



IMPETUS
Westafrika

Integratives Management-Projekt
für einen **Effizienten und Tragfähigen Umgang mit Süßwasser in**
Westafrika:

*Fallstudien für ausgewählte Flusseinzugsgebiete
in unterschiedlichen Klimazonen*

Vierter Zwischenbericht

Zeitraum: 1.1.2003 - 31.12.2003

Ein interdisziplinäres Projekt der Universität zu Köln und der Universität Bonn

01. Juni 2004



Koordinierende Institutionen

Universität zu Köln Institut für Geophysik und Meteorologie <u>Prof. Dr. P. Speth (Sprecher)</u> Kerpener Str. 13 D-50923 Köln	Universität Bonn Geographisches Institut <u>Prof. Dr. B. Diekkrüger (Stellv. Sprecher)</u> Meckenheimer Allee 166 D-53115 Bonn
Tel.: 0221-470 3679 / Fax: 0221-470 5161 E-Mail: speth@meteo.uni-koeln.de	Tel.: 0228-73 2107 / Fax: 0228-73 5393 E-Mail: b.diekkrueger@uni-bonn.de

Kontaktadresse:

Universität zu Köln
Institut für Geophysik und Meteorologie
Dr. M. Christoph (Geschäftsführer)
Kerpener Straße 13
D – 50923 Köln

Telephon: (0221) 470 3690
Fax: (0221) 470 5161
e-mail: christoph@meteo.uni-koeln.de

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
Zusammenfassung	1
I. Einleitung	3
II. Darstellung der Teilprojekte	5
<u>Projektbereich A:</u>	5
Der hydrologische Kreislauf des Ouémé-Einzugsgebietes und sozioökonomische Implikationen	
AB1: Externe Klima-Antriebsszenarien auf der globalen und kontinentalen Skala	7
A1: Szenarien der raum-zeitlichen Variabilität von Niederschlag und Verdunstung auf der regionalen und lokalen Skala	23
A2: Bodenwasserdynamik, Oberflächenabfluss, Grundwasserneubildung und Bodendegradation auf der lokalen und regionalen Skala	33
A3: Funktionale Beziehungen zwischen raumzeitlicher Vegetationsdynamik und Wasserkreislauf	45
A4: Sozioökonomische Entwicklung im Hinblick auf die Verfügbarkeit der Ressourcen – Agrarsektormodellierung und Wasserbedarfsanalyse	57
A5: Verfügbarkeit, Qualität und Management von natürlichen Ressourcen: Sozialwissenschaftliche und medizinische Perspektiven	69
<u>Projektbereich B:</u>	83
Die Wasserbilanz des Drâa-Einzugsgebietes und sozioökonomische Implikationen	
AB1: Externe Klima-Antriebsszenarien auf der globalen und kontinentalen Skala	85
B1: Regionale und lokale Szenarien der raum-zeitlichen Variabilität von Niederschlag und Verdunstung in Marokko	87
B2: Wasserverfügbarkeit und Bodendegradation	93
B3: Steuerfunktionen der Vegetation für den Gebietswasserhaushalt des Drâa-Catchments	107
B4: Modellierung von Landnutzungsveränderung vor dem Hintergrund knapper Ressourcen und globalisierter Agrarmärkte	123
B5: Soziokultureller Wandel und Wassernutzung im Einzugsgebiet des Drâa	131
<u>Projektbereich C:</u>	143
Integration, Organisation und Datenmanagement	
C2: Datenmanagement und übergeordnete Arbeiten	145

Zusammenfassung

Im Berichtszeitraum vom 1.5.2003 bis 31.12.2003 wurden im Vorhaben IMPETUS die folgenden wichtigsten Ergebnisse erzielt:

Der seit den 1950er Jahren beobachtete Erwärmungstrend im Indischen Ozean verursachte im globalen Zirkulationsmodell ECHAM eine mit den Beobachtungen konsistente Trockenperiode im Sahel und einen Trend zur positiven Phase der Nordatlantischen Oszillation (NAO). Letzteres ist mit einer Tendenz zu trockeneren Jahren im westlichen Teil Marokkos verbunden. Somit ergibt sich ein Erklärungsansatz für die auch in Beobachtungen erkennbare Simultanität von dekadischen Trockenperioden im Sahel und in Westmarokko. Mit dem auf der kontinentalen Skala einsetzbaren Modell REMO konnte die Rolle der Vegetations- und Bodendegradation bei gleichzeitigem Treibhausgasantrieb untersucht werden. Dabei zeigte sich, dass an der Guineaküste der Treibhausgasantrieb überwog und sich die Niederschläge über eine Zunahme der Meerwassertemperaturen im nahen Atlantik gegen Ende des 21. Jh. um 120 mm im Zweimonatszeitraum Juli und August erhöhten. In der Sahelzone verursachten die idealisierten Vegetationsdegradierungen eine Abnahme des Niederschlags.

