

# Abschlussbericht für das Verbundvorhaben IWRM MoMo, Phase 2



*Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor*

---

**Zuwendungsempfänger:**

Universität Heidelberg

Geographisches Institut, Professur für Hydrogeographie und Klimatologie

**Förderkennzeichen:**

033L003C

---

**Vorhabenbezeichnung:**

Verbundvorhaben: IWRM MoMo 2 – Integriertes Wasserressourcen Management in Zentralasien: Modellregion Mongolei – zweite Projektphase

**Themenmodul Hydrologie und Landnutzung, Teilprojekt Regionale Hydrologie**

---

**Laufzeit des Vorhabens:**

01.05.2010 – 31.12.2013

---

## I. Kurze Darstellung zu

### 1. Aufgabenstellung

Dieses Teilprojekt hatte zur Aufgabe, die derzeitigen und künftigen, unter veränderten Landbedeckungen und klimatischen Bedingungen zu erwartenden, hydrologischen Charakteristika der Projektregion (Einzugsgebiet des Kharaa und wassergenerierende Zone im Khentii Gebirge, insbesondere Sugnugur-Gebiet) zu bestimmen. In diesem Rahmen waren insbesondere folgende Zielstellungen von Relevanz:

- die Quantifizierung des Wasserhaushaltes und die Bestimmung der relevanten Wasserflüsse in der Region, insbesondere des Niederschlages, der Verdunstung und des Abflusses auf Basis von umfassenden Forschungsaufenthalten
- Die detaillierte Untersuchung der wichtigsten abflussgenerierenden Prozesse in verschiedenen Ökozonen der Region, vor allem im Oberlauf des Kharaa
- Untersuchungen zur Auswirkung von Landbedeckungs- und Klimaveränderungen auf die Wassersituation (Wasserverfügbarkeit) der Region
- Die Bereitstellung wasserbezogener Informationen für den Stakeholder-Prozess des Gesamtprojektes

- Die Bereitstellung wissenschaftlicher Erkenntnisse als Diskussionsgrundlage um ein nachhaltiges Wassermanagement in der Projektregion abzuleiten und für die Ausweisung von Wasserschutzgebieten im Kontext des IWRM
- Die Beteiligung an lokalen und regionalen Ausbildungsmaßnahmen (*capacity development*)

## **2. Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Phase 1 von MoMo diente dazu, die grundlegenden, hydro-klimatischen Verhältnisse der Projektregion kennenzulernen und erste Simulationsstudien mit den hydrologischen Modellen HBV-D und TRAIN durchzuführen. Dabei zeigte sich, dass für notwendige Detailstudien (Datenanalyse, Erweiterung der Prozesskenntnisse, Modellentwicklung, Erstellen von Szenarien) die vorhandene Datenbasis zu gering ist. Um die hydrologische Situation des Projektgebietes besser analysieren zu können, waren daher Feldstudien mit der Einrichtung eines längerfristig angelegten Monitoringprogramms unerlässlich. Diese Studien konzentrierten sich schwerpunktmäßig auf den Oberlauf des Kharaa Gebietes, weil – wie die Untersuchungen in MoMo 2 deutlich bestätigten – die Quellregion des Kharaa eine herausragende Funktion bezüglich der Wasserverfügbarkeit des Gesamtgebietes spielt. Außerdem sollten die Erkenntnisse dem Aufbau eines Schutzgebietsprogramms im Rahmen des IWRM Vorschub leisten. Schließlich fehlten zu Beginn des Projektes belastbare Aussagen zu Umweltänderungen und deren Einflüssen auf die hydro-ökologischen Verhältnisse in der Untersuchungsregion.

## **3. Planung und Ablauf des Vorhabens**

- Durchführung von Literaturrecherchen, Entwicklung eines Monitoring-Netzwerkes
- Bestellung, Test und Kalibrierung der Messgeräte sowie Durchführung von Testphasen zur Sicherstellung der Funktionalität
- Logistische Abwicklung des Transportes der benötigten Ausrüstung sowie der wissenschaftlichen Instrumente
- Aufbau eines Monitoringprogramms im Oberlauf mit einer Hauptstation im Dauerbetrieb und Durchführung umfassender Messkampagnen (Sommer 2011-2013) mit dem Aufbau zusätzlicher Messstationen und manuelle Messungen im Oberlauf des Kharaa / Einzugsgebiet des Sugnugur im Khentii-Gebirge
- Datenaufbereitung und -auswertung sowie Durchführung von Analysen zur Identifizierung und Quantifizierung hydro-ökologischer und hydro-meteorologischer Prozesse
- Hydrologische Modellierung möglicher Auswirkungen von Klima- und Landbedeckungsveränderungen

- Teilnahme an MoMo-Statustreffen sowie Präsentation der Ergebnisse auf Fachtagungen (national und international)
- Organisation und Durchführung von Maßnahmen des *capacity development* (Vorlesungen und Praktika für mongolische Studenten, Informationsveranstaltungen für Lehrer und Multiplikatoren sowie für Ranger des Khan Khentii-Nationalparks, Exkursion mit deutschen Studenten)
- Betreuung von Abschlussarbeiten
- Verfassen wissenschaftlicher Publikationen

#### **4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

Das MoMo1-Arbeitspaket „Einfluss des globalen Wandels auf die Wasserressourcen in Zentralasien, in der Mongolei und im Einzugsgebiet des Kharaa“ zielte darauf ab, sowohl für die Mongolei und Zentralasien als auch für die Modellregion (Kharaa Einzugsgebiet) die grundlegenden hydrologischen Bedingungen und die Wasserverfügbarkeit unter Berücksichtigung von Klima- und Landbedeckungsänderungen zu ermitteln. Auf Basis dieser Untersuchungen zeigte sich, dass die Quellflüsse des Kharaa im Khentii Gebirge eine herausragende Rolle für die Wasserverfügbarkeit im gesamten Kharaa Einzugsgebiet spielen. Aufgrund des völligen Fehlens von meteorologisch, hydrologisch und ökologisch relevanten Langzeitmessungen war es schwierig, den aktuellen Status und die Entwicklungen in der Quellregion des Kharaa nachzuvollziehen und etwaige Klima- und Landbedeckungsänderungen zu bewerten. Die damals zur Verfügung stehende Fachliteratur bestand aus Veröffentlichungen im Bereich hydro-meteorologischer Fragestellungen in der Mongolei, sowie in Gebieten mit ähnlichen ökologischen und klimatischen Rahmenbedingungen weltweit, lieferte zu den genannten Aufgabenstellungen jedoch keine Beiträge (es existiert vermutlich ältere, russischsprachige Literatur zu einzelnen Fragestellungen, die jedoch nicht frei zugänglich ist, Übersetzungen ins Deutsche oder Englische fehlen). Insgesamt gesehen war der wissenschaftliche Stand, an den damals angeknüpft wurde, bezüglich der Fragestellungen des Vorhabens nur rudimentär ausgeprägt.

