den mittleren Teil des Changjiang schon vorhandene Hochwasser-Vorhersagemodell vor allem durch eine flächendifferenzierte Modellierung der Abflussbildung in Verbindung mit der Verwendung von numerischen Wettervorhersagen und der Bereitstellung von dafür nutzbaren Fernerkundungsdaten und Geoinformationen zu verbessern.

Bezüglich rechnergestützter Modellrechnungen, Satelliten-Fernerkundung und Analysen mittels geographischer Informationssysteme (GIS) bestanden am CWRC noch keine Grundlagen. Deshalb wurden eine Satellitenempfangsanlage und eine server-basierte Rechenanlage für digitale Bildverarbeitung, GIS-Analysen und für hydrologische Modellrechnungen sowie Prognosen mit dem PREVAH-Modell (Precipitation-Runoff-EVApotranspiration-HRU related model) (Gurtz et al. 1999) implementiert. Das PREVAH-Modell wurde im Daning Gebiet (2000 km<sup>2</sup>) kalibriert und in einem weiteren Schritt auf das ganze Dreischluchtengebiet ausgedehnt (~45000 km<sup>2</sup>). Das SKH/DEZA-Projekt wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Eidgenössischen Bundesamt für Umwelt (BAFU), dem CWRC, der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), dem Institut für Atmosphäre und Klima der ETH Zürich und MFB-GeoConsulting durchgeführt.



Abb. 1: Im Umbau befindliche Uferverbauung in Wuhan mit hydrologischer Station; im Hintergrund den Pegelschwankungen angepasste Piers (links); Hochwassermarken an der Verbauung entlang des Changjiang in Wuhan (Mitte) und die entsprechenden Marken am Gebäude des CWRCs (rechts); deutlich erkennbar ist, wie stark Wuhan von den Hochwassern betroffen war, bevor die neuesten Hochwasserschutzmassnahmen erfolgt sind (  MFB-GeoConsulting).

## Erdbeobachtungs- und Geodaten

Bei der Hochwasservorhersage und -Überwachung spielen Geodaten, insbesondere auch Erdbeobachtungsdaten, eine grundlegende Rolle. Fernerkundung mittels Satelliten ist eine hervorragende Technologie, um aktuelle, flächenhafte Informationen über den Zustand der Erdoberfläche zu sammeln.

Bei der Hochwasserprognose mit dem PREVAH-Modell können raster-basierte Geodaten direkt als Input verwendet werden. Die für das Modell minimal benötigte räumliche Auflösung beträgt 1000 m x 1000 m. Folgender Geodaten-Input ist für das Modell von Interesse: Geologie, Topographie (Höhe, Exposition, Hangneigung), Vegetation/Bodenbedeckung, Landnutzung, Bodenbeschaffenheit, Schnee/Eis. Für die Wetterprognose – ebenfalls ein wichtiger Input für die hydrologische Modellierung – spielen Wolkenoberfl chentemperaturen eine grosse Rolle. Ein wesentlicher Teil dieser Daten kann mittels Satellitenfernerkundung erhoben werden.

Als weitere Anwendung können Satellitendaten auch zur Überwachung von überfluteten Gebieten eingesetzt werden. Werden diese Analysen über meh-

rere Jahre durchgeführt, können statistische Auswertungen durchgeführt werden und Gefahrenkarten hergeleitet werden.

### Datensätze

Die folgenden Datensätze wurden für das Projekt für wichtig befunden:

- NOAA-AVHRR-Daten, 1 km x 1 km Pixelgrösse

- Landnutzungskarten aus AVHRR-Daten hergeleitet; Dreischluchtengebiet; 1 km x 1 km Pixelgrösse
- Vegetationsindices hergeleitet aus AVHRR-Daten
- Wolkenoberfl chentemperaturen hergeleitet aus AVHRR-Daten
- Digitales Höhenmodell mit einer Rastergr sse von 90 m x 90 m, hergeleitet aus Höhenlinien, die aus Russischen, topographischen Karten digitalisiert wurden
- Stereo-ASTER Daten für das gesamte Dreischluchtengebiet; 15 m x 15 m Pixelgrösse zur Ergänzung des digitalen Höhenmodells
- Landsat-TM Daten für das gesamte Dreischluchtengebiet; 30 m x 30 m Pixelgrösse
- QuickBird-Szene für die Umgebung des Dreischluchtendamms; 60 cm x 60 cm Pixelgrösse.

