

Schlussbericht

Zuwendungsempfänger:

Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

Förderkennzeichen:

01LL0918J

Vorhabenbezeichnung:

Verbundvorhaben: SuMaRiO: Nachhaltige Bewirtschaftung von Flussoasen entlang des Tarimflusses in China

Teilvorhaben:

WP 1.2.1 Szenarien „Klima und Hydrologie“

WP 2.2 Regionale Klimaszenarien und mittelfristige Niederschlagsvorhersagen

WP 2.3 Auswirkungen des Klimawandels auf Flussabflüsse

I. Kurze Darstellung

1. Aufgabenstellung

Die folgenden Zielsetzungen wurden zu Beginn des Projektes für das PIK gestellt:

1. Entwicklung robuster quantitativer Szenarien basierend auf vorhandenen GCMs für Klima und Wasserhaushalt für den oberen Teil des Tarimbeckens, welches die drei Einzugsgebiete des Aksu, Hotan and Yarkand umfasst (WP 1.2.1).
2. Bereitstellung von STAR-Klimaszenarien 2002-2045, 0,5° Auflösung für das Projektgebiet Tarimbecken. Szenarien: -1.0K, -0.5K, 0.0K, 0.5K, 1.0K, 1.5K, 2.0K, 2.5K und 3.0K. Ensemblegröße: 100-1000 Realisationen pro Szenario (WP 2.2).
3. Erstellung saisonaler Niederschlagsvorhersagen für die Teileinzugsgebiete des Tarim mittels linearer und nichtlinearer statistischer Methoden (WP 2.2)
4. Modellierung von Abfluss und Wasserverfügbarkeit in den drei Quellgebieten des Tarim Flusses (Aksu, Hotan and Yarkand) unter Klimawandel- und Landnutzungswandelszenarien (WP 2.3)

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Teilvorhaben war ein Teilprojekt des Verbundprojektes Nachhaltige Bewirtschaftung von Flussoasen entlang des Tarimflusses in China (SuMaRio) und wurde vom BMBF im Rahmen des Programms Nachhaltiges Landmanagement gefördert. In beiden Teilvorhaben konnten wir von der Erfahrung und Expertenwissen des PIKs im Feld der Klimaimapktanalysen profitieren, da geprüfte Anwendungen und Methoden verfügbar waren.

In dem Teilvorhaben zur Bereitstellung von regionalen Klimaszenarien und der Modellierung der gesamten Quellgebiete bis zur Station Alar des oberen Tarims wurden wir an eine enge Zusammenarbeit mit den Gruppen des GFZ und der TUD, die uns Oberlaufabfluss, Gletscherinventar und Massenbilanzdaten bereitstellen sollte, angewiesen. Mit Chinesischen Partnern vom National Climate Centre (NCC) Prof. Jiang Tong und Dr. Su Buda sowie Zhao Chengui (Xinjiang Institute for Geography and Ecology) haben wir gemeinsam die Klima- und Abflussdaten ausgewertet und für die Nutzung für die hydrologische Modellierung aufbereitet. Nach anfänglichen Schwierigkeiten des Datentransfers, war die Zusammenarbeit im Work Block 2 (WB2) hervorragend, was ein vollumfängliches Erreichen der Teilprojektziele und eine Reihen von hochrangigen wissenschaftlichen Publikationen ermöglicht hat.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Meilenstein	Jahr	Beschreibung	Ablauf im Zeitplan
MS 1.2.1	1	Ausarbeitung der Szenarien "Klima und Hydrologie"	Pünktlich erledigt
MS 2.2.1	1	Vorhersagegrößen sind ausgewählt aus der Literatur und Daten sind gesammelt (Hartmann)	Pünktlich erledigt
MS 2.2.2	1	Daten sind prozessiert, optimale Werte durch Kreuzkorrelationsanalysen ermittelt (Hartmann)	Pünktlich erledigt
MS 2.2.4	2	STAR Szenarien für die Region sind fertig (PIK)	Pünktlich erledigt, aber wurden nicht angewandt wegen neuen Erkenntnissen über die Validität

MS 2.2.5	2	Multiple lineare Regressionsanalyse, erste Ergebnisse der Neuronalen Netzwerk Analyse (Hartmann)	Pünktlich erledigt
MS 2.2.6	4	Teleconnections sind identifiziert und quantifiziert, saisonale Vorhersagen des Niederschlags erfolgen (Hartmann)	Fast vervollständigt außer die Quantifizierung, da Multicollinearität dies verhinderte.
MS 2.2.7	5	Ergebnisse werden mit den Stakeholdern diskutiert; der Schlussbericht ist geschrieben (Hartmann)	Erreicht und auf der Stakeholder-Konferenz in Urumqi diskutiert
MS 2.3.1	1	GIS Datenbank angelegt, historische Klimadaten interpoliert, SWIM für das Aksu Einzugsgebiet angewandt (PIK).	Pünktlich erledigt
MS 2.3.2	2	Das SWIM Modell ist für die Region angepasst; die Kopplung zwischen SWIM und WASA funktioniert. SWIM ist für das Aksu Einzugsgebiet validiert und für die Aral Station (PIK).	In folgenden Schritten erledigt: <ul style="list-style-type: none"> • Implementierung des Modells für den mittleren Teil des Aksus • Sensitivitätsanalyse und Kalibrierung mit monatlichen Beobachtungsdaten • Entwicklung eines einfachen Bewässerungsmodul für SWIM basierend auf Informationen über Wasserentnahmen um ausgedehnte Bewässerung abzubilden
MS 2.3.3	3	Klimaszenarien der regionalen Klimamodelle REMO und STAR sind in SWIM angewandt. Klimaanalysen für die Perioden 2040-2060 und 2080-2100 erledigt (PIK).	Kleine Verzögerungen entstanden in der Modellkette, da die WASA Simulationen für die Teileinzugsgebiete Hotan und Yarkant noch nicht fertig waren und da