#### **5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

##### **a) In der Mongolei**

- Nationaluniversität der Mongolei (NUM), Department of Ecology: Herr Prof. Dr. Boldgiv, Herr Prof. Dr. Martin Pfeiffer
- Nationaluniversität der Mongolei (NUM), Faculty of Earth Sciences: Herr Dr. Altansukh, Frau Buyankhand, Frau Gongor
- Nationaluniversität der Mongolei (NUM), Department of Forest Science: Herr Prof. Dr. Baatarbileg

- Mongolische Technische Hochschule (MUST), Fakultät für Bauingenieurwesen und Architektur: Herr Prof. Dr. Otgonbayar, Herr Prof. Dr. Basandorj, Herr Nasanbayar
- Mongolische Akademie der Wissenschaften, Geographisches Institut: Herr Dr. Jambaljav, Herr Dr. Batkhishig
- National Agency for Hydrology, Meteorology and Environment Monitoring of Mongolia: Herr Tseesodroltsoo
- Institut für Meteorologie, Hydrologie und Umwelt der Mongolei: Frau Dr. Sarantuya; Herr Dr. Davaa
- WWF Mongolei: Herr Dr. Chimed-Ochir, Herr Dr. Purevdorj

### **b) In Deutschland**

- Institut für Umweltphysik, Universität Heidelberg: Herr Prof. Dr. Kurt Roth
- Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Potsdam: Frau PD Dr. Julia Boike, Herr Dr. Moritz Langer
- Professur für Hydrologie, Universität Freiburg: Herr Dr. Jens Lange
- Albrecht-von-Haller-Institut für Pflanzenwissenschaften, Universität Göttingen: Frau Dr. Dulamsuren
- Center for Nature Conservation, Universität Göttingen: Herr Prof. Dr. Mühlberg

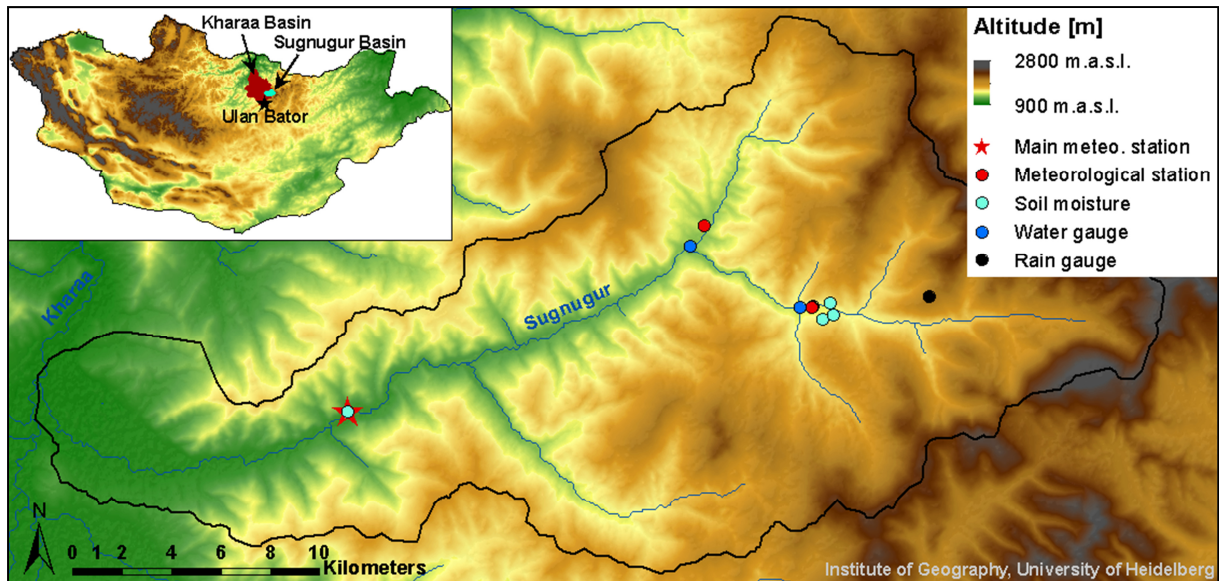
### **c) International**

- Deutscher Entwicklungsdienst und FAO: Herr Alexander Gradel
- Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit: Herr Hoffmann
- Hustai National Park Trust: Herr Dr. Steinhauer-Burkart
- Global Fire Monitoring Center: Herr Prof. Dr. Goldammer, Herr Dr. Oyunsanaa

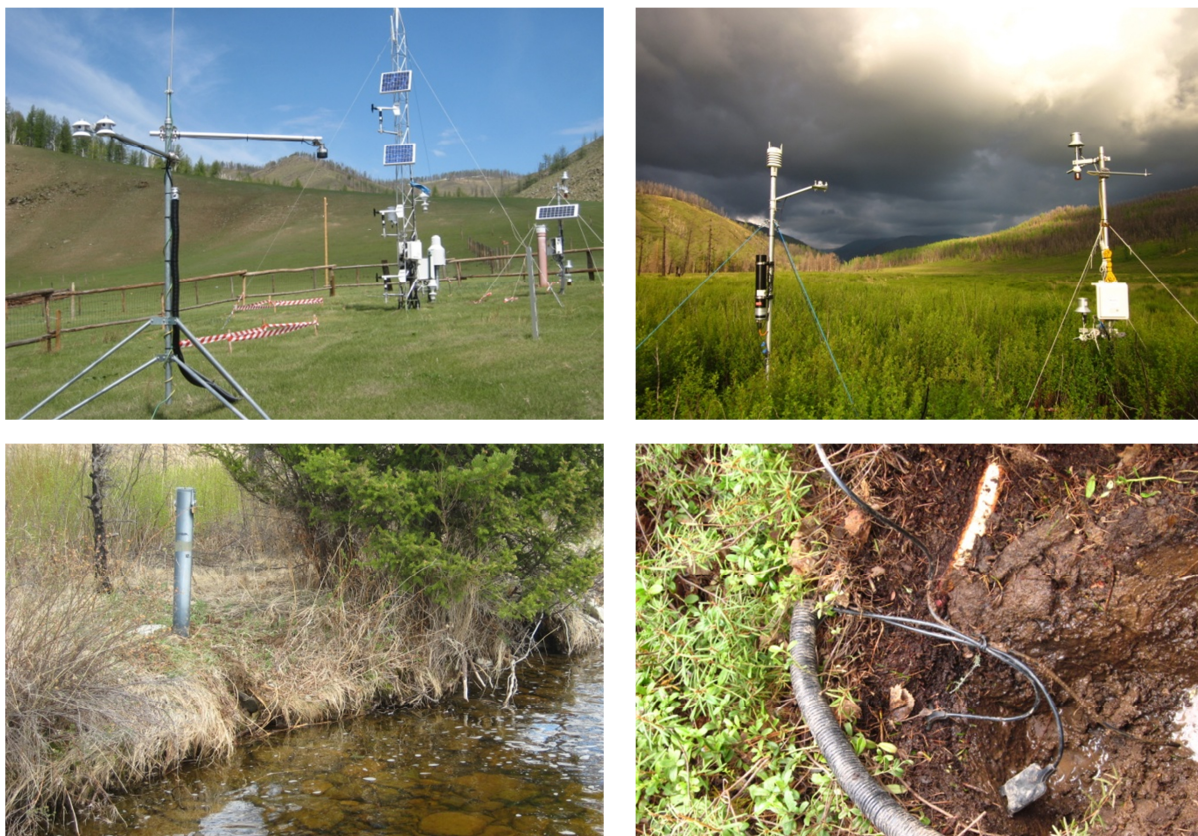
## **II. Darstellung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse im Einzelnen**

### **1. Übersicht über hydro-meteorologische Prozesse der westlichen Randbereiche des Kharaa Einzugsgebietes im Khentii Gebirge**

Den Oberlauf des Kharaa im Khentii Gebirge, im speziellen der Sugnugur, spielt als Quellregion eine herausragende Funktion bezüglich der Wasserverfügbarkeit des Gesamtgebietes. Eines der wichtigsten Ergebnisse unserer Projektarbeiten ist die Quantifizierung hydrologischer Kompartimente wie Niederschlag, Verdunstung und Abfluss in einem abgelegenen Gebiet des Khan Khentii Nationalparks mit Hilfe eines umfassenden hydro-ökologischen und hydro-meteorologischen Monitoringnetzwerkes (Abbildung 1, 2).