Um laufend Zugriff auf aktuelle Satellitendaten zu haben, wurde entschieden, eine NOAA-AVHRR Satellitenempfangsanlage anzuschaffen. Vorteile einer eigenen AVHRR-Anlage am CWRC sind:

- täglicher Zugriff auf die aktuellsten Satellitendaten
- Datenzugriff gratis

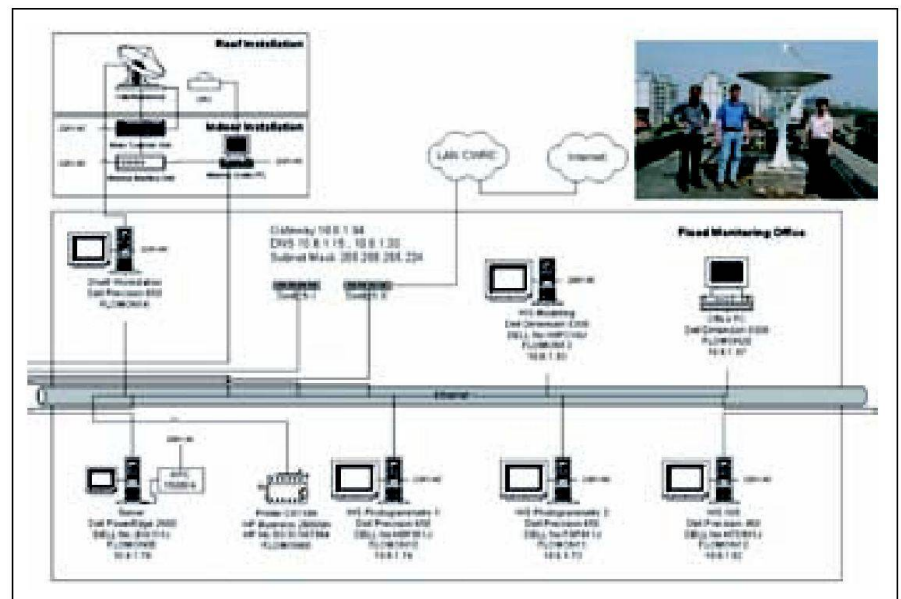


Abb. 2: Prozessierungskette für das Management der Fernerkundungs- und GIS-Daten bei der Hochwasservorhersage und -Überwachung (  MFB-GeoConsulting).

