

Abschlussbericht

für den Projektträger Jülich (PTJ) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung



U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T



Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor

<p>Zuwendungsempfänger: Universität Kassel - Der Präsident - Mönchebergstr. 19 34109 Kassel</p>	<p>Förderkennzeichen: 033L003E</p>
<p>Vorhabensbezeichnung: (Thema) Verbundvorhaben: „Integriertes Wasserressourcen-Management in Zentralasien: Modellregion Mongolei (MoMo 2)“ – zweite Projektphase Themenmodul 1: Hydrologie und Landnutzung, Teilprojekt: Einfluss des globalen Wandels auf die Wasserressourcen in Zentralasien, in der Mongolei und im Einzugsgebiet des Kharaa</p>	
<p>Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2010 bis 30.11.2013</p>	<p>Berichtszeitraum 01.05.2010 bis 30.11.2013</p>

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN ----	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Abschlussbericht
3. Titel Einfluss des globalen Wandels auf die Wasserressourcen in Zentralasien, in der Mongolei und im Einzugsgebiet des Kharaa	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Malsy, Marcus; Flörke, Martina	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30.11.2013
	6. Veröffentlichungsdatum Mai 2014
	7. Form der Publikation Bericht
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Center for Environmental Systems Research Universität Kassel Wilhelmshöher Allee 47 34109 Kassel	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 033L003E
	11. Seitenzahl 25
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 10
	14. Tabellen 2
	15. Abbildungen 8
16. Zusätzliche Angaben --	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) --	

Berichtsblatt

18. Kurzfassung

Im Rahmen des Projektes „Integriertes Wasserressourcen-Management in Zentralasien: Modellregion Mongolei – Phase II“ liegt der Fokus des Teilprojektes „Einfluss des globalen Wandels auf die Wasserressourcen in Zentralasien, der Mongolei und im Kharaa“ auf der Analyse und Prognose der aktuellen sowie zukünftigen Wasserverfügbarkeit unter Berücksichtigung des Klimawandels und sozio-ökonomischer Veränderungen in Zentralasien. Dies wird durch eine zeitlich und räumlich hochaufgelöste großskalige hydrologische Modellierung (WaterGAP3) sichergestellt, die eine multiskalige Übertragbarkeit der Ergebnisse von der Einzugsgebietsebene des Kharaa auf die Länder- (Mongolei) und Regionalskala (Zentralasien) ermöglicht. Ergebnisse des Teilprojektes sind:

1. Evaluation zur Verfügung stehender großskaliger Klimadatenätze zur Modellierung des terrestrischen Wasserkreislaufs und Quantifizierung der damit verbundenen Unsicherheiten
2. Berechnungen zum Einfluss des Klimawandels auf die Wasserressourcen in Zentralasien
3. Entwicklung von sozio-ökonomischen Szenarien und Berechnung ihrer Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und damit verbundener potentieller Wasserknappheit in der Mongolei
4. Studie zur Übertragbarkeit der im Kharaa gewonnenen Erkenntnisse auf andere Einzugsgebiete in Zentralasien
5. Bereitstellung des MoMo-WebGIS sowie wasserbezogener Informationen an lokale Stakeholder

19. Schlagwörter

Wasserressourcen, Globaler Wandel, hydrologische Modellierung, Klimawandel, Wassernutzung

20. Verlag

21. Preis

Berichtsblatt

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN ---	2. type of document (e.g. report, publication) Final Report
3. title Global Change Impacts on water resources in Central Asia, Mongolia, and the Kharaa river basin	
4. author(s) (family name, first name(s)) Malsy, Marcus; Flörke, Martina	5. end of project 30.11.2013
	6. publication date Mai 2014
	7. form of publication Report
8. performing organization(s) (name, address) Center for Environmental Systems Research Universität Kassel Wilhelmshöher Allee 47 34109 Kassel	9. originator's report no.
	10. reference no. 033L003E
	11. no. of pages 27
12. sponsoring agency (name, address) Federal Ministry of Education and Research 53170 Bonn	13. no. of references 10
	14. no. of tables 2
	15. no. of figures 8
16. supplementary notes ---	
17. presented at (title, place, date) ---	

Berichtsblatt

18. abstract

As part of the "Integrated Water Resources Management in Central Asia: Model Region Mongolia - Phase II", the focus of the subproject "Impacts of global change on water resources in Central Asia, Mongolia, and the Kharaa river basin" is on the analysis and projection of current and future water availability under climate and socio-economic changes. This is ensured by high temporal and spatial resolution modeling with the hydrological model WaterGAP3, which enables multi-scale applicability of simulations results on the catchment (Kharaa), country (Mongolia), and regional (Central Asia) level. Results of the sub-project are:

1. Evaluation of available large-scale climate data sets for terrestrial water cycle modeling and to quantify the associated uncertainties
2. Calculations on the influence of climate change on water resources in Central Asia
3. Development of socio-economic scenarios and simulation of their effects on the water resources and associated potential water shortages in Mongolia
4. Study on transferability of the Kharaa river basin results to other Central Asian river basins
5. Provision of the MoMo WebGIS and water-related information to local stakeholders

19. keywords

water resources, global change, hydrological modelling, climate change, water use,

20. publisher

--

21. price

Inhaltsverzeichnis

1	KURZE DARSTELLUNG DES VORHABENS.....	3
1.1	AUFGABENSTELLUNG.....	3
1.2	VORAUSSETZUNGEN, UNTER DENEN DAS VORHABEN DURCHGEFÜHRT WURDE.....	3
1.3	PLANUNG UND ABLAUF DES VORHABENS	3
1.4	WISSENSCHAFTLICHER UND TECHNISCHER STAND, AN DEN ANGEKNÜPFT WURDE	4
1.4.1	<i>Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte.....</i>	<i>4</i>
1.4.2	<i>Verwendete Fachliteratur, Informations- und Dokumentationsdienste</i>	<i>4</i>
1.5	ZUSAMMENARBEIT MIT ANDEREN STELLEN	5
2	EINGEHENDE DARSTELLUNG DES VORHABENS.....	5
2.1	VERWENDUNG DER ZUWENDUNG UND ERZIELTES ERGEBNIS	5
2.1.1	<i>Durchgeführte Arbeiten im Themenmodul Hydrologie und Landnutzung , Teilprojekt „Einfluss des globalen Wandels auf die Wasserressourcen in Zentralasien, in der Mongolei und im Einzugsgebiet des Kharaa“</i>	<i>5</i>
2.2	WICHTIGSTE POSITIONEN DES ZAHLENMÄßIGEN NACHWEISES	14
2.3	NOTWENDIGKEIT UND ANGEMESSENHEIT DER GELEISTETEN ARBEIT	14
2.4	VORAUSSICHTLICHER NUTZEN, VERWERTBARKEIT DES ERGEBNISSES, FORTSCHREIBUNG DES VERWERTUNGSPLANS	15
2.5	FORTSCHRITT AUF DEM GEBIET DES VORHABENS BEI ANDEREN STELLEN	15
2.6	ERFOLGTE ODER GEPLANTE VERÖFFENTLICHUNGEN DES ERGEBNISSES	15
2.6.1	<i>Veröffentlichungen</i>	<i>15</i>
2.6.2	<i>Vorträge und Poster.....</i>	<i>16</i>
2.6.3	<i>Abschlussarbeiten</i>	<i>17</i>
3	UNTERSCHRIFT	18
1	ERFOLGSKONTROLLBERICHT	20
1.1	BEITRAG DES ERGEBNISSES ZU DEN FÖRDERPOLITISCHEN ZIELEN	20
1.2	WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHES ERGEBNIS DES VORHABENS, NEBEN-ERGEBNISSE UND GESAMMELTE, WESENTLICHE ERFAHRUNGEN	20
1.3	FORTSCHREIBUNG DES VERWERTUNGSPLANS.....	21
1.3.1	<i>Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen.....</i>	<i>21</i>
1.3.2	<i>Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende.....</i>	<i>21</i>
1.3.3	<i>Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase</i>	<i>21</i>
1.4	ARBEITEN, DIE ZU KEINER LÖSUNG GEFÜHRT HABEN.....	21
1.5	PRÄSENTATIONSMÖGLICHKEITEN FÜR MÖGLICHE NUTZER	22
1.6	EINHALTUNG DER AUSGABEN- UND ZEITPLANUNG.....	22
2	UNTERSCHRIFT	22