Im Bereich der Hydrologie wurde am Oberlauf des Ouémé auf der lokalen Skala zusätzlich zu den im Endbericht der ersten Phase aufgeführten Modellen TOPLATS und HILLFLOW das physikalisch basierte Modell SIMULAT-H angewendet. Aufgrund des hohen Parameterbedarfs bleibt die Anwendung dieses Modellkonzepts aber auf gut untersuchte, lokale Einzugsgebiete beschränkt. Auf der regionalen Skala wurde das bereits in der ersten Phase validierte, konzeptionelle hydrologische Modell UHP für weitere Teileinzugsgebiete der Größe 580 bis 10326 km² des Ouémé validiert. Es konnten auch für diese Teileinzugsgebiete zufrieden stellende Ergebnisse erzielt werden. Zur Abschätzung der aktuellen und zukünftigen Bodenerosion wurde das Modell SWAT2000 für Teileinzugsgebiete des HVO parametrisiert und kalibriert.

Für das gesamte Einzugsgebiet des oberen Ouémé stehen inzwischen räumlich explizite Karten der Landnutzungs- / Landbedeckungsänderung zur Verfügung. Umfangreiche statistische Analysen zeigen, dass die räumliche Lage der neuen Feldflächen zu 82 % durch nur drei Faktoren, den Abstand zu Straßen, die Ausgangslandbedeckung und die Bevölkerungsdichte erklärt werden können. Dies ist ein erstaunliches Ergebnis, in Anbetracht der Komplexität des Prozesses des Landnutzungswandels. Bezogen auf die Ernährungssicherheit, die Landnutzungsänderung und die Bevölkerungsentwicklung sind Untersuchungen bezüglich der Beweidung von Bedeutung. Es zeigt sich, dass sich viele Viehzüchter nun dauerhaft im Untersuchungsgebiet niederlassen, womit eine Veränderung der Weideintensität einhergeht. Da für Testgebiete auch die genauen Herdengrößen bekannt sind, kann dieser wichtige Faktor nun in die LUCC Modelle einfließen. Neben Untersuchungen zur demographischen Entwicklung, zum agrarstrukturellen Wandel und den Auswirkungen der politisch-administrativen Dezentralisierung in Benin auf das lokale Ressourcenmanagement lag der Schwerpunkt der Arbeiten in den sozialwissenschaftlichen Workpackages in der Vorbereitung und Durchführung eines umfassenden Regional-Survey im oberen Ouémé-Einzugsgebiet mit dem Schwerpunkt 'Existenzsicherung und Landnutzung'. Mit insgesamt 840 befragten, zufällig ausgewählten Männern und Frauen wurde eine Probabilität von 95% mit einem Konfidenzintervall von 5% erreicht. In den medizinischen Workpackages wurden

bislang mehr als 700 der insgesamt 1200 Wasserstellen des oberen Ouémé-Einzugsgebietes bakteriologisch und fast 200 virologisch beprobt und analysiert. Dabei konnte festgestellt werden, dass 70% der untersuchten Brunnen mit Fäkalkeimen kontaminiert sind. In ca. 6% der bakteriologisch untersuchten Brunnen konnten Kontaminationen durch nichttyphöse Salmonellen nachgewiesen werden. Auffällige Wasserquellen wurden mehrfach beprobt, um einen zeitlichen Verlauf der Kontaminationsgefahr in Abhängigkeit von Trocken- und Regenzeit darstellen zu können. Seit April 2004 wird eine Methode zur Sanierung kontaminierter Trinkwasserquellen mit dem Desinfektionsmittel Chlordioxid unter den gegebenen Bedingungen vor Ort erprobt, um zukünftig auf eine Interventionsmaßnahme für kontaminierte Quellen zurückgreifen zu können.

Für das südliche Drâatal in Südostmarokko erfolgte die Erstellung einer 40-jährigen Verdunstungsklimatologie der Jahre 1959-1998 mit dem FOOT3DK mittels gewichteter Rekombination typischer Nachsimulationszeiträume. Dabei ergab sich, dass innerhalb der Oasen Maximalwerte von fast 700 l/m² pro Jahr erreicht werden, außerhalb der Oasen bis zu 170 l/m². Der Vergleich mit gemessenen Transpirationsdaten im Untersuchungsgebiet zeigt, dass die simulierten Werte ein realistisches Bild wiedergeben.

Mit Hilfe der im Hohen Atlas installierten „snow pillows“, den Schneepaket- und Schneeoberflächen-Temperatursensoren, ist es nunmehr möglich, den Abbau der Schneedecke genauer zu messen. In der kalten Periode sublimiert der Schnee vorwiegend und nur etwa die Hälfte des Wasseräquivalentes schmilzt und trägt zur Grundwasserneubildung bei. In Kooperation mit der Hydrogeologie wurden die Möglichkeiten des MMS (Modular Modelling System) Modells im "nested approach" für zwei wasserführende Teilgebiete im Ameskartal getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass auch im Hochgebirge der Oberflächenabfluss nur Beträge erreicht, von etwa 10% des Niederschlags und bei Hochwasserabflüssen der Zwischenabfluss eine sehr bedeutende Rolle spielt. Zur Grundwasserdynamik wird ein Kaskadenmodell entwickelt das die Zusammenhänge zwischen dem Hochgebirge und dem Becken von Ouarzazate abbildet. Die erforderlichen isopenhydrologischen Untersuchungen sind im Hochgebirge weithin abgeschlossen. Die Isotopensignaturen der verschiedenen Beckenwässer zeigen, dass für die sehr jungen bis älteren Beckenwässer die Gebirge die entscheidenden Grundwasserneubildungsgebiete sind. Im Unterlauf des Drâa kann nachgewiesen werden dass, die Speisung des Porenaquifers durch Festgesteinsgrundwässer aus dem Bani Quarzit des Anti-Atlas erfolgt.