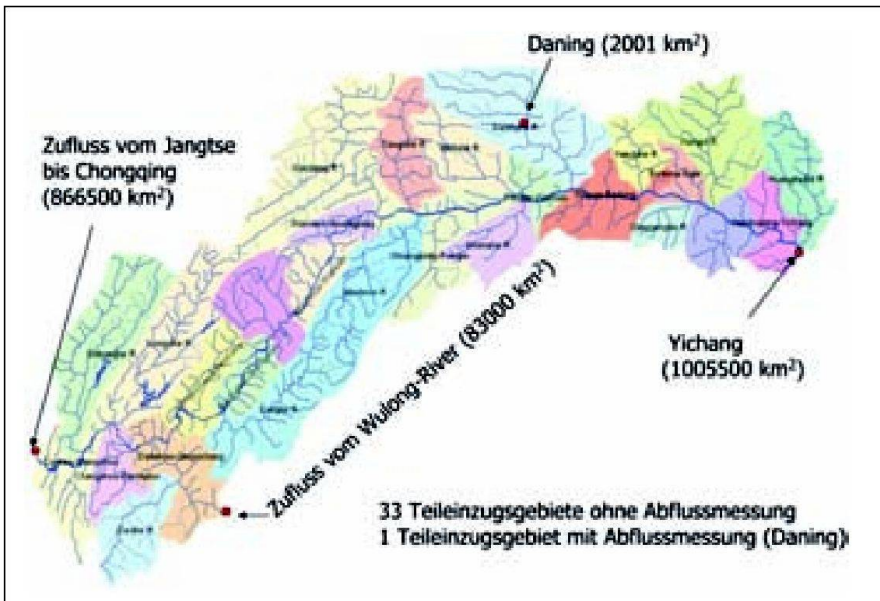


Abb. 3: Teilgebiet innerhalb des Dreischluchtengebiets; für die eingefärbten Gebiete ist das Modell bereit für die operationelle Prognose (© CWRC, Wuhan und M. Zappa, WSL).

- Räumliche Auflösung für das hydrologische Modell genügend
- Grosses Field-of-View von AVHRR und damit Abdeckung grosser Gebiete möglich
- Herleitung der wichtigsten Inputvariablen für das Modell möglich
- die Anlage erlaubt auch den Empfang von Daten des chinesischen Wettersatelliten Fengyun.

### Infrastruktur

Für die Realisierung einer operationellen Hochwasserprognose wurde eine serverbasierte, über LAN und Internet vernetzte Infrastruktur zur digitalen Bildverarbeitung von Satellitendaten und zur Analyse von GIS-Daten sowie zur hydrologischen Modellierung evaluiert und beschafft. Ausserdem wurde eine NOAA-AVHRR-Satellitenempfangsanlage der Firma VCS (Deutschland) erworben, einer weltweit führenden Firma für den Bau solcher Anlagen. Als Softwaretools wurden ERDAS Imagine (Leica Geosystems) und ArcGIS (ESRI) evaluiert und implementiert. Die Anlage wurde in der Schweiz aufgebaut, die Software (Operating system, Netzwerk, Bildverarbeitung, GIS, graphische Tools, hydrologisches Modell) instal-

liert und einem Factory Acceptance Test unterzogen, wieder verpackt und nach China verschifft sowie am CWRC wieder aufgebaut und in Betrieb genommen (Abb. 2). Nach der erfolgreichen Installation vor Ort wurde ein Site Acceptance Test durchgeführt und schliesslich wurde die ganze Infrastruktur den Chinesischen Partnern vom CWRC übergeben.

### Hochwasserprognosen

Das räumlich verteilte Model PREVAH wurde für die Vorhersage von Hochwassern ausgewählt. Die räumliche Diskretisierung von PREVAH basiert auf der Ag-

gregation von gerasterten, räumlichen Informationen in so genannte «Hydrological Response Units» (HRUs). Sechs meteorologische (interpolierte) Variablen treiben das Modell an: Niederschlag, Lufttemperatur, Globalstrahlung, relative Sonnenscheindauer, Windgeschwindigkeit und relative Feuchtigkeit.

Für die Anwendung des Modells im Dreischluchtengebiet wurde das Modell durch ein vollständiges System für Datenvorverarbeitung, Assimilation, und Echtzeit-Hochwasservorhersagen erweitert (Zappa et al. 2005). Dies beinhaltet u.a. ein benutzerfreundliches Interface, eine Verbindung zu der Echtzeit-Datenbank für Niederschlag und Abfluss am CWRC sowie die Entwicklung von Tools für das Management von meteorologischen und hydrologischen Informationen. Für das Management von räumlichen Rasterdaten (Geodaten) wurde ein Stand-alone Tool für die Entwicklung, Parametrisierung und Initialisierung des GIS-basierten, räumlich verteilten hydrologischen Modells entwickelt.