			<p>Wasserentnahmedaten für diese Gebiete nicht verfügbar waren.</p> <p>Die Klimaszenarien sind jedoch fertig und die benötigten Ergebnisse wurden nach 2-3 Monaten Verzug zu geplanten Monaten erhalten.</p>
MS 2.3.4	4	Validierte Gletscherdynamik ist für SWIM als Input angepasst. Die Klimaimpakts sind dafür angepasst. Vergleich der Klimaszenarien (PIK).	<p>Es kam zu weiteren Verzögerungen, da Szenariensimulationen des WASA Models nicht fertig waren, aber diese wurden nach mit 3 Monaten Verzug geliefert. Szenariosimulationen mit CCLM und REMO für die Tarim Region sind erledigt. Die STAR Szenarien werden nicht mehr angewandt wegen der konzeptionellen Schwächen des Modells.</p>
MS 2.3.5	5	Unsicherheitsanalyse durch STAR is erledigt, der Abschlussbericht ist fertig (PIK)	<p>Umgeplant wie oben. Die Ergebnisse der hydrologischen Modellszenarien für den gesamten oberen Tarim wurden an das SuMaRio-DSS weitergegeben. Die Unsicherheitsanalyse der drei RCPs, acht GCMs und zwei RCMs und der zwei hydrologischen Modelle wurde durchgeführt. Die Ergebnisse wurden bei der Implementierungskonferenz in Urumqi im September 2015 und bei der Abschlusskonferenz in München im Dezember 2015 präsentiert.</p>

--	--	--	--

Die Meilensteine mit den gestellten Zielsetzungen wurden wie erwartet erreicht, doch gab es kleine Verzögerungen in der Datenfindung und der Überreichung von Ergebnissen in der Modellkette. Es wurden Alternativlösungen für nicht vorhandene Daten gefunden und die Ergebnisse von den Projektpartnern wurden letztendlich erhalten und verarbeitet.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens

Zu Beginn des Vorhabens gab es klare wissenschaftliche Defizite in der wasserarmen Region mit einem landwirtschaftlichen Sektor, der von Bewässerungssystemen abhängig ist. Die Untersuchung des Wechselspiels von Klimawandel und menschlichen Aktivitäten auf die knappen Wasservorkommen wurde noch nicht eingehend untersucht. Es gibt jedoch wertvolle Publikationen, auf die aufgebaut werden konnte sowie die Erfahrung und Wissen über Klimaimpaktanalysen am PIK. Methoden und Modelle auf dem Feld der Klimaszenarien waren alle verfügbar.

Der Wissensstand ist besonders gering für datenarme Regionen, wie die Hochgebirgsgebiete Zentralasiens. Verlässliche Beobachtungen von Klimagrößen mit langen Zeitreihen und guter räumlicher Auflösung sind nicht vorhanden. Das gleiche trifft auf Größen des Wasserhaushalts und dessen Interaktion mit globalen Änderungsprozessen zu. Unser Wissen zu Änderungen in der Vergangenheit und zu möglichen zukünftigen Änderungen von Wasserhaushaltsgrößen in Kopfeinzugsgebieten des Tarim war relativ gering. Besondere Defizite gab es bei der Integration der Gletscherdynamik in hydrologische Modelle für Klimastudien.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Laufe des Projektes hat eine enge Kooperation innerhalb des WB2 und mit den Chinesischen Kollegen vom National Climate Centre (NCC) und des Xinjiang Institute of Geography and Ecology (Prof. Zhao Chengui) durch Datenaustausch (Klima, Abfluss), Datenanalyse, Modellierungsarbeiten und gemeinsame Publikationen stattgefunden (Wortmann et al., 2014, Krysanova et al., 2015, Kundzewicz et al., 2015, Huang et al., 2015, Rumbaur et al., 2015, noch weitere in Bearbeitung). Das PIK war an der Planung des Decision Support Systems (DSS) beteiligt und in Zusammenarbeit mit Marie Hinnenthal (Universität der Bundeswehr, München) wurden einige Ergebnisse dieses Teilvorhabens in das DSS integriert. Mitarbeiter des PIK war bei einigen Konferenzen in Deutschland sowie in China anwesend und an der Abschlusskonferenz im Dezember 2015 in München vertreten und die Ergebnisse wurden den Stakeholdern und der wissenschaftlichen Gemeinschaft vorgestellt.

II. Eingehende Darstellung

1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Vergleich zu den Zielen

GCM-based climate scenarios

ZIELSETZUNG: Robuste, quantitative Szenarien basierend auf vorhandenen GCMs für das Klima und Wasservorkommen des oberen Teils des Tarim Einzugsgebiets (umfasst die drei Zuläufe, Aksu, Hotan Yarkan) zu erstellen, aber ohne die direkten menschlichen Einflüsse mit einzubeziehen.

Die Klimaszenarien wurden von dem IPCC DDC Archiv entnommen. Ergebnisse für Temperatur und Niederschlag von 19 Globalen Klimamodellen (GCM) aus 16 Forschungszentren und 11 Ländern wurde aufbereitet. Diese wurden weiter ergänzt durch hydrologische Charakteristiken wie Oberflächenabfluss und Flussabfluss simuliert durch das Model LPJ (Lund-Potsdam-Jena) Dynamic Global Vegetation Model (Gerten et al., 2011). Für diese Simulationen wurden die gleichen Klimaszenarien der 19 GCM verwendet. Die Klima- und Hydrologieszenarien wurden visualisiert dynamische Graphen und Karten. Die Szenarien wurden dem WP5.3.1 (Actor-based modelling for understanding ESS and integrating them into land and water management) und WP1.3.2 (Stakeholder Dialogue Tarim, SDT) bereitgestellt.