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: a) Räumliche Verteilung des mittleren jährlichen Niederschlags in Zentralasien (1971-2000) b) räumliche Übereinstimmung der Niederschlagsdatensätze ausgedrückt durch eine median Nash-Sutcliffe Effizienz für jede Rasterzelle im Bezugszeitraum.....	7
Abbildung 2: Räumliche Verteilung der Nash-Sutcliffe-Effizienz der Abflussmessstationen	7
Abbildung 3: simulierte mittlere jährliche Wasserverfügbarkeit im Zeitraum 1961 – 2100 (1961-2000 simuliert mit WFD, Szenario-Periode 2001-2100 simuliert mit drei globalen Zirkulationsmodellen und zwei IPCC Emissions-szenarien).	8
Abbildung 4: Robustheit der Wasserverfügbarkeitstrends (alle Zirkulationsmodelle zeigen die gleiche Richtung der Veränderung, Grenzwert von 5% für relative Veränderungen und 5 mm für absolute Werte) in der simulierten Wasserverfügbarkeit für die Zeitperiode 2071-2100 und die Emissionsszenarien A2 und B1.....	9
Abbildung 5: Sektorale Wasserentnahmen für die Baseline- (1971-2000) und die Szenarioperiode (2071-2100)	10
Abbildung 6: w.t.a. Indikator for die Baselineperiode (oben) und die Szenarioperiode (unten), die Szenarioperiode ist als prozentuale Veränderung zur Baselineperiode angegeben.	11
Abbildung 7: Eignung zentralasiatischer Einzugsgebiete zur Übertragung des IWRM-Konzeptes der Modellregion Kharaa	12
Abbildung 8: Anteil der einzelnen Finanzierungspositionen an den Gesamtaufwendungen	14

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Charakteristika der verwendeten Klimadatensätze	6
Tabelle 2: Für die Übertragbarkeitsstudie verwendete sozio-ökonomische und physiogeographische Parameter	12

1 Kurze Darstellung des Vorhabens

1.1 Aufgabenstellung

Im Rahmen dieses Teilprojektes lag der Fokus auf der großskaligen Modellierung der Wasserressourcen sowie des Einflusses des Klimawandels und anthropogener Wassernutzung. Die Analyse sowie Prognose der rezenten und zukünftigen Wasserressourcen für anthropogene und systemökologische Nutzungen bildete hierbei das Hauptinteresse. Folgende Zielstellungen waren in diesem Rahmen von besonderer Bedeutung:

- Quantifizierung der Auswirkungen des Klimawandels sowie sozio-ökonomischer Änderungen auf die Wasserressourcen Zentralasiens
- Eignung anderer Flusseinzugsgebiete in Zentralasien zur Übertragbarkeit der Ergebnisse des IWRM der Modellregion Kharaa
- Möglichkeit des Skalentransfers dominanter kleinskaliger Prozesse auf die großskalige Ebene
- Bereitstellung des MoMo-WebGIS und wasserbezogener Informationen für mongolische Stakeholder
- Zur Verfügung stellen der wissenschaftlichen Beobachtungen als Grundlage zur Entwicklung eines nachhaltigen Wassermanagements im Rahmen des IWRM

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Im Rahmen der ersten Phase des MoMo-Projektes wurden Schwachstellen der hydrologischen Modelle erkannt und diese verbessert. Hierbei zeigte sich das in der Untersuchungsregion größtenteils eine sehr geringe Datenbasis vorhanden ist und mit Hilfe der großskaligen Modellierung ein Überblick über die gesamte Region, insbesondere in Einzugsgebieten ohne Messstationen, gewonnen werden kann. Hierfür wurden verschiedene globale und regionale Klimadatensätze untersucht, um eine bestmögliche Modellierung der Wasserressourcen sicherzustellen. Weiterhin wurde in MoMo II eine Weiterentwicklung von WaterGAP3 mit einer räumlichen Auflösung von 5 Bogenminuten (~ 6x9 km) und detaillierteren Prozessabbildungen verwendet.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Im ersten Schritt wurde in einer Literaturrecherche -aufbauend auf der in MoMo I gesammelten Literatur- die Datenbasis aktualisiert, sowie Datenlücken identifiziert, die die Einbeziehung lokaler Stakeholder benötigten. Darauf aufbauend wurden mit dem Institut für

Hydrologie, Meteorologie und Umwelt sowie der mongolischen Wasserbehörde Kooperationsverträge geschlossen, um diese Datenlücken zu füllen. Hierbei wurden im Rahmen der Datenakquise insbesondere auf Abfluss- und Wassernutzungsdaten Wert gelegt, die für die Analyse der Wasserressourcen von immenser Bedeutung sind. Diese Daten wurden aufbereitet und in das Modell integriert, um daran anschließend die Simulationsläufe und Analysen durchzuführen. Die hydrologische Modellierung fokussierte auf dem Einfluss klimatischer und sozio-ökonomischer Veränderungen auf die Wasserressourcen Zentralasiens. Die Modellierung wurde hierbei in täglichen Zeitschritten von 1961-2100 durchgeführt.

Die gewonnenen Ergebnisse wurden im Rahmen von Statusworkshops sowie auf nationalen und internationalen Fachtagungen präsentiert und die gewonnenen Erkenntnisse in wissenschaftlichen Publikationen veröffentlicht.

Weiterhin wurden Abschlussarbeiten betreut, sowie Praktika und Schulungen für mongolische Studenten bzw. Mitarbeiter der Behörden organisiert und durchgeführt.

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

1.4.1 Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte

Für das Vorhaben wurden keine bestehenden Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte genutzt, da die an der Universität Kassel angesiedelten Arbeitspakete naturwissenschaftlich ausgerichtet sind und die Nutzung technischer Komponenten oder Verfahren für die Durchführung des Vorhabens nicht relevant war.

1.4.2 Verwendete Fachliteratur, Informations- und Dokumentationsdienste

Für das Gebiet der Mongolei bzw. Zentralasiens stehen nur begrenzt Daten zur Verfügung. In wenigen Regionen z.B. für das Einzugsgebiet des Aralsees ist eine gute wissenschaftliche Datenbasis vorhanden. In den meisten Regionen fehlt es vor allem an grundlegenden Informationen z.B. Abflussdaten, die benötigt werden, um die Modelle zu kalibrieren und zu validieren. Auch meteorologische Eingangsparameter stehen nur in einer unzureichenden Menge zur Verfügung. Im Rahmen eines Abkommens mit dem Institut für Hydrologie, Meteorologie und Umwelt konnten für dieses Projekt Abflusszeitreihen einiger mongolischer Stationen benutzt werden. Auch wurden im Rahmen des Abkommens mit der Wasserbehörde Daten zur historischen, aktuellen und erwarteten zukünftigen Wassernutzung bereitgestellt.