**Abbildung 1:** Untersuchungsgebiet am Oberlauf des Kharaa, im Sugnugur-Einzugsgebiet, ca. 100 km nördlich der Hauptstadt Ulan Bator (kleines Bild). Auf der großen Karte sind die Standorte der verschiedenen Meßstationen im Sugnugur-Gebiet dargestellt



**Abbildung 2:** Ansichten der stationären hydro-meteorologischen Station am Unterlauf des Sugnugur (oben links), der temporären meteorologischen Station sowie der Psychrometer-Station am Oberlauf (oben rechts), einer Pegelstation (unten links) sowie Wartung eines Bodenfeuchtemessfeldes (unten rechts).

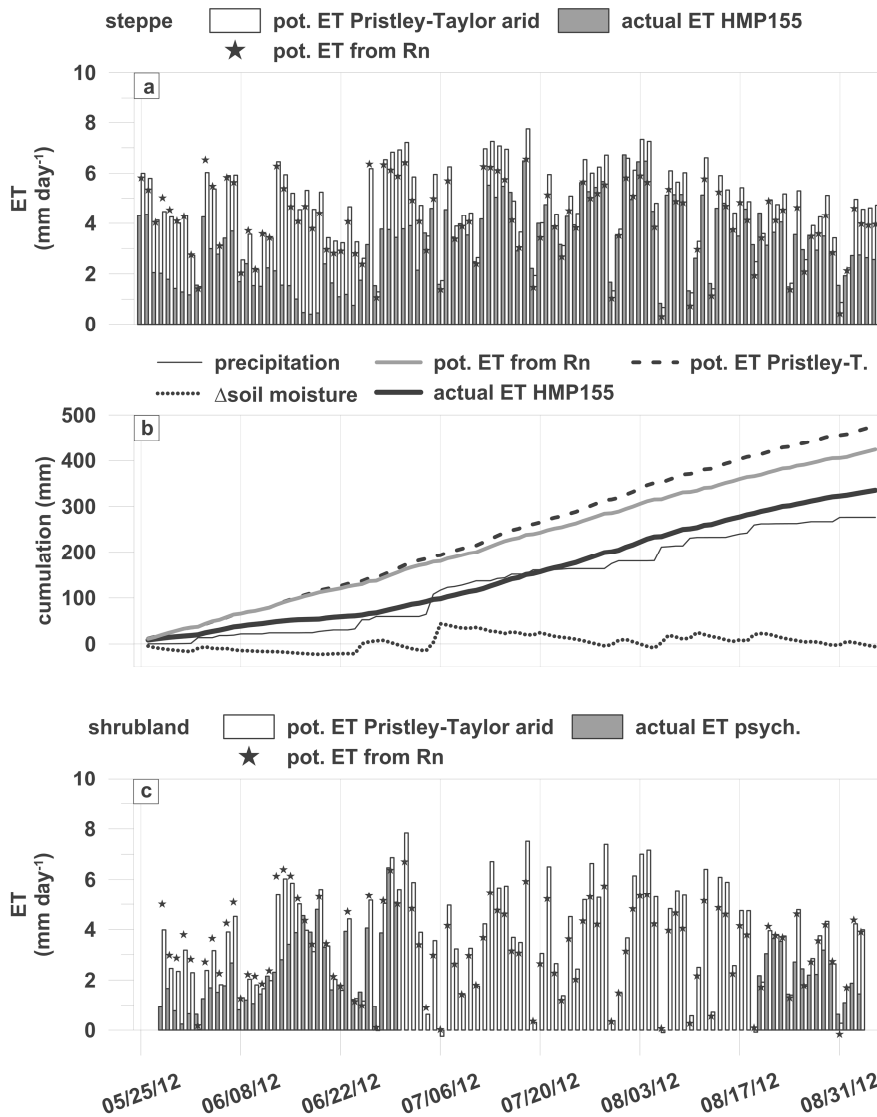
Dieses beinhaltet diverse meteorologische Stationen, stationäre Bodenfeuchte- und Bodentemperaturmessfelder, Pegelmessstellen sowie eine Vielzahl manueller Messungen im Zuge umfassender Geländeaufenthalte im Zeitraum von 2010 bis 2014 (Abbildungen 1, 2).

Das semi-aride Projektgebiet liegt inmitten der, gegenüber Klimaerwärmung und Landbedeckungsveränderungen äußerst sensiblen, Gebirgswaldsteppe. Diese von diskontinuierlichem Permafrost unterlagerten Ökosysteme stellen die bedeutendsten Quellgebiete des Kharaa dar und tragen somit erheblich zum Wasserdargebot im Mittel- und Unterlauf des Kharaa bei. Mit Hilfe der erstellten Wasserbilanz konnten die wichtigsten abflussgenerierenden Prozesse und Kompartimente der Gebirgswaldsteppe identifiziert werden. So übersteigt die Summe der Verdunstung die Niederschlagssumme an südexponierten Steppenstandorten während der Sommermonate (Abbildung 3), was zu einer temporären Wasserlimitierung führt (bis unterhalb des permanenten Welkepunktes) und somit die Verbreitung von Steppenvegetation fördert.

Da gleichzeitig 70% des Jahresniederschlages während der Sommermonate fällt, können Steppenstandorte somit, bis auf Extremereignisse, für die Abflussbildung vernachlässigt werden. Ein Großteil des Abflusses wird demnach in den von ausgedehnten Wäldern bedeckten und von Permafrost unterlagerten, nordexponierten Standorten generiert. Auch die in höheren Lagen dominierenden Blockschutthalden liefern einen wichtigen Beitrag zur Gesamtwasserverfügbarkeit.

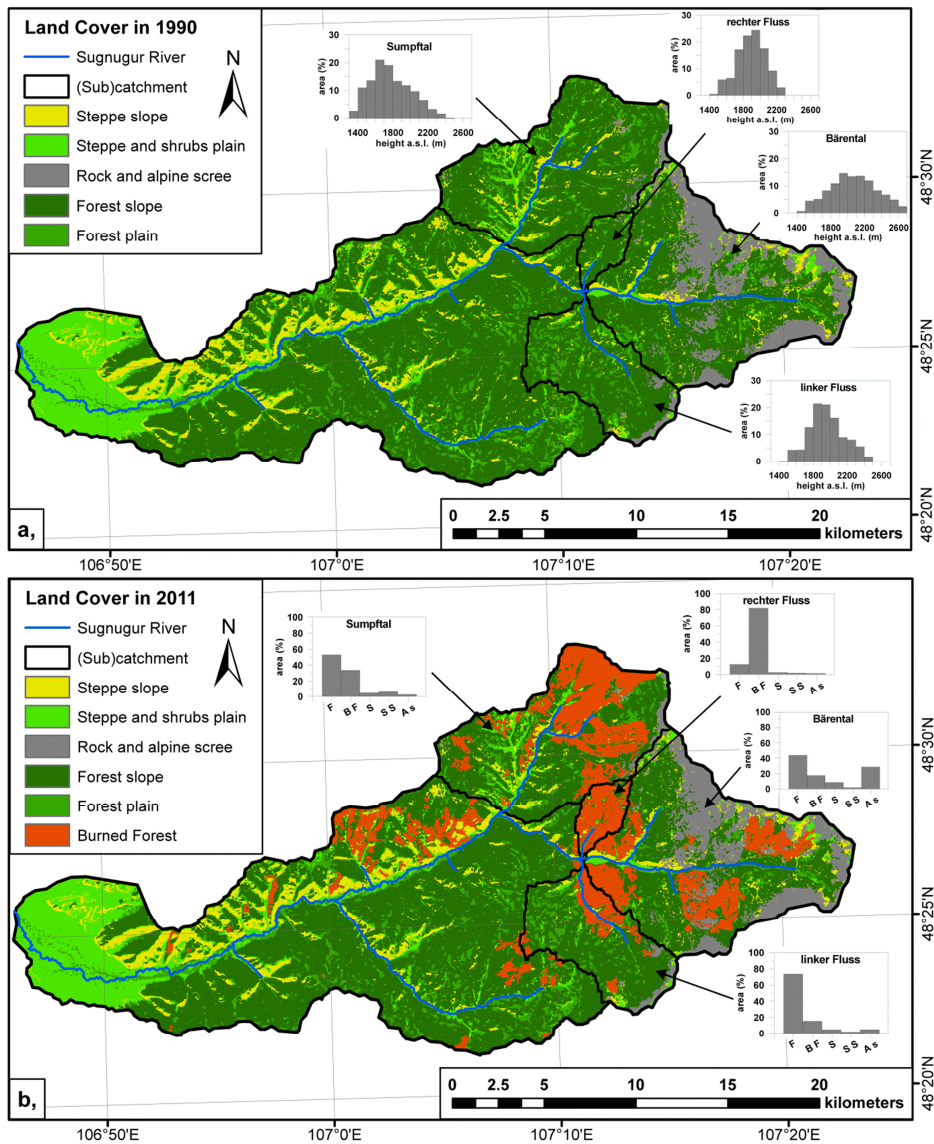
## **2. Auswirkungen des Klimawandels und direkter, menschlicher Einflüsse auf die Gebirgswälder bzw. die Gebirgswaldsteppe**