Der Meilenstein MS 1.2-1 Darstellung der Szenarien für Klima und Hydrologie (Monat 12) wurde nach Arbeitsplan vervollständigt.

Klimaszenarien

ZIELSETZUNG: Aufbereitung von Klimawandelszenarien für die Studienregion mittels statistischen und dynamischen regionalen Klimamodellen

Zwei regionale Klimamodelle (RCMs), CCLM und REMO, lieferten Daten für diese Studie. Alle REMO Szenarienläufe wurden von den Kollegen an der Universität Würzburg durchgeführt. Die resultierenden gegrideten Daten von 9 Variablen wurden über das SuMaRio Portal zugänglich gemacht. Ursprünglich war es geplant, das statistische Modell STARS für regionale Klimasimulationen einzusetzen. Im Jahr 2014 wurde jedoch entschieden, die STARS Szenarien nicht mehr zu nutzen, da diese in der Zwischenzeit als ungeeignet zur Abschätzung von Folgen des Klimawandels eingeordnet wurden (Wechsung & Wechsung, 2014 & 2015).

Zusätzlich wurden acht globale Klimamodelle (GCMs) der neusten Generation aus dem CMIP5 Projekt ausgewählt, um die Folgen des Klimawandels für Wasserressourcen im oberen Einzugsgebiet des Tarim abschätzen zu können. Folgende GCMs wurden ausgesucht: CNRM-CM5, GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, MIROC-ESM, MIROC-ESM-CHEM, MIROC5 und MRI-CGCM3. Die Auswahl wurde so vorgenommen, dass die Modelle eine große Spannweite von möglichen

Temperatur- und Niederschlagsänderungen in der Region umfassen. Extreme Abweichungen einzelner Modellläufe wurden nicht berücksichtigt.

Zentralasien verfügt über ein lückenhaftes Netzwerk aus Klimastationen, an denen in größeren zeitlichen Abständen gemessen wird. Aufgrund von Differenzen im Bezug auf die räumliche und zeitliche Verteilung von Messungen, gibt es große Unterschiede zwischen verschiedenen Datensätzen (Stationsdaten, gegriddete Beobachtungsdaten und Reanalysen). Das gesamte Tarim-Einzugsgebiet zeigt zwar lediglich kleine Unterschiede in der Temperatur ($<1^{\circ}\text{C}$ für die meisten Datensätze und in den meisten Monaten), aber große Unterschiede im Niederschlag, besonders im Sommer (bis zu 50 mm im Monat). In einigen Teilgebieten sind die Abweichungen noch größer. Daher war eine detaillierte Evaluierung der Klimamodelle für die Region notwendig.

Eine detaillierte Evaluierung der CCLM und REMO Modelle für die Vergangenheit wurde, basierend auf Beobachtungsdaten von Klimastationen, für die Haupteinzugsgebiete des Tarim vorgenommen. Darüber hinaus wurden die CCLM Simulationen für die Zukunft mit denen verschiedener GCMs aus dem CMIP5 Projekt verglichen. Nach Bias-Korrektur, basierend auf Beobachtungsdaten, wurden die Modelle als geeignet zur Abschätzung von Klimafolgen bewertet.

Die Klimasimulationen von CCLM und REMO wurden mit Beobachtungsdaten von APHRODITE (Niederschlag) und mit WATCH-FD (alle anderen Variablen) bias-korrigiert. WATCH-FD ist ein Reanalyseprodukt, das bereits bias-korrigiert ist. Verglichen mit anderen regionalen und globalen Niederschlagsdatensätzen, wurde APHRODITE als einer der besten Niederschlagsdatensätze in Zentralasien bewertet (Duethmann et al., 2013). Zusätzlich wurden die Ergebnisse von acht GCMs des CMIP5 Projekts bias-korrigiert. Die Bias-Korrektur auf Basis von WATCH-FD und APHRODITE war notwendig aufgrund der Abweichungen zwischen Modellergebnissen und Beobachtungen insbesondere beim Niederschlag in Gebirgsregionen.

Ein univariater empirischer Quantile-Mapping-Ansatz wurde zur Bias-Korrektur gewählt. Die bias-korrigierten Ergebnisse wurden im Folgenden einer Trendkorrektur unterzogen. Anschließend wurden die Ergebnisse der acht GCMs und der zwei RCMs für die Klimafolgenabschätzung mit den hydrologischen Modellen WASA und SWIM aufbereitet.