Zur Erprobung und Kalibrierung des Prognosemodells wurde das Einzugsgebiet des Daning-Flusses (ca. 2000 km<sup>2</sup>) ausgewählt (Sonderegger 2004). Für die operationelle Prognose wurde die Kalibrierung für 34 Teileinzugsgebiete mit einer Gesamtfläche von 55 900 km<sup>2</sup> vorgenommen (Abb. 3). Die Verarbeitung der Teilgebiete erfolgt in einer zum voraus definierten Reihenfolge und beginnt mit dem Zufluss in das Untersuchungsgebiet oberhalb von Chongqing mit einer Fläche von ca. 855 600 km<sup>2</sup> (Input in das Vor-

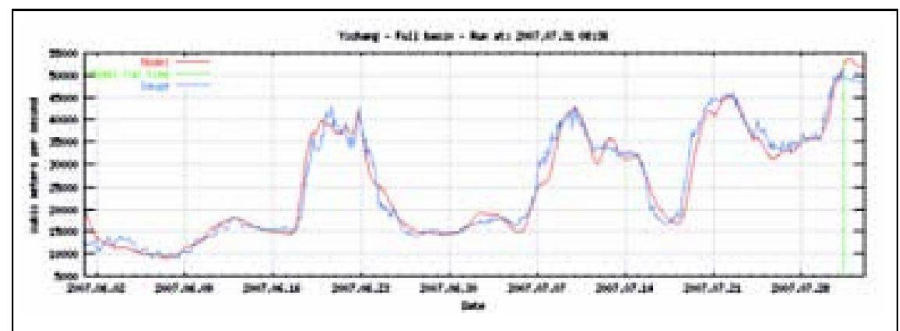


Abb. 4: Operationelle Echtzeitsimulation und -vorhersage der Abflussganglinie für den Jangtse bis Yichang. Juni-Juli 2007 (© M. Zappa, WSL und Johannes Werhahn, IMK-IFU).

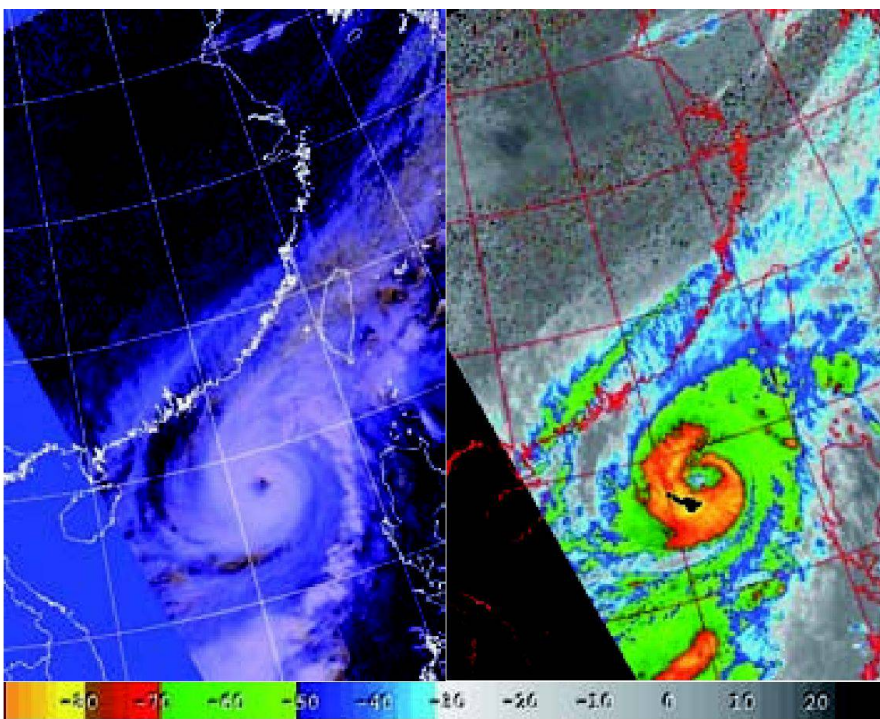


Abb. 5: NOAA-AVHRR vom 1. Nov. 2006, Taifun Cimaron, Echtfarbenkomposit (links) und Wolkenoberflächentemperaturbild (kalibrierte Temperaturwerte, rechts), Temperaturskala in Grad Celsius (unten) als Input für Niederschlagsprognosen (© MFB-GeoConsulting).

hersagesystem als gemessene Werte) und endet mit dem letzten Gebiet in der Nähe von Yichang. Mit berücksichtigt werden auch der Zufluss des Wulong-Flusses mit einem Einzugsgebiet von ca. 83 000 km<sup>2</sup>.