Für die klimatischen Eingangsdaten musste auf großskalige Klimadatenätze

zurückgegriffen werden, die in einem ersten Schritt bezüglich ihrer Eignung evaluiert wurden. Eine weitere Informationsquelle stellte das Internet bzw. die über das Internet zugänglichen Datenbanken verschiedener Institutionen dar, die Daten z.B. zur Landnutzung (Global Land Cover Characterization) und Bodenfeuchte (MODIS) enthalten und zur Ermittlung der benötigten physiogeographischen Parameter verwendet wurden.

Die verwendete Fachliteratur umfasst einschlägige Publikationen im Bereich Hydrologie und globaler Wandel in Zentralasien sowie Berichte der lokalen Behörden und wasserbezogenen Institutionen.

Weiterhin existierten zu Beginn des Projekts bereits Vorarbeiten am CESR der Universität Kassel, die genutzt werden konnten.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Ausführung der geplanten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wurde in Kooperation mit folgenden Partnern durchgeführt:

- Mongolische Wasserbehörde, Ulaanbaatar, (in Kooperation mit Dr. Buren Scharaw)
- Institut für Hydrologie, Meteorologie und Umwelt, Ulaanbaatar
- Terrestris GmbH & Co. KG, Bonn
- Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg – Professur Hydrogeographie und Klimatologie

2 Eingehende Darstellung des Vorhabens

2.1 Verwendung der Zuwendung und erzieltes Ergebnis

Die finanzielle Zuwendung wurde gemäß der Antragstellung bzw. des bewilligten Zuwendungsbescheides verwendet. Der weitaus überwiegende Teil der Zuwendung entfiel demnach auf die Wissenschaftlergehälter und die Reisemittel, insbesondere auf die nötigen Dienstreisen in die Mongolei. Hierbei wurde ein größerer Anteil an Reisemittel durch die sehr aufwendige Datenakquise notwendig. Die wesentlichen Arbeitsschritte sind im Folgenden erläutert und stimmen, sofern nicht näher kommentiert, mit den im Antrag formulierten Zielen überein.

2.1.1 Durchgeführte Arbeiten im Themenmodul Hydrologie und Landnutzung , Teilprojekt „Einfluss des globalen Wandels auf die Wasserressourcen in Zentralasien, in der Mongolei und im Einzugsgebiet des Kharaa“

Zur Vorbereitung des Modells WaterGAP3 wurden die -für die Berechnung der Szenarien- notwendigen Klimadaten aufbereitet und in das Modell implementiert. Hierbei wurden für die

Beurteilung der aktuellen Situation die Klimadaten der Climate Research Unit (CRU) in der Version TS 3.2 (Harris et al. 2013), die Niederschlagsdaten des Aphrodite´s water resources Project (Aphrodite, Yatagai et al. 2009, 2012), die Daten des Global Precipitation Climatology Centre (GPCC) Version 6 (Schneider et al. 2011), sowie die WATCH forcing data (WFD, Weedon et al. 2011, Weedon et al. 2012) verwendet (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Charakteristika der verwendeten Klimadatensätze

Datensatz	Räumliche Auflösung	Zeitliche Auflösung	Zeitperiode
Climate Research Unit TS 3.2 (CRU)	0.5°	Monatlich	1901-2011
Global Precipitation Climatology Centre version 6 (GPCC)	0.5°	Monatlich	1901-2010
WATCH forcing data (WFD)	0.5°	Täglich	1958-2001 (ERA 40) / 1979-2009 (ERA Interim)
Aphrodite´s water resources (Aphrodite)	0.25° / 0.5°	Täglich	1951-2007

Die Datensätze weisen hierbei große räumliche Unterschiede insbesondere in den gebirgigen Regionen auf (siehe Abbildung 1). Hierbei betragen die Abweichungen in den Eingangsdaten für den mittleren Niederschlag der Zeitperiode 1971-2000 bis zu 15%. Wesentlich größere Unterschiede ergeben sich bei einem Blick auf die maximalen Niederschlagswerte, hierbei betragen die Unterschiede zwischen den Datensätzen teilweise über 40%. Diese großen Unterschiede in den Eingangsdaten führen folglich auch zu großen Abweichungen in der modellierten Wasserverfügbarkeit.

Aus diesem Grund wurde für 102 Abflussmessstationen die Nash-Sutcliffe Effizienz (NSE) (Nash and Sutcliffe 1970) berechnet, um die Güte und Robustheit der Modellierung sowie die räumlichen Verteilungen insbesondere zwischen den verschiedenen Datensätzen zu analysieren. Hierbei zeigt sich eine gute Übereinstimmung zwischen den Datensätzen im Norden des Untersuchungsgebietes in den Einzugsgebieten des Ob, Irtysh und Tobol. Auf der anderen Seite weisen die Messstationen im Einzugsgebiet des Aralsees am Amur und Syr Darja eine sehr geringe NSE auf. Dies ist zum Großteil auf die starke anthropogene Nutzung des Einzugsgebietes insbesondere durch Bewässerung zurückzuführen. Die Mongolei ist im Gesamten durch eine geringe Stationsdichte gekennzeichnet und weist in weiten Teilen des Südens und Osten des Landes keine Messstationen auf. Die gilt auch für die chinesischen Bereiche des Untersuchungsgebietes sowie den Westen Kasachstans (Abbildung 2).