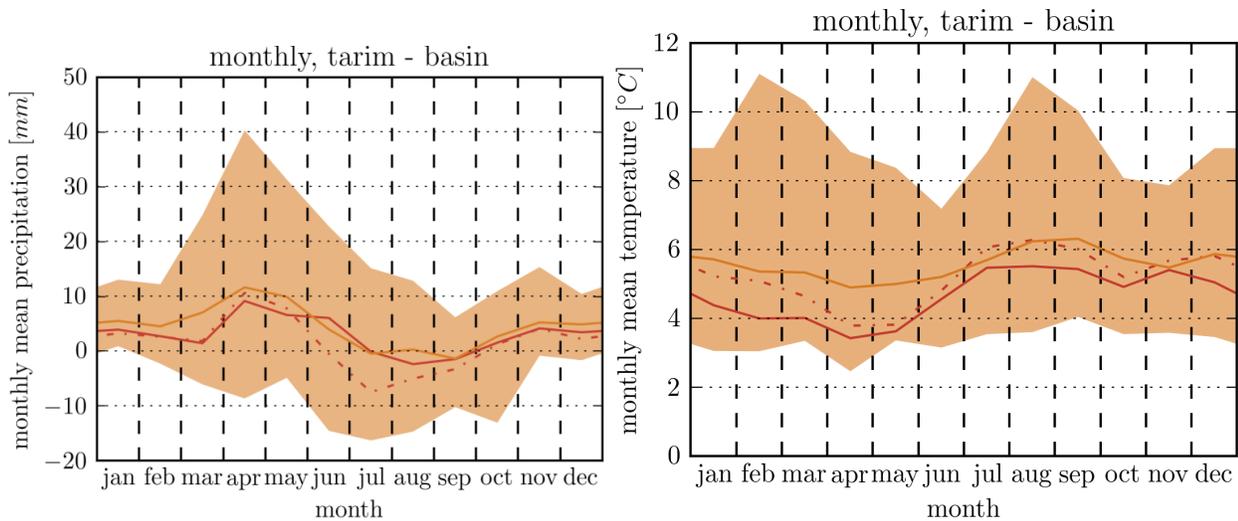


Abb. 1: Änderungen von monatlicher Temperatur (links) und Niederschlag (rechts) für den Zeitraum 2071 bis 2100 verglichen mit 1971 bis 2000 über dem Einzugsgebiet des Tarim. Gezeigt werden Ergebnisse des CCLM mit dem Antriebsmodell MPI-ESM-LR für das RCP8.5 Szenario. Zum Vergleich ist die Bandbreite von 28 CMIP5 Modellen dargestellt.

Mittelfristige Niederschlagsvorhersage

ZIELSETZUNG: Generierung von saisonalen Vorhersagen des Niederschlags mittels verschiedener stochastischer Ansätze

Basierend auf der Literatur, wurden insgesamt 39 potenzielle Prädiktoren für mittelfristige Niederschlagsvorhersagen ausgewählt und entweder direkt heruntergeladen (11) oder unter Nutzung der Datensätze NCEP/NCAR Reanalysis 1 und NOAA Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (SST) V3b (27) berechnet. Von der China Meteorological Administration (CMA) wurde ein Niederschlagsgitter mit einer räumlichen Auflösung von 0.25° für den Zeitraum 1961 bis 2010 bereitgestellt. Darüber hinaus wurde der globale Niederschlagsdatensatz GPCP v.6 mit einer räumlichen Auflösung von 0.5° für das Tarim-Einzugsgebiet extrahiert und für dieselbe Periode verwendet. Der Niederschlag wurde durch Mitteln aller Gitterpunkte innerhalb eines Teileinzugsgebiets regionalisiert. Dabei wurden die Teileinzugsgebiete des Aksu, Hotan und Yarkant sowie das Einzugsgebiet des Tarim-Hauptflusses unterschieden.

Es wurden Kreuzkorrelationsanalysen zwischen den Niederschlagszeitreihen der Teileinzugsgebiete und den Prädiktoren durchgeführt. Die höchsten Korrelationskoeffizienten wurden vor allem für eine Zeitverschiebung von fünf Monaten ermittelt. Daher wurden 5-Monats-Vorhersagen mittels multiplen linearen Regressions- und neuronalen Netzwerkmodellen erstellt. Die Vorhersagen zeigen eine gute Übereinstimmung zwischen beobachtetem und vorhergesagtem Niederschlag für niedrige, mittlere und

höhere monatliche Niederschlagsmengen jedoch eine Unterschätzung der sehr hohen Niederschlagsmengen. Aufgrund der Multikollinearität zwischen einigen Niederschlagsprädiktoren, konnten die Telekonnektionen nicht eindeutig identifiziert und quantifiziert werden. Details zu diesem Schritt folgen unter “Problemen”. Abschließend wurden reliable saisonale Niederschlagsvorhersagen für die unterschiedlichen Niederschlagsregionen erstellt.

Alle Meilensteine mit Ausnahme der Detektion und Quantifizierung von Telekonnektionen wurden erreicht. Die Ergebnisse wurden während der SuMaRiO Implementierungskonferenz in Urumqi (September 2015) präsentiert und mit Stakeholdern diskutiert. Sie wurden zudem in zwei Aufsätzen zusammengefasst (Hartmann et al., 2016, Hartmann et al., under review).