Aufgrund der anhaltenden Klimaerwärmung seit den 1940er Jahren und des verstärkten Landnutzungswandels seit dem Zusammenbruch der sozialistischen Marktwirtschaft zu Beginn der 1990er Jahre gerät die Gebirgswaldsteppe zunehmend unter Druck. Erhöhte Temperaturen während der Sommermonate führen zu einem Anstieg der Verdunstung und einer Ausweitung von Trockenperioden. Trockenere Bedingungen resultieren in verschlechterten Bedingungen für Waldwachstum und somit in einem Nettoverlust der Waldfläche und einer Ausbreitung von Steppe. Gleichzeitig nimmt die Ausbreitung von Waldbrandflächen seit den 1990er Jahren zum Teil drastisch zu (Abbildung 4). Durch den Verlust der Vegetation nach Bränden, insbesondere der Bäume und der isolierenden organischen Auflage aus Moosen, wird die Bodenbeschattung und die Albedo reduziert, während sich die Nettoeinstrahlung erhöht. Gleichzeitig verändern sich bodenspezifische Eigenschaften wie die thermische Leitfähigkeit und die Wärmekapazität. Diese Prozesse führen somit letztlich zu einem signifikanten Anstieg der Bodentemperaturen um bis zu Faktor 2 im Vergleich zu einem intakten Waldstandort. Eine Degradierung des unterliegenden Permafrostes ist die Folge (Abbildung 5).



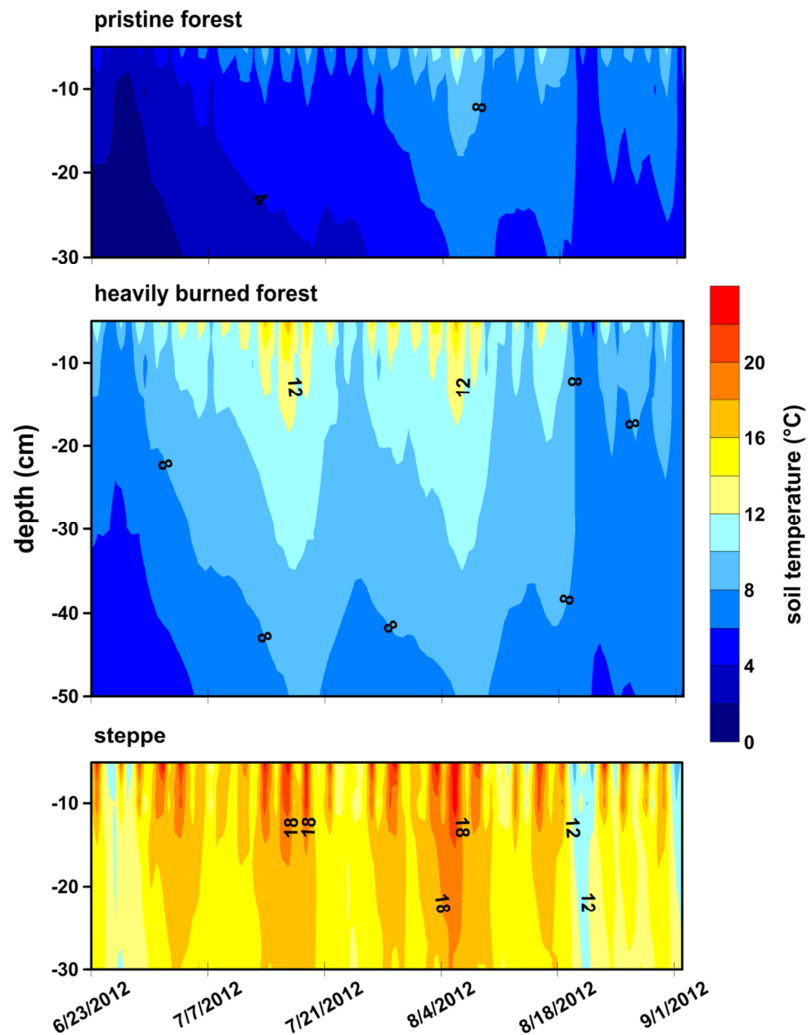
**Abbildung 3:** Vergleich zwischen der potentiellen Verdunstung (ET) (nach Priestley-Taylor, und abgeleitet von der Nettostrahlung (Rn)) und der gemessenen aktuellen ET für einen Steppen- (a,) und einen von Buschvegetation dominierten Auenstandort (c). Zusätzlich sind für den Steppenstandort kumulativ der Niederschlag, die Änderung der Bodenwassergehalte und die potentielle und aktuelle ET dargestellt (b).

Über eine Reihe von rückgekoppelten Prozessen wird schließlich das Wasserrückhaltevermögen des Gebietes verringert und es kommt zu Aridisierung und Versteppung der vormals so wichtigen Wasserspeicher, was sich schließlich auch auf die Wasserverfügbarkeit der Gebirgsvorländer im Mittel- und Unterlauf des Kharaa auswirkt. Diese semi-ariden Steppengebiete sind vergleichsweise dicht besiedelt, d.h. insbesondere dort ist der Wasserbedarf für menschliche Nutzungen hoch. Waldbrände können somit, je nach Intensität, den Prozess der Versteppung beschleunigen, mit nachhaltigen Auswirkungen auf das zukünftige Wasserdargebot.



**Abbildung 4:** Landbedeckung von vier ausgewählten Teileinzugsgebieten innerhalb des Sugnugur-Einzugsgebietes. Dargestellt ist die Ausbreitung der verschiedenen Vegetationsklassen für das Jahr 1990 (a) und 2011 (b). Auffallend ist die massive Zunahme von Waldbränden, insbesondere in den oberen Quellgebieten des Sugnugur-Flusses. Die kleinen Balkendiagramme zeigen die topographische Verteilung der einzelnen Teileinzugsgebiete (a) sowie die prozentualen Anteile der verschiedenen Vegetationsklassen (F = Wald, BF = verbrannter Wald, S = Steppe, SS = Steppe und Buschvegetation, As = alpiner Blockschutt) im Jahr 2011.