Der Vorhersagemodus des Modells wurde mit einer direkten Verbindung zur Datenbank der Niederschlags- und Abflussstationen des CWRC versehen. Über 70 Stationen liefern Daten um 02:00 h, 08:00 h, 14:00 h und 20:00 h für die 34 Teilgebiete zwischen Chongqing und Yichang. Für diese Gebiete können somit bis zu vier aktualisierten Prognosen täglich gerechnet werden. Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse der kontinuierlichen operationellen Abflusssimulation des Jangtse bis Yichang während der Hochwassersaison 2007 (Juni–Juli). Lokale meteorologische Wettervorhersagen können von der entsprechenden Abteilung am CWRC bezogen und interaktiv in das Modell geladen werden. Mittels der in Wuhan empfangenen AVHRR-Daten können zur Verbesserung der Wetter- und Niederschlagsprognosen aus den Thermaldaten nun auch Wolkenoberflächentemperaturen bestimmt werden (Abb. 5).

Des Weiteren können quantitative Niederschlagsprognosen mittels eines numerischen Wettervorhersagemodells (MM5) gerechnet werden. Auf der Basis von dreifach genesteten Domänen berechnet MM5 ein Downscaling der globalen AVN-

Wettervorhersagen auf eine horizontale Auflösung von 7 km für das betrachtete Jangtse-Einzugsgebiet mit einem Vorhersagezeitraum von 72 Stunden. Für die Kopplung des MM5 mit dem Prognosemodell PREVAH wurde ebenfalls eine entsprechende operationelle Schnittstelle entwickelt. Zwei Vorhersagen pro Tag stehen operationell zur Verfügung.

### Hochwasserüberwachung

Aus den Aufnahmen des Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) auf den beiden amerikanischen Satelliten Terra und Aqua vom 20. Mai 2007, 4. Juli und 26. Juli 2007 wurden die überschwemmten Gebiete extrahiert und mittels digitaler Bildverarbeitung in ERDAS Imagine binäre Wassermasken generiert (Abb. 6). Die drei Bilder zeigen die Zunahme der überschwemmten Flächen im Verlaufe der Regenzeit sehr deutlich. Noch besser kann dies in einer Überlagerung der drei Binärbilder (Differenzbild) erkannt werden (Abb. 7).

### Ausbildung

Ein fundamentaler Aspekt des Projekts war die Ausbildung von lokalen Spezialisten des CWRC. In einer ersten Phase wurde eine Kurzausbildung in Wuhan unterstützt und anschliessend ein Selektionsverfahren durchgeführt, um vier Fern-

erkundungs- und GIS-Spezialisten für die weitere Ausbildung zu finden. In einem nächsten Schritt wurden die ausgewählten Personen während eines halben Jahres am ITC (International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands) im Bereich der Anwendung von Fernerkundungs- und GIS-Technologien in der Hydrologie weitergebildet. Nach dem erfolgreichen Abschluss dieser Ausbildung erfolgte eine projektspezifische Ausbildung in der Schweiz. Parallel dazu wurde eine Gruppe von Hydrologen in Hydrologie, in der Echtzeit-Hochwasservorhersage und der Anwendung des PREVAH-Modells an der ETH Zürich ausgebildet. Zwei Mitarbeiter der CWRC wurden in der Installation und Anwendung des numerischen Wettervorhersagemodells (NWP) MM5 am Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-IFU, Garmisch, Deutschland) ausgebildet. Das von Schweizer Spezialisten durchgeführte Training wurde anschliessend in weiteren Kursen vor Ort am CWRC in Wuhan vertieft. Gemeinsam wurden Manuals erarbeitet, die den gesamten, operationellen Workflow genau definieren.