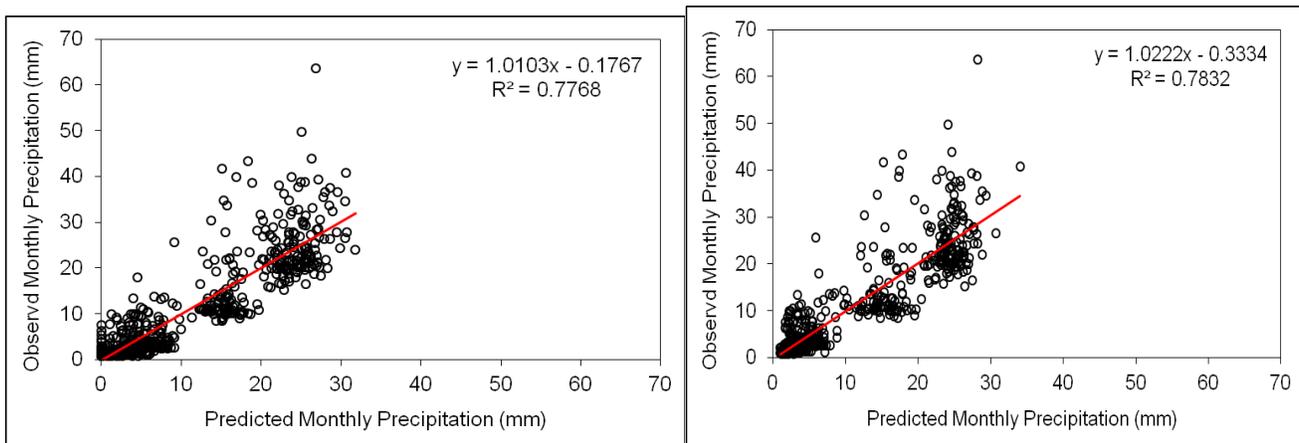


Abb. 2: Streudiagramme (gemessener vs. vorhergesagter monatlicher CMA Niederschlag) für das Hotan-Einzugsgebiet erzielt mittels multipler linearer Regression (links) und neuronalem Netz (rechts) für eine Zeitverschiebung von 5 Monaten unter Verwendung aller Prädiktoren mit Ausnahme der Meeresoberflächentemperatur EOF-Zeitreihen und des Skin Temperature Index.

Modellierung

ZIELSETZUNG: Modellierung des Abflusses und der Wasserverfügbarkeit in den drei Quellgebieten des Tarims (Aksu, Hotan, Yarkant) unter Betrachtung des Klimawandels und Landnutzungswandel

Das öko-hydrologische Modell SWIM wurde zu den regionalen Gegebenheiten angepasst, in dem die Prozessbeschreibung und Parametrisierung von Schnee-, Gletscher- und Bewässerungsprozessen integriert bzw. verbessert wurden. Ein dynamisches Gletschermodul für SWIM wurde entwickelt und in Einzugsgebieten von Tarim sowie Rhone (Schweiz) kalibriert und validiert (Wortmann et al., 2016, eingereicht). Mit dem neuen Gletschermodul wurde die Modellkalibrierung verbessert, in dem die Gletscherbeständigkeit in Bezug auf Klimaantriebsdaten getestet wurde. Unter Berücksichtigung von beobachteten Gletscherflächen und modellierten Gletscherdicken von TUD wurde das SWIM Modell

dahingehend kalibriert und validiert, dass die modellierten Flächen und Dicke-Verteilungen mit der Höhe (Hypsometrie) zusätzlich zu den Abflusswerten auf der Skala von Einzugsgebieten eine gute Übereinstimmung mit Beobachtungen aufwiesen.

Ein einfaches Bewässerungsmodul für SWIM wurde basierend auf Informationen zu Wasserentnahmen entwickelt (Huang et al., 2015) und kann die extensive Bewässerung im Unterlauf des Flusses adäquat berücksichtigen. Ein “business-as-usual” Szenario wurde für die Oasen-Regionen aller drei Zuflüsse Aksu, Hotan and Yarkant entwickelt.

WASA und SWIM Modelle wurde miteinander verknüpft, so dass die WASA Modellergebnisse für die Quelleinzugsgebiete für die Modellierung der Wasserbilanz mit SWIM im Unterlauf bis Pegel Alar als Randbedingung verwendet werden konnten.

Abschätzung der Klimafolgen für das obere Tarim Einzugsgebiet bis zum Pegel Alar erfolge in vier Schritten. Zukünftige Änderungen von Gletschern und Abflüssen in Folge des Klimawandels wurden für die oberen Teileinzugsgebiete von Tarim (Aksu bis Pegel Xiehela und Shaliguilanke, Hotan bis Pegel Wuluwati und Tonguziluo, Yarkant bis Pegel Kaqun) mit WASA und SWIM Modellen für 4 Klimaszenarien (RCPs: 2.6, 4.5 and 8.5) abgeschätzt (Wortmann et al., in Vorbereitung; Duethmann et al., 2016).

