

Grenzüberschreitende Erfassung von Wasserhaushaltsparametern in Zentralasien

Ein wissenschaftlicher Beitrag zur Lösung von Wasserkonflikten

Tilo Schöne¹, Katy Unger-Shayesteh¹, Cornelia Zech¹, Heiko Thoss¹, Alexander Zubovich², Valeri Rudenko¹

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, ²Zentralasiatisches Institut für Angewandte Geowissenschaften (ZAIAG), Bishkek, Kirgisistan

In cooperation with Central Asian specialists, scientists at the GFZ German Research Centre for Geosciences in Potsdam are developing a regional hydrometeorological and geodetic Earth observation network to monitor parameters of the water cycle in Central Asia. The activities are part of the CAWa project (www.cawa-project.net), which is funded by the German Federal Foreign Office within the framework of the so-called „Berlin Process“. The decline in systematic observations in mountainous Central Asian headwaters poses a great challenge both to water management and climate and hydrological research. By the end of 2011, the project partners had installed five automatic low-maintenance multi-parameter stations which collect hydrometeorological data as well as GPS and seismic data. The satellite-transferred data of the new stations have high-resolution in time and are transmitted close to real-time. The data will be used for weather and runoff forecasting as well as for scientific questions such as the assessment of climate change and the monitoring of high-altitude glaciers. In addition, scientists at GFZ will use the ground-based station data for the validation and calibration of new remote sensing technologies within the frame of the CryoSat, EnMAP, and GRACE satellite missions.



Zentralasien ist eine der Schwerpunktregionen des Deutschen GeoForschungsZentrums GFZ. Das „Global Change Observatory Central Asia“ des GFZ vereint dabei unterschiedliche methodische und instrumentelle Ansätze, darunter auch den Aufbau eines hydrometeorologischen und geodätischen Monitoring-Netzwerks zur Überwachung des Systems Erde. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des GFZ tragen damit zu den „Grand Challenges“ der Helmholtz-Gemeinschaft bei: Erfassung des globalen Klimawandels und seiner regionalen Auswirkungen, Wasserverfügbarkeit und Wassermanagement, sowie nachhaltige Nutzung von Georessourcen.

Zentralasien – „Hot spot“ des Klimawandels und Konflikte um die Ressource Wasser

Das Relief Zentralasiens ist einerseits durch die bis zu mehr als 7000 m hohen Gebirgsketten von Pamir und Tien Shan sowie andererseits durch die weiten Ebenen der Steppen geprägt. Die Gletscher und die Schneeschmelze in den Bergregionen speisen die beiden großen Flüsse Amudarya und Syrdarya, die wiederum die Ebenen Zentralasiens und den Aralsee mit Wasser versorgen. Bereits heute ist Zentralasien eine Region, in der Wasser von zentraler wirtschaftlicher Bedeutung, aber gleichzeitig auch eine knappe Ressource ist. Im aktuellen IPCC-Bericht wird Zentralasien als ein „Hot spot“ des Klimawandels identifiziert (IPCC AR4 WGI 2007). Für die Zukunft könnte dies bedeuten, dass sich bestehende Konflikte um die Wasserressourcen weiter verschärfen.

Die Region steht bereits heute im Bereich des Wassermanagements vor zahlreichen Herausforderungen. Degradierete Monitoring-Systeme, ineffiziente Bewässerungsmethoden und -infrastrukturen, die zu Wasserverlusten von bis zu 60 % führen, und ein starkes Bevölkerungswachstum bilden die Basis für Konflikte. Hinzu kommen konkurrierende Nutzungsinteressen zwischen den Oberliegerstaaten Tadschikistan und Kirgisistan, die die Wasserressourcen stärker als

bisher zur Stromgewinnung im Winter nutzen wollen, und den Unterliegerstaaten Usbekistan, Kasachstan und Turkmenistan, die das Wasser für die Bewirtschaftung ihrer landwirtschaftlichen Flächen im Sommer benötigen.