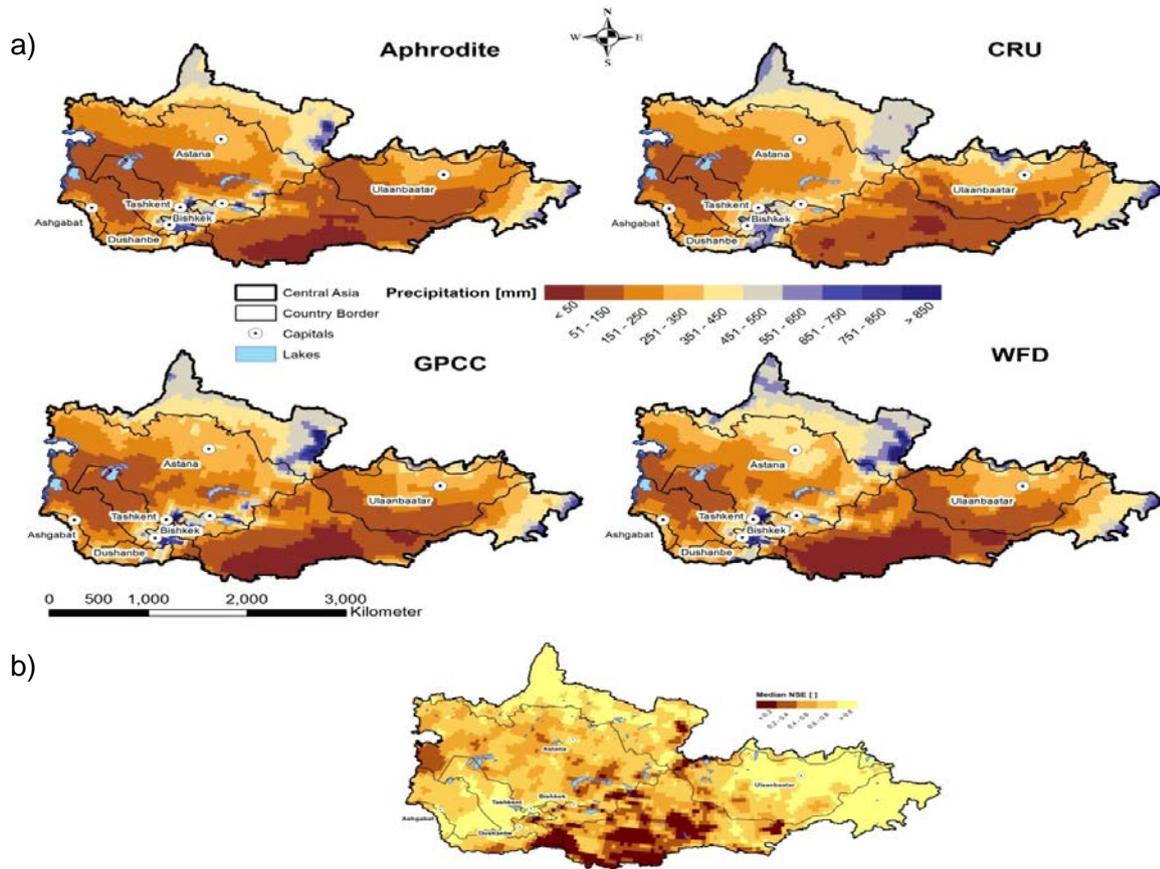


Abbildung 1: a) Räumliche Verteilung des mittleren jährlichen Niederschlags in Zentralasien (1971-2000) b) räumliche Übereinstimmung der Niederschlagsdatensätze ausgedrückt durch eine median Nash-Sutcliffe Effizienz für jede Rasterzelle im Bezugszeitraum

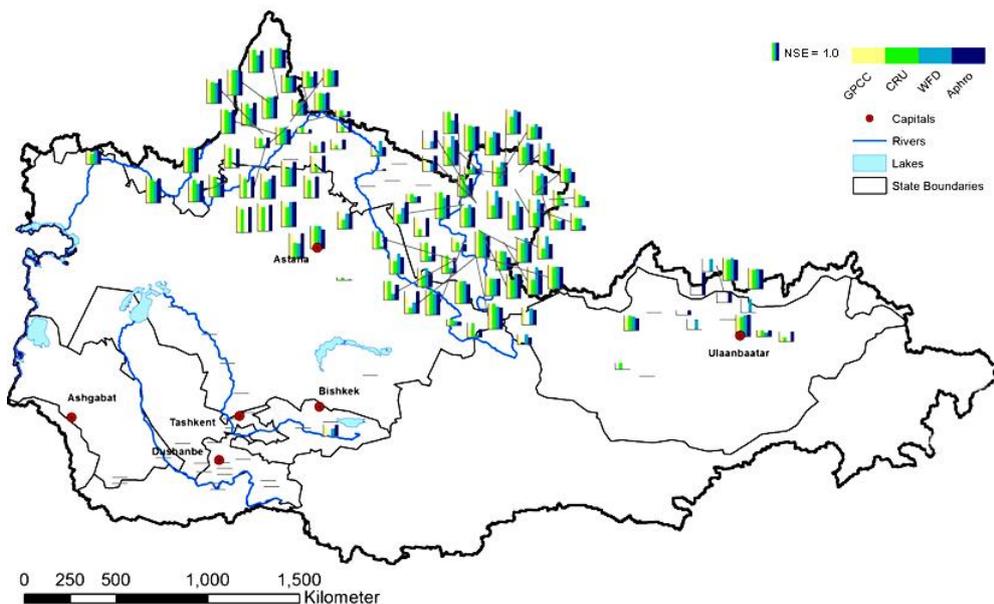


Abbildung 2: Räumliche Verteilung der Nash-Sutcliffe-Effizienz der Abflussmessstationen

Für die Modellierung der zukünftigen Wasserressourcen wurden tägliche, transiente, bias-korrigierte Klimaszenarien, die im Rahmen des EU-FP6-Projektes „WATER and Global Change“ entwickelt wurden, verwendet (Weedon et al. 2011). Diese Klimaszenarien beinhalten Werte für Niederschlag, Strahlung und Temperatur der globalen Zirkulationsmodelle CNRM-CM4, ECHAM5 und IPSL-CM4 für die IPCC – SRES Szenarien A2 und B1 (IPCC, 2000). Die Daten liegen bias-korrigiert für den Zeitraum 1960 bis 2100 in täglichen Zeitschritten und in einer räumlichen Auflösung von 0.5° vor. Für weitere Informationen bezüglich der Biaskorrektur siehe Hagemann et al. 2011 und Piani et al. 2010. Des Weiteren wurden für die Mongolei relevante physiographische Datensätze, zum Beispiel die Ausdehnung bewässerter Agrarflächen, kompiliert. Diese und weitere Datensätze wurden in Rücksprache mit dem Projektpartner Terrestris GmbH visuell und technisch aufbereitet, um sie in das MoMo WebGIS transferieren zu können.

Die Ergebnisse zeigen einen Anstieg der mittleren jährlichen Wasserverfügbarkeit in Zentralasien auf, im Besonderen für die Zirkulationsmodelle CNCM3 und IPSL (Szenario A2) in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts. ECHAM5 weist die geringste Steigerung auf und insbesondere für das Szenario B1 eine nahezu konstante Wasserverfügbarkeit ab der Zeitperiode 2021-2050 (vgl. Abbildung 3). Generell muss erwähnt werden, dass der Unterschied zwischen den Zirkulationsmodellen wesentlich höher ist als zwischen den Emissionsszenarien.

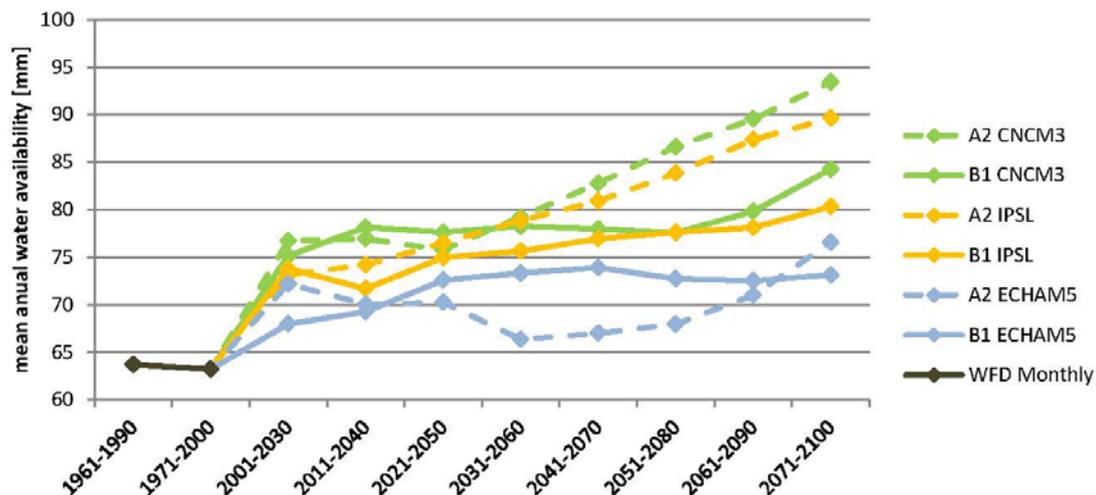


Abbildung 3: Simulierte mittlere jährliche Wasserverfügbarkeit im Zeitraum 1961 – 2100 (1961-2000 simuliert mit WFD, Szenario-Periode 2001-2100 simuliert mit drei globalen Zirkulationsmodellen und zwei IPCC Emissionsszenarien).