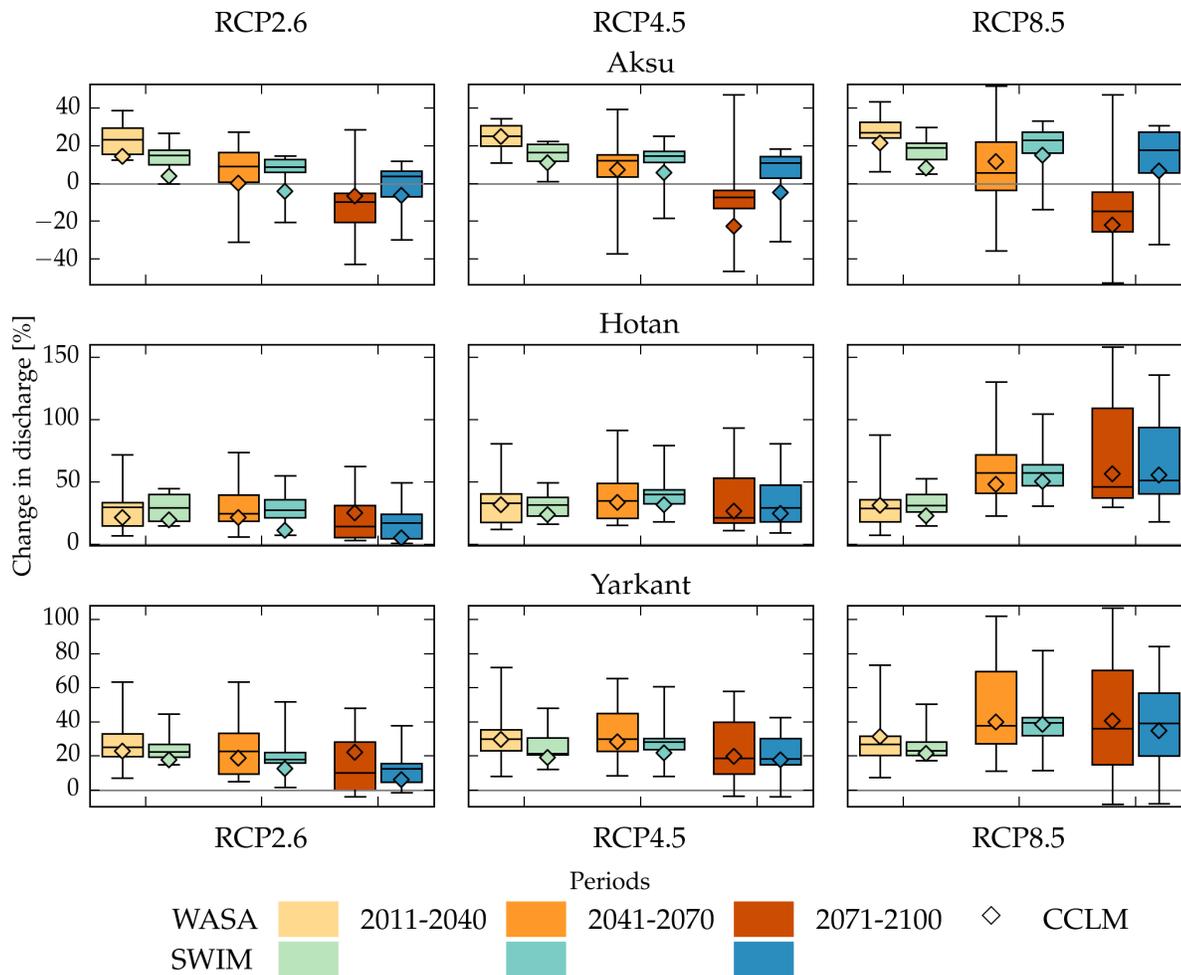


Abb. 3: Abschätzung der Klimaänderungsfolgen auf den Abfluss in den drei Quelleinzugsgebieten (Aksu, Hotan and Yarkant) unter drei IPCC Emissionszenarien (RCP2.6, 4.5, 8.5) mit den glazio-hydrologischen Modellen WASA und SWIM. Diamond markers zeigen die Änderungen, die mit regionalem CCLM Klimamodell simuliert wurden. Die vertikalen Achsen sind verschieden.

Anschließend wurden die modellierten Abflusszeitreihen der Quelleinzugsgebiete von WASA und SWIM weiter für das SWIM Modell für die Oasenregionen bis zum Pegel Alar als Input genutzt und die Auswirkungen der Klimaänderungen auf den unteren Lauf des oberen Tarim Gebiets wurden abgeschätzt.

Darüber hinaus wurde mit dem SWIM Modell die Szenarien des Landnutzungsmanagement in den Oasenregionen des oberen Tarim simuliert. Diese Szenarien betrachteten die Faktoren wie Wasserentnahmen, Bewässerung und weitere Aspekte des Wasserhaushalts in ariden Regionen. Für diesen Zweck wurden die Änderungen der fünf Szenariokomponenten (Ackerlandfläche, Anbaustruktur, Wasserverluste in Bewässerungssystemen, Bewässerungsart, und Transmissionsverluste im Flusssystem) untersucht. Insgesamt wurden 216 Optionen zusammengestellt und mit der Modellkette simuliert. Die Auswirkungen verschiedener Management Optionen auf den Abfluss am

Pegel Alar wurden untersucht.

Abschließend wurden die kombinierten Szenarien von Klimaänderungen und Landwirtschaftmanagement unter der Berücksichtigung von Input aus WASA und SWIM für den oberen Tarim Einzugsgebiet bis Pegel Alar untersucht (Huang et al., in Vorbereitung).