Diesen Herausforderungen stellt sich das Forschungsprojekt „Wasser in Zentralasien – CAWa“, das wissenschaftlich einen Bogen zwischen den Themen Wasserverfügbarkeit und Wassernutzung spannt und ein regionales Netzwerk zwischen deutschen und zentralasiatischen Forscherinnen und Forschern und Nutzern im Wassermanagement aufbaut. Das CAWa-Projekt wird im Zeitraum 2008 bis 2013 als Teil der „Deutschen Wasserinitiative für Zentralasien“ (sog. „Berliner Prozess“) vom Auswärtigen Amt der Bundesrepublik Deutschland gefördert. Neben der Koordinierung dieses Projekts hat das GFZ auch die Verantwortung für den Aufbau eines regionalen Netzwerks zur kontinuierlichen Echtzeiterfassung hydrometeorologischer Parameter übernommen, wobei Trainings- und Ausbildungsmaßnahmen für zentralasiatische Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Fachleute einen großen Stellenwert einnehmen.

Regionales Monitoring-Netzwerk

Sowohl für die saisonale Vorhersage des Abflusses in verschiedenen Einzugsgebieten und damit der für die Nutzung zur Verfügung stehenden Wassermengen als auch für die Frühwarnung vor möglichen gefährlichen Naturereignissen werden moderne Messnetze benötigt. Diese liefern in Sekundenschnelle wichtige Wetter- und Abflussdaten für das Wassermanagement und sorgen darüber hinaus für mehr Transparenz in der regionalen Wasserverteilung.

Nach der Auflösung der Sowjetunion 1991 konnten einige Länder die gut ausgebauten sowjetischen Messnetze in den Bergregionen aus Kostengründen nicht mehr weiter betreiben. So halbierte sich z. B. in Kirgisistan die Anzahl der Abfluss- und Wetterstationen vom Ende der 1980er Jahre bis zum Jahr 2008. Davon waren insbesondere die wesentlich zur Abflusentstehung beitragenden Bergregionen in Höhen über 2000 m betroffen. Die verbliebenen Stationen sind nur zum kleinen Teil mit modernen Sensoren ausgestattet und die Datenübertragung erfolgt in vielen Fällen noch per Morsetaste oder Telefon. Damit liegen nur wenige verlässliche Messdaten aus den Quellgebieten der Flüsse vor – in der Konsequenz sind saisonale Abflussvorhersagen mit großen Unsicherheiten behaftet. Auch die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt lassen sich aufgrund der Datenlücken in den langjährigen Zeitreihen nur sehr unsicher abschätzen.

Durch den Aufbau eines modernen, grenzüberschreitenden Monitoring-Netzwerks von automatischen und technisch komplexen hydrometeorologischen Messstationen leistet das CAWa-Projekt einen Beitrag zur Überwindung dieser Beobach-

Links: Messstation auf 4200 m NN am Abramov-Gletscher im zentralasiatischen Pamir-Alai-Gebirge

Left: Monitoring station at 4,200 m a.s.l. at the Abramov glacier in the Pamir-Alai mountains, Central Asia



Kontakt: T. Schöne
(tschoene@gfz-potsdam.de)



Abb. 1: Bestehende und geplante Stationslokationen des regionalen Monitoring-Netzwerks

Fig. 1: Regional monitoring network: planned and existing station locations

tungslücken. Die Multiparameter-Stationen erfassen relevante Parameter des Wasserhaushalts und sind per Satellitenkommunikation an eine zentrale und für Nutzer offene Geodateninfrastruktur angebunden, die als Datenarchiv und Kontrollzentrum fungiert. Auf diese Weise liegen die Informationen in nahezu Echtzeit vor und werden unmittelbar an die beteiligten Partner in verschiedenen Ländern weitergegeben.