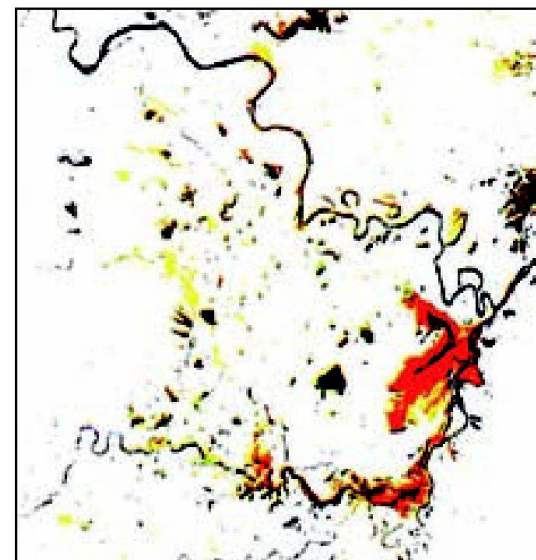


Abb. 7: Differenzbild zwischen den Wassermasken vom 20. Mai 2007 (schwarz), 4. Juli 2007 (rot) und 26. Juli 2007 (gelb) entsprechend der Zunahme der überfluteten Gebiete (© MFB-GeoConsulting).