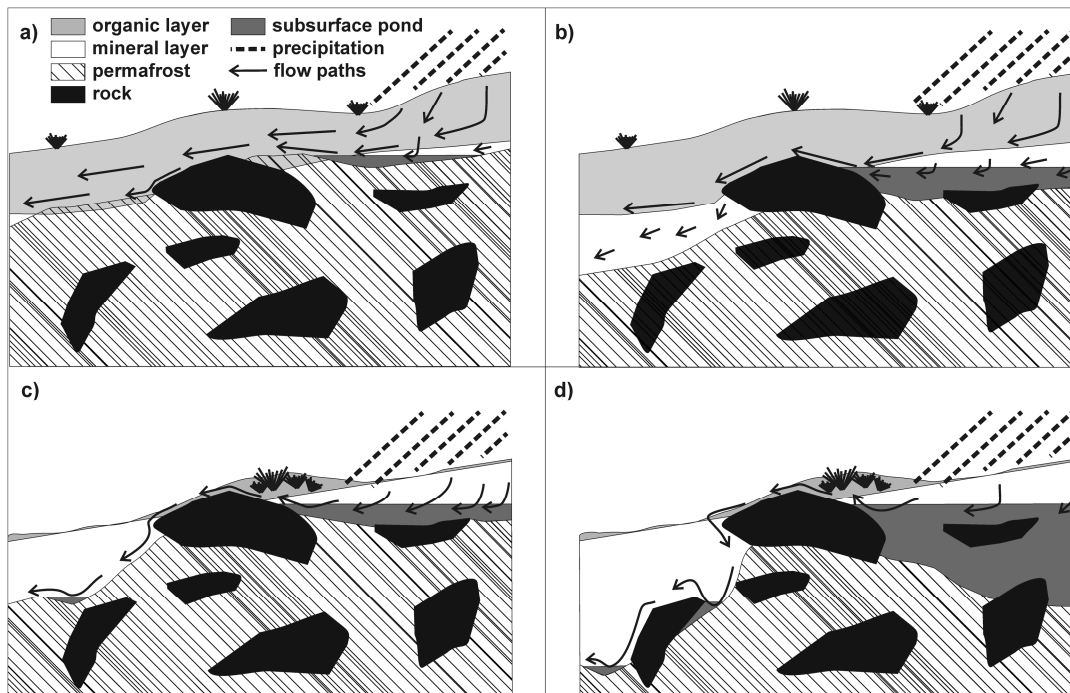




**Abbildung 5:** Mittlere gemessene Bodentemperaturen ( $n = 3$ ) in -5, -10 und -30 cm Tiefe in einem intakten und einem verbrannten Wald (hier zusätzlich in -50 cm Tiefe), sowie an einem südexponierten Steppenstandort während der Sommermonate im Jahre 2012.

### 3. Auswirkungen des Klimawandels und von Landbedeckungsänderungen auf wassergenerierende Prozesse

Die Mächtigkeit der aktiven Zone (Bodenzone welche im Zyklus der Jahreszeiten regelmäßig taut und gefriert), welche die Position der dominanten Fließwege steuert, wird direkt von der Tiefe des unterliegenden Permafrosts kontrolliert. In intakten Waldstandorten treten, sobald ein Schwellenwert in der Bodenfeuchte erreicht wurde, schnelle Fließwege innerhalb der organischen Auflage und in der Grenzschicht zum mineralischen Boden auf, während langsame Fließwege auf die mineralischen Bodenhorizonte beschränkt sind. Somit dominieren schnelle Fließpfade während des Frühjahres und Frühsommers (Abbildung 6 a) und langsame Fließpfade herrschen vor allem während der Sommer- und Herbstmonate vor (mit Ausnahme von Starkregenereignissen, welche, nach Aufsättigung der mineralischen Horizonte, schnelle Fließpfade aktivieren können) (Abbildung 6 b).



**Abbildung 6:** Schematische Darstellung der aktiven Bodenzone sowie der dominanten Fließwege in einem vitalen Wald während des Frühlommers (a) und während des Hochsommers (b), sowie für einen verbrannten Wald während des Frühlommers (c) und während des Hochsommers (d).

Durch die beobachtete Degradierung des Permafrosts nach Waldbränden verändert sich das hydrologische Regime der betroffenen Flächen nachhaltig. Die Mächtigkeit der aktiven Zone nimmt zu und die Position dominanter Fließwege verlagert sich in größere Tiefen. Wie anhand von Tracerversuchen und Messungen der Wassertemperatur gezeigt werden konnte, bildet sich in den mineralischen Böden unterhalb verbrannter Waldflächen ein effektives Netzwerk aus schnellen Fließwegen oberhalb des degradierten Permafrosts aus (Abbildung 6 c, d). Des Weiteren zeigt sich ein Verlust in der Speicherfähigkeit der verbrannten Wälder nach dem Verlust der organischen Auflage. Somit werden Niederschläge schneller und zu einem höheren Grad den Vorflutern zugeführt, was zu verstärkten und schneller auftretenden Hochwasserereignissen führt. Auf lange Sicht resultieren die Degradierung des Permafrosts und die Ausbildung eines Talik (Bodenzone welche nicht mehr im Zyklus der Jahreszeiten gefriert), womit es wahrscheinlich zu einer kontinuierlichen Austrocknung und einer damit einhergehenden Versteppung kommt. Eine Sukzession hin zu einer erneuten Etablierung von Wald ist unter den gegebenen klimatischen Rahmenbedingungen eher unwahrscheinlich. Das bestätigen auch Untersuchungen in Südsibirien.

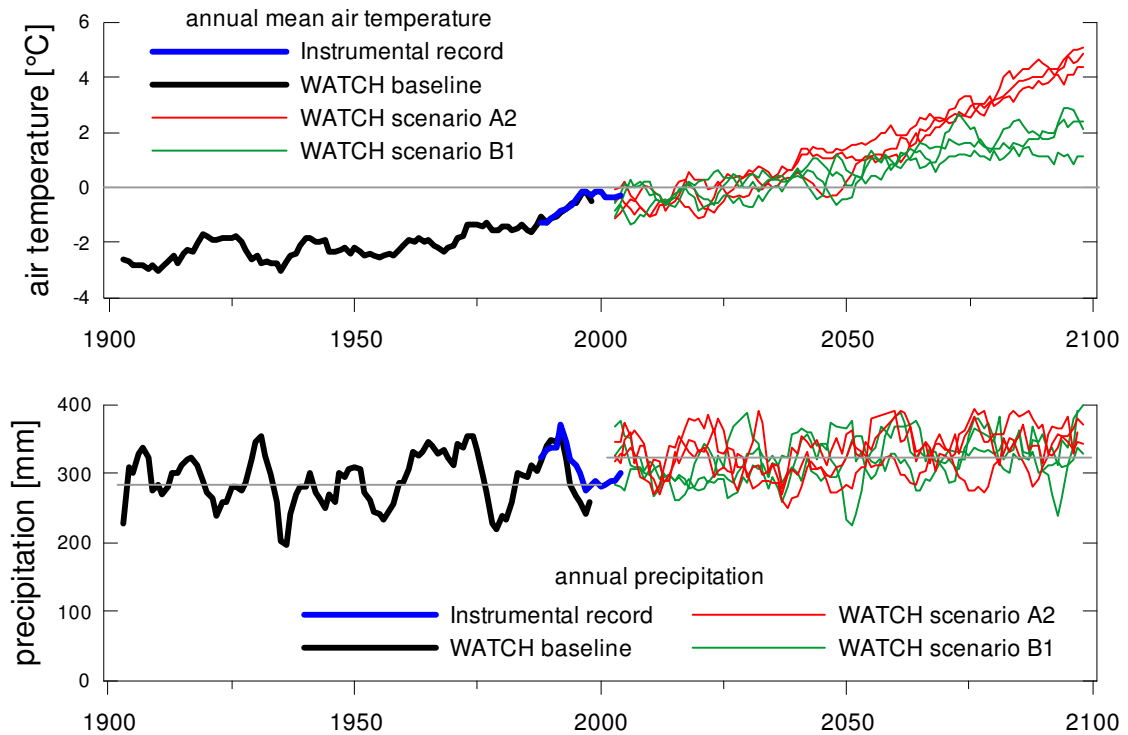
Die Modellierung von Landbedeckungsveränderungen, insbesondere der Ausbreitung von Waldbränden, mit dem konzeptionellen hydrologischen Modell HBV-D zeigt eine Veränderung der monatlichen Abflussspende im Jahresverlauf (Tabelle 1). So nehmen im Szenario des vollständigen Verlustes der Waldfläche (ca. 60% der Gesamteinzugsgebietsfläche) die ohnehin geringen Abflüsse während der Wintermonate um ca. 20-75% ab, während die Abflussspende während der

Sommermonate um ca. 10-42% zunimmt. Letztlich ist eine Häufung extremer Hochwässer und eine vorübergehende Verringerung des Wasserdargebotes während Trockenperioden die Folge.