Ein Vergleich der Zeitperiode 1961-1990 der Reanalysedaten WFD mit den Daten der globalen Zirkulationsmodelle weist für die Temperaturkomponente für alle drei GCMs eine

große Homogenität - mit einer geringen Abweichung zu den gemessenen Daten - auf. Wesentlich inhomogener zeigt sich der Niederschlagsinput. Hier besteht zwischen der Kontrollperiode der GCMs und den gemessenen Daten eine deutliche Abweichung. Diese ist mit dem ECHAM5 Zirkulationsmodell am geringsten, so dass die Ergebnisse der mit dem ECHAM5 gerechneten Szenarien wahrscheinlich die plausibelsten Ergebnisse für Zentralasien liefern.

Die räumliche Analyse der Ergebnisse weist eine robuste Tendenz hin zu feuchteren Bedingungen vor allem im Norden des Untersuchungsgebietes sowie im Tarim Einzugsgebiet auf. Eine robuste Tendenz in Richtung trockener Bedingungen findet sich im Westen Kasachstan sowie im Aralsee Einzugsgebiet (Abbildung 4).

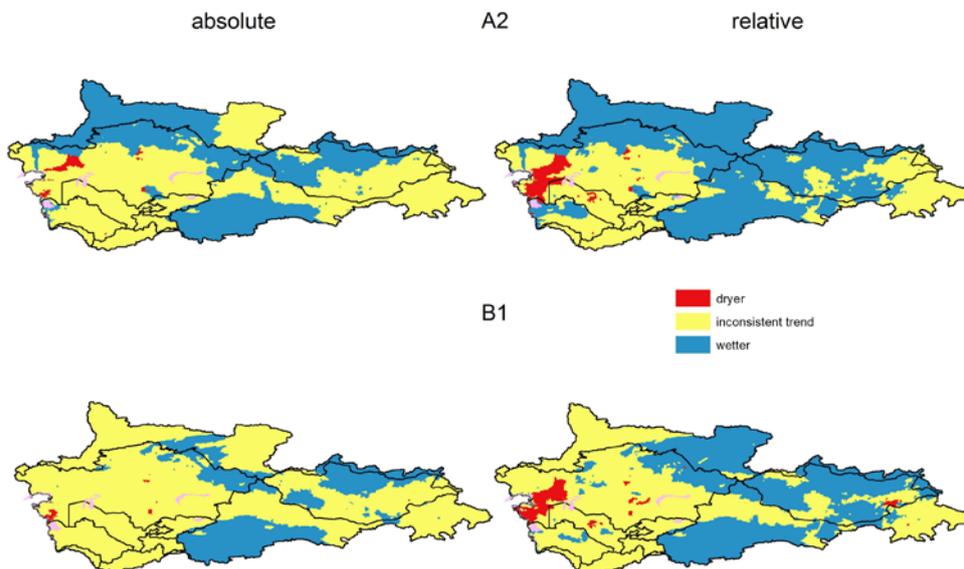


Abbildung 4: Robustheit der Wasserverfügbarkeitstrends (alle Zirkulationsmodelle zeigen die gleiche Richtung der Veränderung, Grenzwert von 5% für relative Veränderungen und 5mm für absolute Werte) in der simulierten Wasserverfügbarkeit für die Zeitperiode 2071-2100 im Vergleich zum Referenzzeitraum (Emissionsszenarien A2 (oben) und B1 (unten)).

Da in der laufenden Projektphase Klimawandelszenarien seitens des CESR entwickelt und modelliert werden, jedoch keine komplementären Informationen über die Entwicklung potentieller zukünftiger mongolischer sozio-ökonomischer Faktoren (insbesondere Landnutzungsänderungen) vorliegen, wurde eine Kooperation mit der Universität Bonn (Prof. Dr. Diekkrüger) vereinbart. Im Rahmen einer Diplomarbeit wurden komplementär zu den Klimawandelszenarien, explizite sozio-ökonomische Szenarien entwickelt, um die Auswirkungen von Klima- und Landnutzungsänderungen auf die mongolischen

Wasserressourcen zu untersuchen. Die Szenarien fußen auf nationalen Statistiken, vergangenen und rezenten Entwicklungen und teilen sich in die Szenarien „ökonomisches Wachstum“ und „nachhaltige Entwicklung“ auf. Darüber hinaus wurde der Einfluss veränderter Landbedeckung (z.B. Aufforstung) mit berücksichtigt und analysiert. Für die Wassernutzung wurden die Sektoren Nutztierhaltung, Bewässerung, thermische Elektrizitätsproduktion, private Haushalte, Industrielle Produktion sowie Bergbau untersucht. Im Bereich der Landnutzung überwiegt für das Basisjahr 2005 deutlich die landwirtschaftlich genutzte Fläche, während im Bereich der Wassernutzung die Sektoren Bergbau, Nutztierhaltung und private Haushalte die höchsten Wassermengen beanspruchen (siehe Abbildung 5). Weiterhin wurde mit Hilfe der Indikatoren w.t.a (withdrawal-to-availability ratio) und c.t.Q90 (water consumption-to-Q90 ratio) untersucht, in welchen Einzugsgebieten bei gegenwärtigen (1971-2000) und zukünftigen Bedingungen (2011-2040, 2041-2070, 2071-2100) Wasserstress auftritt bzw. auftreten könnte. Diese Veränderungen sind insbesondere in Ländern mit begrenzten Wasserressourcen (z.B. der Mongolei) von großer Bedeutung.

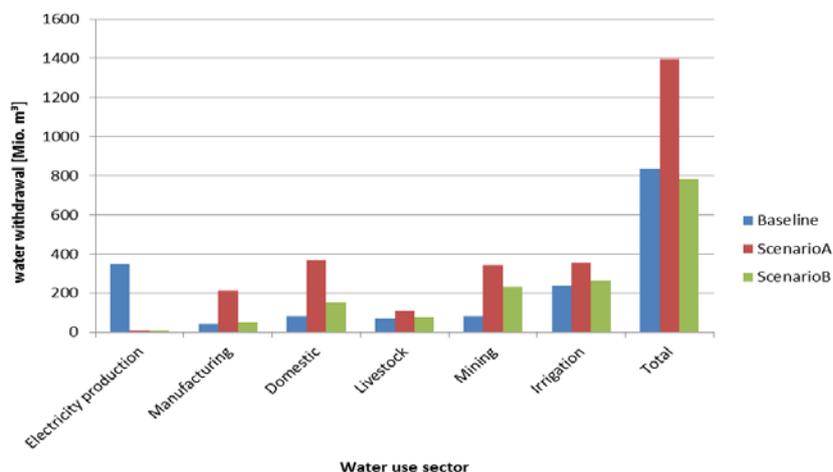


Abbildung 5: Sektorale Wasserentnahmen für die Baseline- (1971-2000) und die Szenarioperiode (2071-2100)

Die Ergebnisse zeigen einen deutlichen Anstieg des Wasserverbrauchs in den Wassernutzungssektoren industrielle Produktion, private Haushalte, Bergbau und Bewässerung bis zum Ende des 21. Jahrhunderts. Im Sektor Elektrizitätsproduktion ist eine deutliche Verringerung des Wasserverbrauchs durch die Umstellung von Durchfluss- auf Turmkühlung zu erwarten. Während sich der Gesamtverbrauch für das nachhaltige Szenario im Vergleich zur Baseline nur geringfügig ändert, steigt dieser im Szenario „ökonomischer Wachstum“ erheblich an. Dies führt insbesondere in dem die Hauptstadt Ulaanbaatar umgebenden Einzugsgebiet des Flusses Tuul zu einem deutlichen Anstieg des Wasserstress (w.t.a). Auch die Einzugsgebiete des Kharaa und Orkhon weisen im Falle des ökonomischen Szenarios deutliche Anstiege des Wasserstress (w.t.a) auf (siehe

Abbildung 6). Der Indikator c.t.Q90, der einen größeren Fokus auf Niedrigwasserabflüsse legt, weist bereits unter gegenwärtigen Bedingungen für weite Teile der Süd- und Südost-Mongolei Wasserstress auf. Dies ist vor allem auf die sehr geringen Niedrigwasserabflüsse zurückzuführen. Die Ergebnisse zeigen eine Abnahme des c.t.Q90 Indikators für den Südwesten der Mongolei, während vor allem im Südosten und im Einzugsbereich der Hauptstadt Ulaanbaatar der Wasserstress zunimmt. Dies ist in der Umgebung der Hauptstadt vor allem auf einen Anstieg der Wasserverbräuche zurückzuführen.