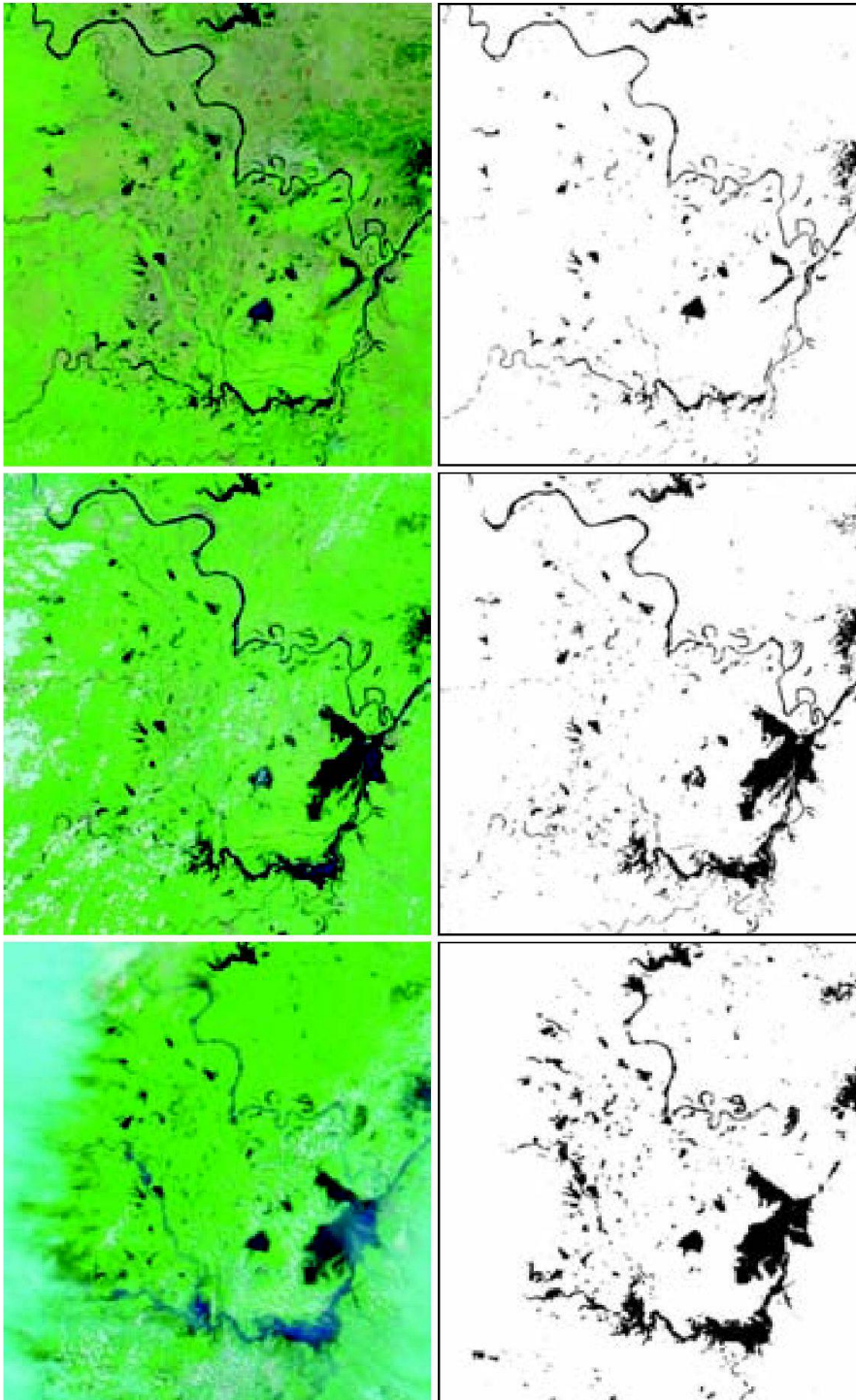


Abb. 6: MODIS-Aufnahmen vom 20. Mai 2007, 4. Juli 2007 und 26. Juli 2007 (links); (© NASA). In der rechten Kolonne sind die entsprechenden Wassermasken (überflutete Flächen) abgebildet (© MFB-GeoConsulting).

## Ausblick

Mit der Ausbildung in Fernerkundung, GIS, hydrologischer Vorhersage und numerischer Wettervorhersage im Rahmen dieses Projektes erfolgte ein nicht unbedeutender Wissenstransfer zugunsten der CWRC. Durch die damit verbundenen

Investitionen (Hardware und Software) konnte die CWRC im Rahmen einer mittelfristigen Unterstützung einen modernen Stand der Hochwasserprävention und der daraus abgeleiteten Speicherbewirtschaftung für den Dreischluchten-Stausee erreichen. Für diesen, wie auch für die unterhalb des Stausees gelegenen Gebie-

te, ist zur Optimierung des Hochwasser-Managements eine Überarbeitung der Strategien für die Steuerung der Wasserabgabe am Damm vorgesehen. Mit dem Prognosesystem wird die Erarbeitung der notwendigen Präventions- und Bewirtschaftungsmassnahmen ermöglicht.

### Literaturverzeichnis:

Gurtz, J., Zappa, M., Jasper, K., Lang, H., Verbunt, M., Badourx, A. & T. VitvarR, 2003: A comparative study in modeling runoff and its components in two mountainous catchments. *Hydrological Processes*, 17: 297–311.

Sonderegger, C., 2004: Rainfall/Runoff Modeling of a Sub-Catchment of the Changjiang in China. Diploma Thesis at the ETH and University Zürich.

Zappa, M., Song Zhi Hong, Baumgartner, M.F., Gurtz, J. & B. Schaedler, 2005: The Changjiang Flood Forecasting Assistance Project. International Conference on Headwater Control VI: Hydrology, Ecology and Water Resources in Headwaters. Bergen, Norway, 20–23 June 2005.

Gurtz, J., Baltensweiler, A., and Lang, H.: Spatially distributed hydrotope-based modelling of evapotranspiration and runoff in mountainous basins, *Hydrological Processes*, 13, 2751–2768, 1999.

Michael Baumgartner  
MFB-GeoConsulting  
Eichholzstrasse 23  
CH-3254 Messen  
baumgartner@mfb-geo.com

Massimiliano Zappa  
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL  
massimiliano.zappa@wsl.ch

Johannes Werhahn  
Forschungszentrum Karlsruhe  
IMK-IFU  
Kreuzeggbahnstrasse 19  
DE-84467 Garmisch-Partenkirchen  
johannes.werhahn@imk.fzk.de

Song Zhi Hong, CWRC  
songzh@cjh.com.cn

Joachim Gurtz, ETHZ  
gurtz@env.ethz.ch

Bruno Schaedler, BAFU  
bruno.schaedler@bafu.admin.ch