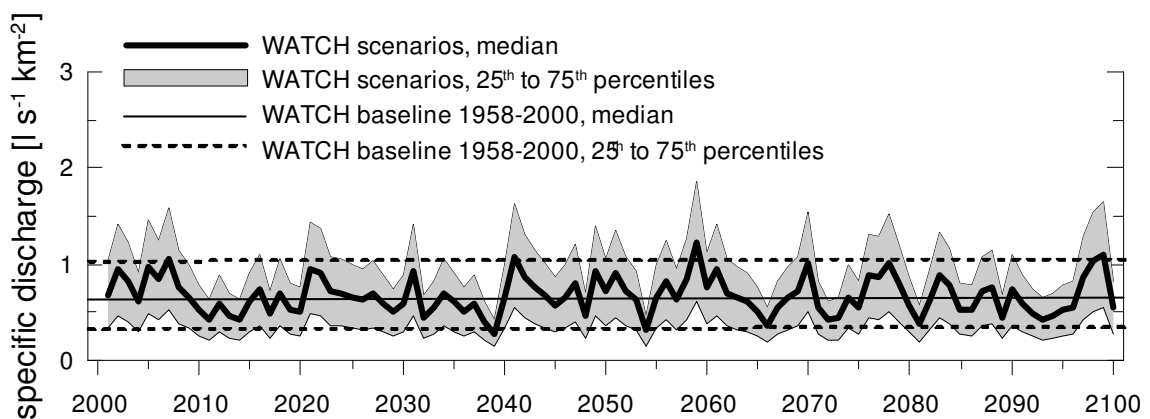
**Tabelle 1:** Ergebnis der maximalen Veränderung der mittleren monatlichen Abflüsse von vier ausgewählten Teileinzugsgebieten innerhalb des Sugnugur-Einzugsgebietes anhand des Landbedeckungsszenarios, welches von einem vollständigen Verlust der Waldfläche ausgeht. Es zeigt sich eine mittlere Zunahme der jährlichen Abflüsse, mit einer Verringerung in den Wintermonaten und einer Zunahme während der Sommermonate.

Relative runoff compared to 2011 (%)	Bärental	Sumpftal	Rechter Fluss	Linker Fluss
<b>Total</b>	116.7	107.5	107.2	132.7
<b>January</b>	44.1	20.2	82.7	29.1
<b>February</b>	27.0	11.3	75.2	14.8
<b>March</b>	45.1	29.8	108.2	61.9
<b>April</b>	101.9	78.8	109.5	110.3
<b>May</b>	108.9	126.8	106.6	113.7
<b>June</b>	132.0	141.0	109.7	151.1
<b>July</b>	125.4	112.0	108.6	152.7
<b>August</b>	111.1	104.1	103.8	123.4
<b>September</b>	131.7	111.7	110.2	154.7
<b>October</b>	127.1	124.4	108.3	145.8
<b>November</b>	118.4	88.6	101.4	116.3
<b>December</b>	73.4	49.2	92.3	59.6

Um Aussagen über die Wasserverfügbarkeit in der Gesamtregion des Kharaa treffen zu können, erfolgte die Anwendung von Klimaszenarien auf der Grundlage von großskaligen Klimamodelldaten (Quelle: WATer and Global Change Project, WATCH) im 0.5° x 0.5° Raster mit Hilfe des hydrologischen Modells HBV-D. Alle in WATCH verfügbaren Klimaszenarien zeigen für das Kharaa-Gebiet eine deutliche (zum Teil drastische) Temperaturerhöhung und einen leichten Anstieg der Gebietsniederschläge im Laufe dieses Jahrhunderts (Abb. 7). Aufgrund der im gleichen Zeitraum zunehmenden Verdunstung zeigt sich für die Zeitspanne bis 2100 kein Trend in den simulierten Abflüssen, d.h. keines der Einzelszenarien weist auf deutliche Veränderungen im Abfluss des Kharaa hin (Abb. 8). Jedoch ändern sich verschiedene abflussgenerierende Prozesse innerhalb eines Jahres, wie beispielsweise die Schneebedeckung bzw. der Zeitpunkt der Schneeschmelze, und die Permafrostdegradierung (siehe oben) schreitet voran. Diese Veränderungen bedingen zum Teil erhebliche Veränderungen in der räumlich-zeitlichen Verteilung des Wassers im Gebiet. Beispielsweise deuten unsere Ergebnisse eine Zunahme künftiger Hochwasserereignisse an. Wie bei allen Studien mit Klimaszenarien sind hier jedoch die Unsicherheiten der entsprechenden Realisierungen zu berücksichtigen.



**Abbildung 7:** Zeitliche Verläufe der Jahreswerte der Gebietstemperaturen (oben) und der Gebietsniederschläge (unten) für das Einzugsgebiet des Kharaa. Die schwarzen und blauen Kurven geben jeweils den historischen bzw. aktuellen Zustand wieder, bei den roten bzw. grünen Kurven handelt es sich um Realisierungen verschiedener Klimaszenarien auf Basis der IPCC-Emissionsszenarien A2 und B1.



**Abbildung 8:** Mit dem hydrologischen Modell HBV-D auf Basis der WATCH-Klimaszenarien simulierte Abflussspenden des Kharaa-Gebietes zwischen 2001 und 2100. Gezeigt wird hier der Median von sechs Szenarien-Realisierungen (zwei IPCC-Emissionsszenarien, Output von drei globalen Klimamodellen) sowie der Schwankungsbereich der simulierten Abflussspenden zwischen dem 25. und dem 75. Perzentil. Die häufige Überschreitung des 75. Perzentils, das anhand der Daten des Zeitraums 1958-2000 abgeleitet wurde, könnte als Hinweis auf das vermehrte Auftreten von Hochwasser im 21. Jahrhundert gewertet werden.

### **III. Darstellung weiterer, projektrelevanter Aspekte**

#### **1. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises**

Der zahlenmäßige Nachweis des Projektes mit den wichtigsten Positionen lässt sich dem Verwendungsnachweis entnehmen, der dem Projektträger mit den Abschlussberichten zugestellt wurde.

#### **2. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit**

Im Rahmen der beschriebenen Erfordernisse und Projektziele waren die hier im Abschnitt II beschriebenen Arbeiten durchzuführen. Die Arbeiten waren stets auf die übergeordneten Ziele ausgerichtet und werden daher als angemessen und notwendig für das Verbundvorhaben angesehen.

#### **3. Anwendungsorientierter Nutzen der Ergebnisse**

Durch regionale Zusammenarbeit, die Erhebung hydro-meteorologischer Daten und deren gemeinsame Nutzung ist es gelungen, die hydrologischen Charakteristika der Region besser zu verstehen und erstmalig eine detaillierte Beschreibung der wichtigsten ökosystemaren und hydro-meteorologischen Prozesse der Region zu erarbeiten. Die nunmehr zur Verfügung stehenden Informationen (digitale Daten, identifizierte Prozesse, Karten, Publikationen u. a.) sind für regionale Wasserplaner und für politische Entscheidungsprozesse sehr wertvoll, insbesondere für die Abschätzung veränderter Wasserverfügbarkeiten aufgrund des bereits eingetretenen bzw. zu erwartenden Klima- und Landnutzungswandels in der Region. Damit leistet das Vorhaben einen Beitrag zur Planungssicherheit in den stadtplanerischen, landwirtschaftlichen und bergbaulichen Sektoren der Region. Demzufolge hat unser Vorhaben einen wesentlichen Teil zur Überwindung der regionalen Wasserproblematik beigetragen und bestätigt die Relevanz der übergeordneten, förderpolitischen Ziele im Rahmen von FONA.