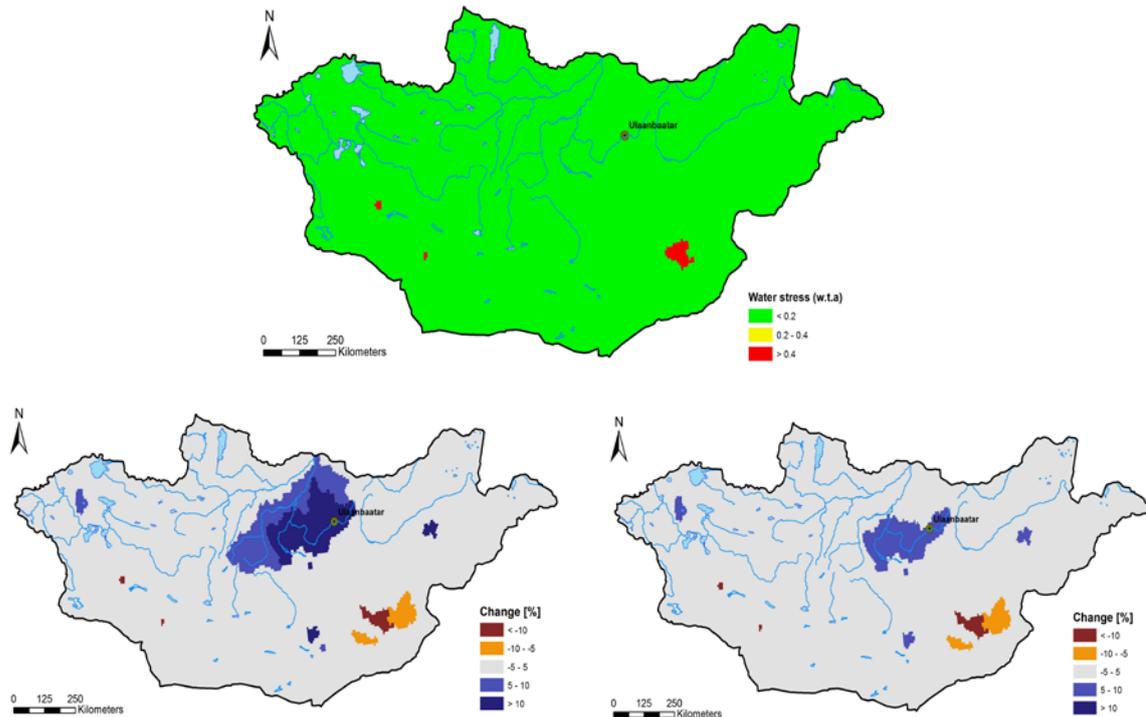


Abbildung 6: w.t.a. Indikator for die Baselineperiode (oben) und die Szenarioperiode (unten), die Szenarioperiode ist als prozentuale Veränderung zur Baselineperiode angegeben (Szenario „ökonomischer Wachstum“ unten-links, Szenario „nachhaltige Entwicklung“ unten-rechts).

Die Untersuchungen des Teilprojektes Regionale Hydrologie der Universität Heidelberg ergaben eine Dominanz der Abflussbildung an nordexponierten von Taigawäldern bedeckten Standorten, die oftmals von Permafrost unterlagert sind. Durch Waldbrände und eine damit verbundene Degradierung des Permafrostbodens wird die Hydrologie stark beeinflusst. Dies stellen wichtige Erkenntnisse dar, um diese Prozesse auf die großskalige Ebene und Regionen mit ähnlichen klimatischen und physiogeographischen Voraussetzungen zu übertragen.

Weiterhin wurde eine Studie zur Übertragbarkeit des MoMo IWRM-Konzeptes auf weitere Einzugsgebiete in Zentralasien durchgeführt. Hierbei wurde anhand physiogeographischer und sozio-ökonomischer Parameter die potentielle Eignung weiterer Einzugsgebiete mit der

Kharaa-Modellregion analysiert (Tabelle 2). Basierend auf diesen Parametern wurde mit Hilfe der Nash-Sutcliffe Effizienz die Eignung aller 1678 Einzugsgebiete in Zentralasien mit dem Kharaa Einzugsgebiet berechnet.

Tabelle 2: Für die Übertragbarkeitsstudie verwendete sozio-ökonomische und physiogeographische Parameter

Parameter	Art der Berechnung je Einzugsgebiet
Temperatur	Höhe in °C
Bevölkerungsdichte	Anzahl der Einwohner je km ²
Abflussverhältnis	Q10-Q90 / Qmean
Niederschlag - Abflussverhältnis	P / Q
Wasserstress	Verhältnis Wasserentnahme zu Wasserverfügbarkeit
Bruttoinlandsprodukt	BIP / Einw. / km ²
Anteil der städtischen und Landbevölkerung	Prozentualer Anteil

Hierbei zeigt sich, dass die beste Eignung zur Übertragbarkeit der Kharaa-Modellregion (>0.9) v.a. im Norden und Osten der Mongolei (Tuul, Orkhon, Selenga, Onon), sowie in einzelnen Einzugsgebieten im Südwesten der Mongolei und in Russland (vgl. Abbildung 7) zu finden ist. Auch können große Übereinstimmungen für weite Teile Nordkasachstans sowie den russischen Teil des Projektgebietes gefunden werden (Irtysch, Ob und Tobol). Die geringste Übereinstimmung konnte für die Einzugsgebiete in Tadschikistan, Usbekistan, Kirgistan, dem Nordwesten Chinas sowie weiten Teilen Kasachstans (vor allem Westen und Süden) ermittelt werden.