Bis zum Jahresende 2011 wurden gemeinsam mit dem Zentralasiatischen Institut für Angewandte Geowissenschaften (ZAIAG), dem World Glacier Monitoring Service und den Nationalen Hydrometeorologischen Diensten fünf Stationen auf kirgischem Territorium errichtet und in Betrieb genommen (siehe Abb. 1). Drei Stationen liegen in Höhen oberhalb von 3000 m NN. In der folgenden Phase soll das Messnetz auf weitere Staaten in Zentralasien ausgedehnt werden, darunter auch Afghanistan, dessen Norden hydrologisch zum Aralsee-Becken gehört.

Hochgebirgstaugliches Stationskonzept

Die CAWa-Messstationen sind eine technologische Entwicklung des GFZ. Das Stationskonzept basiert auf den GPS-gestützten Pegelstationen, die im Rahmen des GITEWS-Projekts für das Tsunami-Frühwarnsystem im Indischen Ozean instal-

liert wurden (Schöne et al., 2011). Es handelt sich um wartungsarme, automatisierte Stationen mit satellitengestützter Datenübertragung und der Möglichkeit eines Fernzugriffs für Updates der Stationssoftware und Wartungen. Die Multiparameter-Stationen werden mit Solarenergie versorgt und verfügen über ein Strommanagement-System, das die Station im Fall eines akuten Strommangels schrittweise und vorübergehend in einen Ruhezustand versetzen kann, ohne dass gesammelte Daten verloren gehen. Sie können unabhängig von lokalen Strom- oder Datenkommunikationsnetzen betrieben werden und sind daher für den Betrieb in den abgelegenen Hochgebirgsregionen unter den dort herrschenden extremen Klimabedingungen hervorragend geeignet.

Die Stationen erfassen zahlreiche Parameter (siehe Tab. 1), darunter Niederschlag, Schnee, Luft- und Bodentemperatur, Bodenfeuchte, Sonnenstrahlung sowie Abfluss und integrieren zudem ein kontinuierlich arbeitendes GPS. Für spezielle Fragestellungen, z. B. die Überwachung von Fließgeschwindigkeiten ausgewählter Gletscher, können kinematische GPS-Stationen eingesetzt werden. Eine solche Station installierte das GFZ in Erweiterung der Station MRZ₁ (Tab. 1) auf dem Eisdamm des Unteren Merzbacher-Sees am Inylchek-Gletscher (Abb. 2). Die wiederholte Füllung und der jährlich stattfindende, aber in seinem genauen Zeitpunkt unvorhersehbare und plötzliche

Tab. 1: Überblick zu den bereits installierten Messstationen

Tab. 1: Overview on the characteristics of the installed monitoring stations

	BAIT	TARA	KEKI	ABRA	MRZ1/MRZ2
Höhe	1580 m	3510 m	1470 m	4100 m	3400 m
Einzugsgebiet	Chu	Naryn	Naryn	Vaksh	Aksu
Inbetriebnahme	Dez. 2009	Aug. 2010	Nov. 2010	Aug. 2011	Aug. 2009
Sensoren					
GPS	X	X	X	X	X
Seismometer		X		geplant	X
Wind	X	X	X	X	X
Lufttemperatur und Luftfeuchte	X	X	X	X	X
Vier-Komponenten-Strahlungssensor	X	X	X	X	X
Bodenfeuchte	X	X	X	X	X
Bodentemperatur	X	X	X	X	X
Regensensor	X	X	X	X	X
Luftdruck	X	X	X	X	X
Schneemesssystem SPA	X			X	
Schneehöhe USH8	X			X	X
Schneekissen	X				
Abflussmesssystem	geplant		X		



Abb. 2: Mit der kinematischen GPS-Station am Eisdamm des Unteren Merzbacher-Sees (Inylchek-Gletscher, zentrales Tien-Shan-Gebirge) werden die Ausbruchmechanismen des Gletschensees untersucht.

Fig. 2: Kinematic GPS station for monitoring the glacial lake outburst flood (GLOF)-prone hazardous Lower Merzbacher Lake at Inylchek glacier (Central Tien Shan).