#### **4. Während des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**

Hier sind uns keine Fortschritte bekannt

#### **5. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen und Präsentationen der Projektergebnisse**

##### **5.1 Vorträge**

- Menzel, L. (2013d): Hydrologische Untersuchungen in der Übergangszone zwischen Steppe und Taiga, nördliche Mongolei. *Bodenkundliches Kolloquium, Universität Hohenheim*, 4. November
- Menzel, L. (2013c): Processes of environmental change and their impact on water resources at the steppe-taiga interface in Northern Mongolia. *Sino-German workshop "Resources in the agro-pastoral transition zone of*

*Inner Mongolia: Challenges and opportunities of marginal lands*“, Hailar (China), July 2013

- Menzel, L. (2013b): Von der Steppe in die Taiga: Wasser- und Umweltforschung im Norden der Mongolei. *Kolloquium des Heidelberg Center for Environmental Research (HCE)*. Heidelberg, 6. Mai
- Menzel, L., Kopp, B., Minderlein, S. & Törnros, T. (2013): Hydro-climatic research in the upper Kharaa and its relevance for IWRM. *IWRM MoMo Status Workshop*, Ulaanbaatar, 16.–18. April
- Menzel, L. (2013a): Von der Steppe in die Taiga: Aktuelle Forschungsarbeiten zu Umweltproblemen im Norden der Mongolei. *Geographisches Colloquium, Abteilung Geographie der Pädagogischen Hochschule Heidelberg*, 31. Januar
- Menzel, L. (2012): Lebenselixier Wasser – genug für alle? UNICEF Kampagne „Wasser wirkt“, Heidelberg, 19. November
- Menzel, L., Kopp, B.J. & Minderlein, S. (2012): Water scarcity and environmental change in northern Mongolia: Findings from field research in the Khentii mountains. *32nd International Geographical Congress (IGC)*, Köln, 26.–30. August
- Menzel, L., Kopp, B.J. & Minderlein, S. (2012): Challenges for hydrological research in cold, semi-arid environments: case study northern Mongolia. *Nordic Water: XXVII Nordic Hydrological Conference*, Oulu / Finnland, 13.–15. August
- Kopp, B.J., Minderlein, S. & Menzel, L. (2012): Hydro-meteorological research in the Kharaa Basin and its relevance for IWRM. Implementing IWRM in the Kharaa catchment. *IWRM MoMo Status Workshop*, Darkhan / Mongolei, 15.–17. Mai
- Menzel, L., Kopp, B. & Minderlein, S. (2012): The water resources of the Khentii mountains and possible impacts from environmental change. *Biodiversity Research in Mongolia. 50 years of Mongolian-German Biological Expeditions: an Anniversary*, Halle (Saale), 25.–29. März
- Menzel, L. (2011): Studien zur Ermittlung von Wasserressourcen in Wassermangelgebieten. Methodische Ansätze und Ergebnisse. *Forschungskolloquium am Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF*. Davos / Schweiz, 28. Februar
- Ibsch, R., Hofmann, J., Menzel, L. & Borchardt, D. (2010): Assessment of surface water quality and quantity through integration of monitoring and modeling: case study in the Kharaa river basin, Mongolia. *IWRM seminar, Stockholm World Water Week*. Stockholm, 7. September
- Menzel, L. (2010b): Hydrologische Untersuchungen in der Mongolei: Probleme und Herausforderungen. *Hydrologisches Kolloquium*, Institut für Hydrologie der Universität Freiburg, 8. Juli 2010
- Menzel, L. (2010a): Challenges and limitations in global water research. *16<sup>th</sup> Annual German-American Frontiers of Science Symposium*, Alexander von Humboldt Stiftung und U.S. National Academy of Sciences. Potsdam, 3. Juni 2010

## 5.2 Poster

- Menzel, L. & Törnros, T. (2014): Climate change and water resources in northern Mongolia. *General Assembly of the European Geosciences Union*, Wien, 27. April–2. Mai 2014
- Kopp, B.J., Bents, M., Lange, J. & Menzel, L. (2013): Abflussgenerierende Prozesse in der Übergangszone zwischen Steppe und Taiga im Khentii Gebirge, nördliche Mongolei. *Tag der Hydrologie*. Bern / Schweiz 4.-5. April
- Minderlein, S., Kopp, B.J. & Menzel, L. (2012): Regional hydrology and meteorology. Overview of field research in the Kharaa headwaters. Implementing IWRM in the Kharaa catchment. *IWRM MoMo Status Workshop*, Darkhan / Mongolei, 15.–17. Mai
- Menzel, L., Kopp, B. & Minderlein, S. (2012): The water resources of the Khentii mountains and possible impacts from environmental change. *Biodiversity Research in Mongolia. 50 years of Mongolian-German Biological Expeditions: an Anniversary*, Halle (Saale), 25.–29. März
- Minderlein, S. & Menzel, L. (2012): Wasserbilanz eines Oberlaufes im Übergangsbereich zwischen Steppe und Taiga im Kharaa Einzugsgebiet, Mongolei – Teil 1: Evapotranspiration und Energiebilanz. *Tag der Hydrologie 2012*. Freiburg / Deutschland, 22.–23. März
- Kopp, B.J. & Menzel, L. (2012): Wasserbilanz eines Oberlaufes im Übergangsbereich zwischen Steppe und Taiga im Kharaa Einzugsgebiet, Mongolei – Teil 2: Abfluss und Bodenfeuchte. *Tag der Hydrologie 2012*. Freiburg / Deutschland, 22.–23. März

## 5.3 Publikationen

- Minderlein, S. & Menzel, L. (2014). Evapotranspiration and energy balance dynamics of a semi-arid mountainous steppe and shrubland site in northern Mongolia. *Environmental Earth Sciences* (zur Publikation angenommen)
- Menzel, L. (2014): Eco-hydrological investigations in the Khentii Mountains, Northern Mongolia. *Mountain Meridian*, 8, 14–15, <http://issuu.com/mountainresearchinitiative/docs/news8>
- Kopp, B.J., Minderlein, S. & Menzel, L. (2014): Soil moisture dynamics in a mountainous headwater area in the discontinuous permafrost zone of northern Mongolia. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 46(2), 459–470
- Lange, J., Kopp, B.J., Bents, M. & Menzel, L. (2014): Tracing variability of run-off generation in mountainous permafrost of semi-arid north-eastern Mongolia. *Hydrological Processes*, <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.10218>
- Karthe, D., Malsy, M., Kopp, B.J., 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. *Geoökologie* 34, 5–26

- Menzel, L., Hofmann, J. & Ibisch, R. (2011): Untersuchung von Wasser- und Stoffflüssen als Grundlage für ein Integriertes Wasserressourcenmanagement im Kharaa-Einzugsgebiet, Mongolei. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 55(2), 88-103.
- Menzel, L. (2011): Globaler Wandel, extreme hydrologische Ereignisse und Strategien zum Umgang mit Hochwasser und Dürre. In: Lozán, J., H. Graßl, P. Hupfer, L. Karbe & C.-D. Schönwiese (Hrsg.): *Warnsignal Klima – Genug Wasser für alle? 3. Auflage* ([http://www.climate-service-center.de/012389/index\\_0012389.html.de](http://www.climate-service-center.de/012389/index_0012389.html.de))
- Menzel, L. (2010): Wasser als limitierender Entwicklungsfaktor. In: Strigel, G., A.-D. Ebner von Eschenbach, U. Barjenbruch (Hrsg.): *Wasser – Grundlage des Lebens. Hydrologie für eine Welt im Wandel*. Stuttgart (Schweizerbart)
- Törnros, T. & L. Menzel (2010): Heading for knowledge in a data scarce river basin: Kharaa, Mongolia. In: Herrmann, A. und Schumann, S. (Hrsg.): *Status and Perspectives of Hydrology in Small Basins*. IAHS Publication 336, Wallingford, 270-275