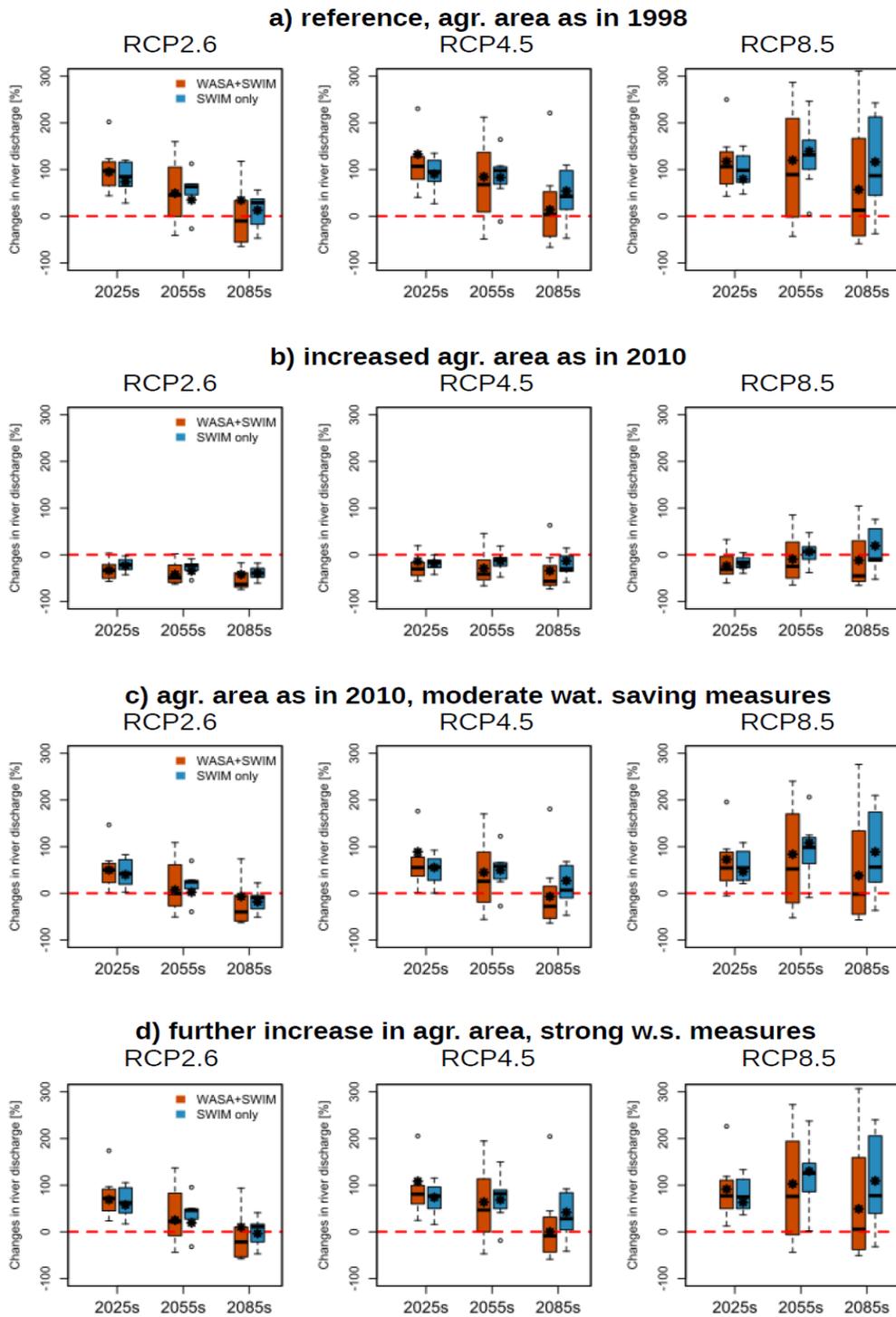


Abb. 4: Ausgewählte Ergebnisse der Abschätzung von Klimaänderungsfolgen und Landmanagementszenarien auf den Abfluss am Pegel Alar in dem oberen Tarim Gebiet. Die Reihen a) und b) zeigen Klimaänderungsfolgen bezogen auf die Landwirtschaftsfläche von 1998 (Referenz) und in 2010. Die beiden unteren Reihen zeigen die Folgen von c) moderaten Wassereinsparmaßnahmen und Anbauflächen von 2010 und d) starken Wassereinsparmaßnahmen und weiterer Vergrößerung von Landwirtschaftsflächen (um 150% in Bezug auf 1998).

2. Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Position	€
Personalkosten (Position 0812)	419.233,15
Unterbeauftragten Personalkosten (Position 0822)	35.437,32
Vergabe von Aufträgen (Position 0835)	28.140,34
Sonstige Ausgaben (Position 0843)	4.303,30
Reisekosten (Position 0846)	22.954,89
Gegenstände über 410 EUR (Position 0850)	0,00
Summe	510.069,00

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die geleisteten Arbeiten waren notwendig, um die Ergebnisse (II.1 und III.2) zu erzielen und auszuarbeiten. Die Arbeiten sind mit angemessenen Ressourceneinsatz durchgeführt worden.

4. Nutzens und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Simulierte Szenarien der zukünftigen Wasserverfügbarkeit einschließlich deren Unsicherheiten, z.B. durch den Einsatz verschiedener globaler Klimamodelle wurden für das SuMaRio-DSS bereitgestellt. Über die Erforschung der verschiedenen Szenarien sollen Studierende und der fachliche Nachwuchs (die möglichen Wassermanager der Zukunft) ein Gefühl für diese Unsicherheiten bekommen. Diese Unsicherheiten sind oft schwer zu kommunizieren, aber sie sind sehr wichtig. Die Szenarien sind keine exakten Vorhersagen der zukünftigen Wasserverfügbarkeit; sie zeigen vielmehr mögliche zukünftige Veränderungen. Eine wissenschaftlich fundierte Bewertung der Auswirkungen des Klimawandels auf Klimavariablen und Abfluss ist die Basis für mittel- und langfristige Entscheidungen im Wasser- und Landnutzungsmanagement im Einzugsgebiet des Tarim-Oberlaufs.

Mit der Abschätzung von Wasserverfügbarkeit in den Zuflüssen des oberen Tarims hat das PIK einen wesentlichen Input für die Bewertung von verschiedenen Szenarien der Landnutzung bereitgestellt. Diese Ergebnisse, die im WP2 erzielt wurden, sind wichtig für die langfristige Planung von Wasser- und Landnutzung. Daher liefern unsere Ergebnisse wertvolle Informationen für die örtliche Bevölkerung und ermöglichen es, derzeitige Aktivitäten zu überprüfen und optimale Pläne für die Zukunft zu entwickeln. Aufbauend auf unseren Ergebnissen können langfristige Investitionen in die Wasserinfrastruktur und in das Landmanagement getätigt werden.

5. Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Einige Publikationen sind während der Projektlaufzeit erschienen, die unsere Arbeit stützen konnten, hauptsächlich aus benachbarten Regionen. Zum Beispiel haben die Publikationen Immerzeel et al. (2012, 2015) wertvolle Nachweise für große Niederschlagsunterschätzungen im Karakoram Gebirge geliefert. Auf der Klimafolgenabschätzungen für die Einzugsgebiete sind außerhalb des Sumario-Projektes keine weiteren Studien bekannt.