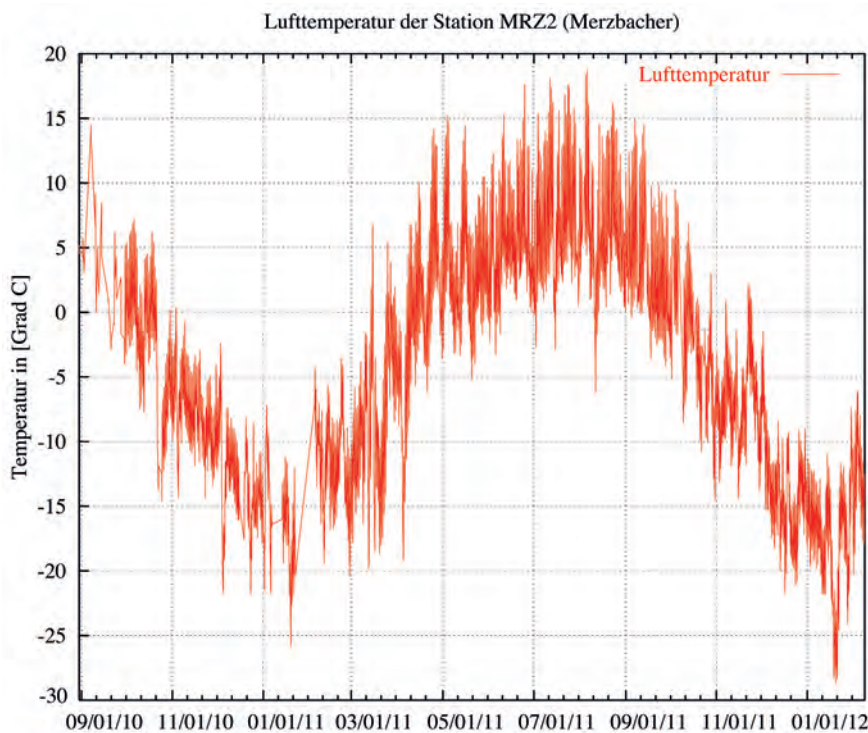


Abb. 3: Messdaten der Lufttemperatur an der Station Merzbacher. Die tiefsten gemessenen Temperaturen liegen bei -30°C , eine Herausforderung für das Strommanagement der Stationen.

Fig. 3: Air temperature measurements at the station Merzbacher. Measured temperatures range between -30°C in winter and $+25^{\circ}\text{C}$ in summer and pose a technical challenge to station power management.

Ausbruch dieses Gletschersees sind, global gesehen, ein seltenes Phänomen. Eine kontinuierliche Überwachung des Unteren Merzbacher-Sees dient daher nicht nur der Katastrophenvorsorge – bei den sommerlichen Ausbrüchen fließen innerhalb weniger Stunden große Wassermengen durch das bewohnte Flusstal ab – sondern liefert auch wichtige Daten für wissenschaftliche Analysen dieses Mechanismus.

Erstmals zum Einsatz kommt ein neuartiges Schneemesssystem, das neben der Schneehöhe auch den Wassergehalt des Schnees in einem vertikalen Profil messen kann. An der Station am Abramov-Gletscher (Pamir, Kirgisistan, siehe Abb. 1) wurde zudem in Kooperation mit dem World Glacier Monitoring Service ein Netz von Kameras installiert, mit dessen Hilfe die Schneebedeckung auf dem Gletscher sowie die Lage der Gleichgewichtslinie beobachtet werden können – wichtige Größen, um die Massenbilanz des als regionale Referenz genutzten Gletschers zu bestimmen. Einige der CAWa-Stationen integrieren auch die am GFZ entwickelte Seiscomp-Software (Hanka et al., 2000) für den Betrieb eines Seismometers. Damit liefern die Multi-Parameter-Messstationen nicht nur wichtige Daten über den Wasserhaushalt, sondern ermöglichen auch die Untersuchung von geodynamischen Phänomenen und tragen zur Erdbebenforschung bei. Auch nachträglich können die Stationen mit weiteren Sensoren aufgerüstet werden, z. B. für den Fall, dass sie als Teil eines Frühwarnsystems betrieben werden sollen.