#### 5.4 Abschlussarbeiten

- Minderlein, Stefanie (2015): Evapotranspiration, energy balance and soil moisture distribution in a transition zone between steppe and taiga in northern Mongolia. Dissertation am Geographischen Institut der Universität Heidelberg (Abschluss 2015)
- Kopp, Benjamin (2014): Runoff generating processes in a mountainous headwater area in northern Mongolia. Dissertation am Geographischen Institut der Universität Heidelberg (Abschluss 2014)
- Brück, Oliver: Hydrologische Modellierung mit HBV-D auf der Grundlage großskaliger Klimamodelldaten des WATer and Global Change Project (WATCH) im Einzugsgebiet des Kharaa Gol, Mongolei. Bachelorarbeit an der Universität Heidelberg, April 2013
- Bents, Matthias: Hydrologische Prozessuntersuchungen in einem Permafrostgebiet in der Mongolei. Masterarbeit an der Universität Freiburg, Januar 2013
- Ziergöbel, Rebecca: Analyse und Vergleich von Klimadaten verschiedener meteorologischer Stationen aus dem Flußeinzugsgebiet des Kharaa (Mongolei). Bachelorarbeit an der Universität Heidelberg, August 2012
- Mewes, Benjamin: Simulation der Schneebedeckung im Kharaa-Einzugsgebiet (Mongolei) mit Hilfe des hydrologisch-klimatologischen TRAIN-Modells. Bachelorarbeit an der Universität Heidelberg, Juli 2012
- Müller-Meißner, Marina: Veränderung des Wasserhaushaltes nach Brand in der Taiga im Westkhentej, Nordmongolei: Charakterisierung hydroklimatischer Standortparameter sowie Analyse des Blattflächenindex durch Fernerkundung (MODIS). Diplomarbeit an der Universität Heidelberg, Oktober 2011



- Körner, Andreas: Schneehydrologische Prozesse in der Mongolei. Eine explorative Studie zur Anwendbarkeit des Simulationsmodells TRAIN. Diplomarbeit, Juli 2011
- Okurdil, Jana: Untersuchung des Forstbestandes in der Mongolei. Exkurs: Brandbekämpfung mithilfe von MODIS als Modell der Fernerkundung. Zulassungsarbeit (Lehramt), Juni 2011
- Pailliar, Boris: Räumliche und zeitliche Variabilität der Schneebedeckung im Einzugsgebiet des Kharaa (Mongolei). Eine Untersuchung der Winter 2000/2001 bis 2009/2010 mit MODIS-Schneeprodukten. Diplomarbeit, Januar 2011

### **5.5 Ehrungen und Preise**

- April 2013: In der Kategorie "Bester Themenbezug" hat das von Benjamin Kopp, Lucas Menzel und Jens Lange anlässlich des "Tages der Hydrologie" in Bern präsentierte Poster "Abflussgenerierende Prozesse in der Übergangszone zwischen Steppe und Taiga im Khentii Gebirge, nördliche Mongolei" den ersten Preis erhalten
- Am 2. September 2013 wurde Lucas Menzel aus der Hand der mongolischen Umweltministerin Ojuun die Ehrenurkunde (höchste Auszeichnung) für besondere Verdienste im Umwelt- und Naturschutz in der Mongolei verliehen

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN Nicht zutreffend	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Diverse wissenschaftliche Aufsätze, Poster, Schlussberichte (englisch und deutsch)
3. Titel Integriertes Wasserressourcen-Management in Zentralasien: Modellregion Mongolei (MoMo) – Phase II Implementierung von IWRM Elementen im Kharaa-Einzugsgebiet, Themenmodul „Hydrologie und Landnutzung“	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Prof. Dr. Lucas Menzel Benjamin Kopp Stefanie Minderlein	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31. Dezember 2013  6. Veröffentlichungsdatum Diverse Publikationen, daher unterschiedliche Veröffentlichungsdaten  7. Form der Publikation Diverse Publikationen (Berichte, Poster, wiss. Aufsätze)
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Universität Heidelberg Geographisches Institut, Physiogeographie – Professur für Hydrogeographie und Klimatologie Im Neuenheimer Feld 348 69120 Heidelberg	9. Ber. Nr. Durchführende Institution Nicht zutreffend  10. Förderkennzeichen 033L003C  11. Seitenzahl Nicht zutreffend
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben Nicht zutreffend  14. Tabellen Nicht zutreffend  15. Abbildungen Nicht zutreffend
16. Zusätzliche Angaben keine	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Siehe Gliederungspunkt III.5. im „Abschlussbericht für das Verbundprojekt IWRM MoMo, Phase2“ der Universität Heidelberg	
18. Kurzfassung Das Teilprojekt hatte zur Aufgabe, die derzeitigen und künftigen hydro-meteorologischen Charakteristika der Projektregion (Einzugsgebiet des Kharaa) zu bestimmen. In diesem Rahmen waren insbesondere folgende Zielstellungen von Relevanz: (1) Die detaillierte Quantifizierung der Wasserflüsse in der Region, insbesondere des Niederschlages, der Verdunstung und des Abflusses auf Basis von umfassenden Forschungsaufhalten. (2) Die detaillierte Untersuchung der wichtigsten abflussgenerierenden Prozesse in verschiedenen Ökozonen der Region. (3) Untersuchungen zur Auswirkung von Landbedeckungs- und Klimaveränderungen auf die Wassersituation der Region. (4) Die Bereitstellung wasserbezogener Informationen für den Stakeholder-Prozess des Gesamtprojektes. (5) Die Bereitstellung wissenschaftlicher Erkenntnisse als Diskussionsgrundlage um ein nachhaltiges Wassermanagement in der Projektregion abzuleiten, und für die Ausweisung von Wasserschutzgebieten im Kontext des IWRM. Durch regionale Zusammenarbeit, der Erhebung hydro-meteorologischer Daten und deren gemeinsamer Nutzung ist es gelungen, die hydrologischen Charakteristika der Region besser zu verstehen und erstmalig eine detaillierte Beschreibung der wichtigsten ökosystemaren und hydro-meteorologischen Prozesse der Region zu erarbeiten. Die nunmehr zur Verfügung stehenden Informationen (digitale Daten, identifizierte Prozesse, Karten, Publikationen u. a.) sind für regionale Wasserplaner und für politische Entscheidungsprozesse sehr wertvoll, insbesondere für die Abschätzung veränderter Wasserverfügbarkeiten aufgrund des bereits eingetretenen bzw. zu erwartenden Klima- und Landnutzungswandels in der Region. Damit leistet das Vorhaben einen Beitrag zur Planungssicherheit in den stadtplanerischen, landwirtschaftlichen und bergbaulichen Sektoren der Region. Demzufolge hat unser Vorhaben einen wesentlichen Teil zur Überwindung der regionalen Wasserproblematik beigetragen und bestätigt die Relevanz der übergeordneten, förderpolitischen Ziele im Rahmen von FONA.	
19. Schlagwörter Wasserhaushalt, Abflussbildung, Bodenfeuchte, Verdunstung, Gebirgswaldsteppe, Klimawandel, Waldbrand, Wasserknappheit, Wasserverfügbarkeit, Zentralasien	
20. Verlag Nicht zutreffend	21. Preis Nicht zutreffend