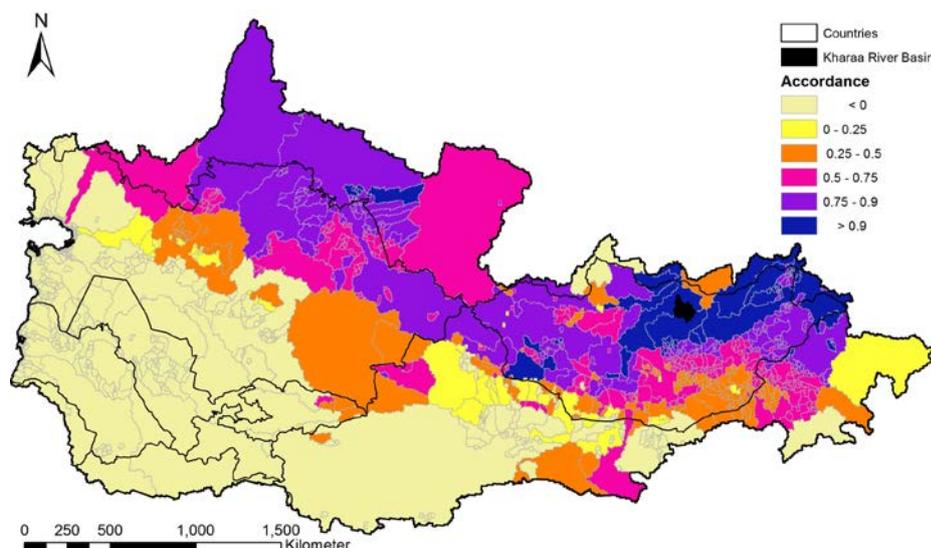


Abbildung 7: Eignung zentralasiatischer Einzugsgebiete zur Übertragung des IWRM-Konzeptes der Modellregion Kharaa

Capacity Building

In Kooperation mit dem deutschen Projektpartner Terrestris GmbH wurde das Geo-Datenportal (MoMo WebGIS) erstellt und an die mongolische Wasserbehörde übergeben. Das Datenportal wurde im Rahmen einer Schulung dem Administrator und den Mitarbeitern vorgestellt und über die implementierten Inhalte informiert. Im Rahmen des im Jahr 2011 geschlossenen Kooperationsvertrags mit dem mongolischen Institut für Meteorologie, Hydrologie, und Umwelt (IMHE) und dem deutschen Projektpartner Fraunhofer Institut Ilmenau wurde die Leiterin des IMHE Dr. Sarantuya nach Deutschland eingeladen. Im Fokus dieses Besuchs stand sowohl die Information über die wissenschaftliche Arbeit der deutschen und des mongolischen Projektpartners als auch die Erörterung weiterer Kooperationen. Die Arbeit des IMHE wurde hierbei von Dr. Sarantuya im Rahmen eines Kolloquiums an der Universität Kassel vorgestellt und diskutiert. Weiterhin wurde im Rahmen des Kooperationsvertrages ein Angestellter des Instituts für Hydrologie und Meteorologie (Dr. Oyunbaatar) im November 2011 im Rahmen einer Study Tour nach Deutschland eingeladen und durch das CESR wissenschaftlich begleitet. In Kooperation mit deutschen Projektpartnern (UFZ, IGB) wurde für September 2012 ein einwöchiges Geländepraktikum für mongolische Studenten vorbereitet.

Zitierte Literatur:

Hagemann, S., Chen, C., Haerter, J. O., Heinke, J., Gerten, D., and Piani, C.: Impact of a statistical bias correction on the projected hydrological changes obtained from three GCMs and two hydrology models, *J. Hydrometeorol.*, 12, 556–578, 2011.

Harris I, Jones PD, Osborn TJ, Lister DH (2013) Updated highresolution grids of monthly climatic observation—the CRU TS3.10 Dataset. *Int J Climatol.*

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): Emissions Scenarios, Nebojsa Nakicenovic and Rob Swart (Eds.), Cambridge University Press, UK, 570 pp., 2000.

Nash JE, Sutcliffe JV (1970) River flow forecasting through conceptual models part I—a discussion of principles. *J Hydrol* 10(3):282–290

Piani C, Weedon GP, Best M, Gomes SM, Viterbo P, Hagemann S, Haerter JO (2010) Statistical bias correction of global simulated daily precipitation and temperature for the application of hydrological models. *J Hydrol* 395:199–215.

Schneider U, Becker A, Finger P, Meyer-Christoffer A, Rudolf B, Ziese M (2011) GPCP Full Data Reanalysis Version 6.0 at 0.5° monthly land-surface precipitation from rain-gauges built on gtsbased and historic data

Weedon GP, Gomes S, Viterbo P, Shuttleworth WJ, Blyth E, Österle H, Adam JC, Bellouin N, Boucher O, Best M (2011) Creation of the WATCH Forcing data and its use to assess global and regional reference crop evaporation over land during the twentieth century. *J Hydrometeorol* 12:823–848.

Weedon GP, Gomes S, Balsamo G, Best MJ, Bellouin N, Viterbo P (2012) WATCH forcing data methodology applied to ERAInterim data.

Yatagai AO, Arakawa K, Kamiguchi H, Kawamoto M, Nodzu I, Hamada A (2009) A 44-year daily gridded precipitation dataset for Asia based on a dense network of rain gauges. *SOLA* 5:137–140.

Yatagai A, Kamiguchi K, Arakawa O, Hamada A, Yasutomi N, Kitoh A (2012) APHRODITE: constructing a long-term daily gridded precipitation dataset for Asia based on a dense network of rain gauges. *B Am Meteorol Soc* 93:1401–1415.

2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Anteile der verschiedenen Positionen des zahlenmäßigen Nachweises sind in Abbildung 8 dargestellt. Hierbei wird deutlich, dass der weitaus größte Teil der Kosten durch Personalausgaben entstanden sind, gefolgt von Ausgaben für Dienstreisen. Andere Finanzierungspositionen stellen nur einen geringen Anteil.

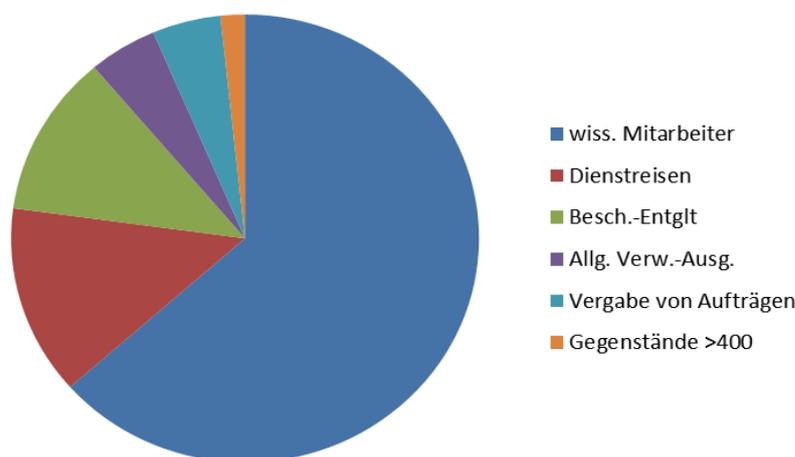


Abbildung 8: Anteil der einzelnen Finanzierungspositionen an den Gesamtaufwendungen

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die durchgeführten Arbeiten sowie die dafür aufgewandten Ressourcen waren notwendig und angemessen, da sie der im Projektantrag detailliert dargelegten Planung entsprachen und die im Arbeitsplan formulierten Aufgaben erfolgreich bearbeitet wurden. Weiterhin mussten keine weiteren Ressourcen aufgewendet werden.

2.4 Voraussichtlicher Nutzen, Verwertbarkeit des Ergebnisses, Fortschreibung des Verwertungsplans

Im Rahmen des Projektes wurden deutliche Fortschritte in der Modellierung zentralasiatischer Wasserressourcen erzielt. Diese Fortschritte und Ergebnisse können durch die Zusammenarbeit mit lokalen Entscheidungsträgern und Instituten direkte Anwendung in der Flussgebietsplanung finden und somit einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Nutzung der Wasserressourcen, insbesondere unter den zu erwartenden Einflüssen des klimatischen und sozio-ökonomischen Wandels liefern.

2.5 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Es liegen uns keine Informationen vor, dass an anderen Stellen ein Fortschritt bezüglich des Arbeitspaketes, erzielt wurde.