6. Veröffentlichungen der Ergebnisse

Hartmann, H.; Snow, J.; Stein, S.; Su, B.; Zhai, J.; Jiang, T.; Krysanova, V.; Kundzewicz, Z. W. (2016): Predictors of Precipitation for Improved Water Resources Management in the Tarim River Basin: Creating a Seasonal Forecast Model, *Journal of Arid Environments*, 125, 31-42.

Hartmann, H.; Snow, J.; Su, B.; Jiang, T.: Seasonal Predictions of Precipitation in the Aksu-Tarim River Basin for Improved Water Resources Management. *Global and Planetary Change*, under review.

Huang S., Krysanova V., Su B., Zhai J., 2015. Impact of intensive irrigation activities on river discharge under agricultural scenarios in the semi-arid Aksu River basin, northwest China. *Water Resour. Manag.* 29(3):945-959. DOI: 10.1007/s11269-014-0853-2

Hui, T., K. Fraedrich, C. Menz & J. Zhai, 2014. Trends in extreme temperature indices in the Poyang Lake Basin, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 28 (6) 1543-1553, doi: 10.1007/s00477-014-0863-x

Krysanova, V., M. Wortmann, T. Bolch, B. Merz, D. Duethmann, J. Walter, Sh. Huang, T. Jiang, B. Su & Z. W. Kundzewicz, 2015. Analysis of current trends in climate parameters, river discharge and glaciers in the Aksu River basin (Central Asia), *Hydr. Sci. Journal*, 60(4), 566-590.

Kundzewicz, Z., B. Merz, S. Vorogushyn, H. Hartmann, D. Duethmann, M. Wortmann, S. Huang, B. Su, T. Jiang, and V. Krysanova (2015): Analysis of changes in climate and river discharge with focus on seasonal runoff predictability in the Aksu River Basin, *Environmental Earth Sciences*, 73(2), 501-516.

Li, X., Jian, D., Huang, J., Tao, H., Su, B., Hartmann, H., Jiang, T.: Variation of actual evapotranspiration and its impacting hydrometrological factors in the Tarim River basin, China, in preparation.

Rumbaur, C., N. Thevs, M. Disse, M. Ahlheim, A. Brieden, B. Cyffka, D. Duethmann, T. Feike, O. Frör, P. Gärtner, Ü. Halik, J. Hill, M. Hinnenthal, P. Keilholz, B. Kleinschmit, V. Krysanova, M. Kuba, S. Mader, C. Menz, H. Othmanli, S. Pelz, M. Schroeder, T.F. Siew, V. Stender, K. Stahr, F.M. Thomas, M. Welp, M. Wortmann, X. Zhao, X. Chen, T. Jiang, J. Luo, H. Yimit, R. Yu, X. Zhang, and C. Zhao

(2015): Sustainable management of river oases along the Tarim River (SuMaRiO) in Northwest China under conditions of climate change, *Earth System Dynamics*, 6(1), 83-107.

Wang, D. ; Menz, C.; Simon, T.; Simmer, C. & Ohlwein, C. Regional dynamical downscaling with CCLM over East Asia *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2013, 121, 39-53(15)
doi:10.1007/s00703-013-0250-z

Wortmann, M., Krysanova, V., Kundzewicz, Z.W., Su, B., Li, X., 2014. Assessing the influence of the Merzbacher Lake outburst floods on discharge using the hydrological model SWIM in the Aksu headwaters, Kyrgyzstan/NW China. *Hydrol. Process.* 28, 6337–6350. doi:10.1002/hyp.10118

Veröffentlichungen noch in Bearbeitung:

Huang, S., M. Wortmann, J. Tong, V. Krysanova (in prep.) Impact of climate and landuse changes on water resources in the river oases of the Aksu, Hotan and Yarkant rivers, NW China.

Wortmann, M., T. Bolch, S. Buda, V. Krysanova (under review) Bridging glacier and river catchment scales: an efficient representation of glacier dynamics in a hydrological model.

Wortmann, M., T. Bolch, J. Tong, V. Krysanova (in prep.) Discrepancies of high-mountain precipitation in the Tarim River headwaters (NW China) and a consistent correction based on glaciohydrological modelling.

Wortmann, M., D. Duethmann, C. Menz, S. Huang, J. Tong, V. Krysanova (in prep.) Hydrological and glaciological change of the 21st century in the headwaters of the Tarim River, NW China.

Referenzen

Immerzeel, W.W., Pellicciotti, F., Shrestha, A.B., 2012. Glaciers as a Proxy to Quantify the Spatial Distribution of Precipitation in the Hunza Basin. *Mountain Research and Development* 32, 30–38. doi:10.1659/MRD-JOURNAL-D-11-00097.1

Immerzeel, W.W., Wanders, N., Lutz, A.F., Shea, J.M., Bierkens, M.F.P., 2015. Reconciling high-altitude precipitation in the upper Indus basin with glacier mass balances and runoff. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 19, 4673–4687. doi:10.5194/hess-19-4673-2015

Wechsung F, Wechsung M (2015) A methodological critique on using temperature-conditioned resampling for climate projections as in the paper of Gerstengarbe et al. (2013) winter storm- and summer thunderstorm-related loss events in Theoretical and Applied Climatology (TAC). *Theor Appl Climatol*:1-5. doi:10.1007/s00704-015-1600-1;

Wechsung F and Wechsung M (2014) Drier years and brighter sky – the predictable simulation outcomes for Germany’s warmer climate from the weather resampling model STARS. *Int. J. Climatol.*