Echtzeit-Datenübertragung und Datenmanagement

Ebenso wie die autonom arbeitenden Sensoren sind auch die Datenerfassung und -übertragung automatisiert. Die zeitlich hoch aufgelösten Messdaten (Abb.3) werden per Satellit übermittelt. Da die Datenübertragung mit einem erhöhten Stromverbrauch verbunden ist, senden die Stationen derzeit im Sommer stündlich, im Winter einmal täglich ihre Daten. Diese werden in die ebenfalls am GFZ entwickelte Datenmanagementeinheit SOPAF (System Operation Processing and Archiving Facility) eingelesen und dort auch langfristig archiviert. SOPAF stellt für verschiedene Nutzer eine Schnittstelle zu den Daten der Stationen dar. Von dort aus sollen die Daten zukünftig automatisch in die Kommunikationsstrukturen der Hydrometeorologischen Dienste der zentralasiatischen Staaten eingespeist werden. Für Nutzer aus der Wissenschaft, der Politik und die interessierte Öffentlichkeit wird derzeit eine Internet-basierte Benutzeroberfläche erstellt, die die Daten visualisiert und eine Download-Funktion bietet.

Ausblick

Operationell werden die Daten der installierten Messstationen zukünftig von den Spezialisten der Nationalen Hydrometeorologischen Dienste für die Wetter- und Abflussvorhersage eingesetzt. Zudem werden die punktuellen Stationsmessungen mit Methoden der Fernerkundung kombiniert, um flächenhafte

Aussagen z.B. über die in Form von Schnee gespeicherten saisonalen Wasservorräte zu ermöglichen sowie ein bodengestütztes Gletschermonitoring aufzubauen.

Am GFZ sollen die Stationsdaten als bodengestütztes „Ground truthing“ für neu zu entwickelnde Fernerkundungsmethoden eingesetzt werden, z. B. im Rahmen der CryoSat-Mission, aber auch für die EnMAP-Mission und die GRACE-Folgemissionen (vgl. dazu den Beitrag von Güntner et al. sowie Flechtner und Förste in diesem Heft). Zudem ist vorgesehen, die Stationsdaten für die Abschätzung der Folgen des Klimawandels bei der Parametrisierung von hydrologischen und Klimamodellen am GFZ einzusetzen.

Ein großes Potenzial für den zukünftigen operationellen Einsatz zur Wettervorhersage haben die ebenfalls erhobenen GPS-Daten. Bereits heute trägt die GPS-Atmosphärensondierung in Europa dazu bei, die Wettervorhersage, insbesondere die Niederschlagvorhersage, signifikant zu verbessern (Bender et al., 2008; vgl. dazu auch den Beitrag von Wickert et al. in diesem Heft). Das CAWa-Projekt leistet damit einen wichtigen Beitrag, diese innovative Technologie nach Zentralasien zu transferieren und so in Zukunft das Wasser- und Risikomanagement in der Region zu verbessern.

Literatur

- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M. M. B., Miller, H. L., Chen, Z. (Eds.) (2007): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis ; contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, VIII, 996 p.
- Schöne, T., Illigner, J., Manurung, P., Subarya, C., Khafid, Zech, C., Galas, R. (2011): GPS-controlled tide gauges in Indonesia - a German contribution to Indonesia's Tsunami Early Warning System. - *Natural Hazards and Earth System Sciences (NHES)*, 11, 3, 731-740, 10.5194/nhess-11-731-2011.
- Hanka, W., Heinloo, A., Jäckel, K.-H. (2000): Networked Seismographs : GEOFON Real-Time Data Distribution. - *ORFEUS Newsletter*, 2, 3, 24.
- Bender, M., Dick, G., Wickert, J., Schmidt, T., Song, S., Gendt, G., Ge, M., Rothacher, M. (2008): Validation of GPS slant delays using water vapour radiometers and weather models. - *Meteorologische Zeitschrift*, 17, 6, 807-812, 10.1127/0941-2948/2008/0341.

Weitere Informationen:

www.cawa-project.net