2.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

2.6.1 Veröffentlichungen

Karthe, D.; Chalov, S.; Malsy, M.; Menzel, L.; Theuring, P.; Hartwig, M.; Schweitzer, C.; Hofmann, J.; Priess, J.; Shinkareva, G.; Kasimov, N. (in review): Integrating Multi-Scale Data for the Assessment of Water Availability and Quality in the Kharaa - Orkhon - Selenga River System. *Geography, Environment, Sustainability*

Malsy, M.; aus der Beek, T.; Flörke, M. (2014): Evaluation of large-scale precipitation data sets for water resources modelling in Central Asia. *Environmental Earth Science* (in press)

Malsy, M.; Heinen, M.; aus der Beek, T.; Flörke, M. (2013): Water resources and socio-economic development in a water scarce region on the example of Mongolia. *Geo-Öko* 34(1-2), 27-49

Malsy, M.; Aus der Beek, T.; Heinen, M.; Flörke, M. (2013): Global Change impacts on Mongolian water resources. In: Chiffard, P.; Cyffka, B.; Karthe, D. & Wetzels, K.-F. (2013): Beiträge zum 44. Jahrestreffen des Arbeitskreises Hydrologie, pp. 95-98. Augsburg: Geographica Augustana.

Karthe, D.; Malsy, M.; Kopp, B.; Minderlein, S.; Hülsmann, L. (2013): Assessing water availability and its drivers in the context of an Integrated Water Resources Management (IWRM): A case study from the Kharaa river basin, Mongolia. *Geo-Öko* 34(1-2), 5-26

Malsy, M.; Aus der Beek, T.; Eisner, S.; Flörke, M. (2012): Climate change impacts on Central Asian water resources. *Advances in Geosciences* 32, 77-83

Aus der Beek, T.; Voß, F.; Flörke, M. (2011): Modelling the impact of global change on the hydrological system of the Aral Sea basin. *Physics and Chemistry of the Earth* 36, 684-694.

Aus der Beek, T.; Malsy, M. (2011): MoMo: Integriertes Wasserressourcen-Management in Zentralasien, Modell-Region Mongolei. *Hydrobrief* 52, 3-5

Malsy, M.; Aus der Beek, T.; Eisner, S.; Kynast, E.; Flörke, M. (2011): Vulnerability of Central Asian water resources to climate variability. IWA 1st Central Asian Regional Young and Senior Water Professionals Conference, 22.-24.09.2011, Almaty, Kazakhstan, Conference Proceedings, 103-114

2.6.2 Vorträge und Poster

Karthe, D.; Malsy, M.; Theuring, P. (2013): The Kharaa River Basin as a Model Region for the Baikal-Selenga Basin. International Conference "Baikal - a strategic resource of the planet in the XXI century", 7.-10.7.2013, Ulan-Ude, Russia.

Theuring, P.; Hartwig, M.; Schäffer, M.; Avlyush, S.; Karthe, D.; Malsy, M.; Rode, M. (2013): Cause and effect of fine sediment input into the Kharaa river system. International Conference "Baikal - a strategic resource of the planet in the XXI century", 7.-10.7.2013, Ulan-Ude, Russia.

Malsy, M.; Aus der Beek, T.; Flörke, M. (2013): Uncertainties in hydrological modelling and its consequences for water management in Central Asia. European Geosciences Union General Assembly 2013, 08-12 April 2013, Vienna, Austria

Malsy, M.; Aus der Beek, T.; Flörke, M. (2013): Global Change Implications on Mongolian Water Resources. Status conference "Integrated water resource management in Central Asia: Model region Mongolia", 16.-18.04.2013, Ulaanbaatar, Mongolia

Malsy, M.; Aus der Beek, T. (2012): Einfluss des Globalen Wandels auf die Wasserressourcen Zentralasiens. 44. Jahrestreffen des Arbeitskreis Hydrologie, WasserCluster, Lunz am See, Niederösterreich, 15.-17.11.2012

Aus der Beek, T.; Malsy, M. (2012): Global change impacts on Central Asian water resources. 32nd International Geographical Congress, 26.-30.08.2012, Cologne, Germany

Malsy, M.; Aus der Beek, T.; Flörke, M. (2012): Climate Change Impacts on Mongolian Water Resources. Status-Conference "Integrated water resource management in Central Asia: Model region Mongolia" Phase 2, 15.-17.05.2012, Darkhan, Mongolia

Aus der Beek, T.; Malsy, M. (2012): Hydrological implications of climate change in Central Asia. Status conference "Integrated water resource management in Central Asia: Model region Mongolia", 15.-17.05.2012, Darkhan, Mongolia

Malsy, M.; Aus der Beek, T.; Flörke, M. (2012): Einfluss des Klimawandels auf die Wasserressourcen der Mongolei. 10. Doktorandenworkshop zur hydrologischen Modellierung, 12.-14.04.2012, Jena, Deutschland

Aus der Beek, T.; Flörke, M.; Kynast, E. (2011): Modelling the impact of Global Change on the hydrological system of the Aral Sea basin. International Conference on IWRM: Management of Water in a Changing World - Lessons Learnt and Innovative Perspectives, 12.-13. Oct. 2011, Dresden, Germany.

Malsy, M.; Aus der Beek, T.; Eisner, S.; Kynast, E.; Flörke, M. (2011): Einfluss des Klimawandels auf die Wasserressourcen Zentralasiens. 15. Workshop Großskalige Hydrologische Modellierung, 2.-4.11.2011, Innsbruck, Austria

Malsy, M.; Aus der Beek, T.; Eisner, S.; Kynast, E.; Flörke, M. (2011): Vulnerability of Central Asian water resources to climate variability. IWA 1st Central Asian Regional Young and Senior Water Professionals Conference, 22.-24.09.2011, Almaty, Kazakhstan

Malsy, M.; Aus der Beek, T.; Flörke, M. (2011): Sensitivity of water availability in Central Asia with respect to various climate datasets in particular the input parameter precipitation. European Geosciences Union General Assembly 2011, 03-08 April 2011, Vienna, Austria

Malsy, M.; Aus der Beek, T.; Flörke, M. (2011): Sensitivität der modellierten Wasserverfügbarkeit in Zentralasien hinsichtlich der Nutzung verschiedener Klimadatensätze. 9. Doktorandenworkshop zur hydrologischen Modellierung, 28.-29.04.2011, Bern, Switzerland

Malsy, M.; Aus der Beek T.; Flörke M. (2011): Sensitivity of modeled water availability in Central Asia with respect to various climate datasets. Tag der Hydrologie, Technische Universität Wien, 24.-25.03.2011

Aus der Beek, T.; Malsy, M.; Voß, F. (2010): Global change impacts on Central Asian water resources. Kick-off conference "Integrated water resource management in Central Asia: Modelregion Mongolia" Phase 2, Ulaanbaatar, Mongolia, 21.-22.09.2010

2.6.3 Abschlussarbeiten

Aus der Beek, Tim: Large scale modelling of irrigation water use and its impact on water resources. Dissertation am geographischen Institut der Universität Heidelberg, 2012.

Heinen, Monika: Modellierung der Auswirkungen von Landnutzungsänderungen auf die Wasserressourcen der Mongolei im Zeitraum 1971-2100, mit Hilfe WaterGAP3. Diplomarbeit am geographischen Institut der Universität Bonn, 2012.

3 Unterschrift

Kassel, den 30.05.2014

Dr. Martina Flörke

(Projektleiterin)