Einer der Schwerpunkte der fernerkundlichen Arbeiten in Marokko war die Erstellung eines digitalen Geländemodells (DEM) auf der Basis von Aster-Daten für das gesamte Projektgebiet. Damit konnte eine wichtige Informationslücke geschlossen werden, die bisher die raumbezogene Szenarienbildung behindert hat. Zu den Hauptaktivitäten im agrarökonomischen Bereich zählten die inhaltliche Konzipierung und die Datensammlung, vor allem bei Behörden in Marokko, sowie die Datenverarbeitung. Daneben wurden Vorbereitungsarbeiten für die Szenarienbildung durchgeführt. Insbesondere wurden wichtige Einflussfaktoren für die zukünftige wirtschaftliche einschließlich der landwirtschaftlichen Entwicklung identifiziert und erste Szenarienberechnungen durchgeführt. Weiterhin wurden einige der bereits für das Teilprojekt A4 entwickelten Modelle und Instrumente für Marokko angepasst, die in Anlehnung an das für das Teilprojekt A4-3 entwickelte Modellsystem BenIMPACT Bestandteil des Maroc Integrated Modelling System for Policy Analysis, Climate and Technology Change, kurz MarIMPACT, sind.

I Einleitung

Das vorliegende Projekt befasst sich mit dem in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts zur Verfügung stehenden Süßwasser in zwei Regionen südlich und nördlich der Sahara (Abb. E-1). Das südliche CATCH¹-Gebiet, welches sich zwischen 1°W und 5°E und von 6°N bis 15°N erstreckt, deckt das gesamte Spektrum westafrikanischer Tropenklimate (Sahel-, Sudan-, und Guineaküstenklima) ab und schließt das Staatsgebiet von Benin sowie Teile von Niger, Nigeria, Togo und Burkina Faso ein. Innerhalb dieses regionalen CATCH-Fensters wurde der Fluss Ouémé in Benin als typisches Flusseinzugsgebiet wechselfeuchter Randtropen ausgewählt (vgl. Projektbereich A.). Für das Flusseinzugsgebiet des Ouémé findet in Nordbenin das ca. 100x100 km große Ursprungsgebiet westlich von Parakou besondere Beachtung, in dem Untersuchungen konzentriert erfolgen. Das Gebiet nördlich der Sahara ist das Einzugsgebiet des Drâa in Marokko als ein Beispiel für ein Flusssystem im Gebirgsvorland humider bis arider Subtropen (vgl. Projektbereich B). Diese Auswahl der Flusseinzugsgebiete des Ouémé und des Drâa ist zum einen motiviert durch die Wechselwirkung, die möglicherweise zwischen den Klimaten Westafrikas und Europas über atmosphärische Telekonnectionsprozesse besteht sowie durch einen wahrscheinlichen Zusammenhang zwischen den seit den 70er Jahren anhaltenden Dürreperioden sowohl südlich als auch nördlich der Sahara. Zum anderen wird davon ausgegangen, dass die ausgewählten Flusseinzugsgebiete typisch für die jeweiligen Klimazonen sind und die dort erzielten Ergebnisse auf andere ähnliche Flusseinzugsgebiete übertragen werden können.

Die natürliche Verfügbarkeit von Süßwasser wird vom hydrologischen Zyklus kontrolliert. Eine effektive und anwendungsorientierte Betrachtung des hydrologischen Zyklus' bedeutet nicht nur, dass unterschiedliche Disziplinen der Naturwissenschaften sehr eng zusammenarbeiten müssen, sondern heißt auch, dass sozioökonomische und medizinische Fragestellungen zu berücksichtigen sind. Die Lösung derzeitiger und zukünftiger Probleme im Hinblick auf die Wasserversorgung ist nur mit einem interdisziplinären holistischen Ansatz erfolgversprechend, wobei eine der wesentlichen Herausforderungen in der Koordination der komplexen Wechselbeziehungen der beteiligten Disziplinen liegt. Ein solcher Ansatz wird im vorliegenden Projekt verfolgt. Die übergeordnete Zielstellung des auf insgesamt acht Jahre angelegten Projektes besteht in dem Aufzeigen konkreter Wege zur Umsetzung wissenschaftlicher Resultate in wissenschaftlich fundierte und belastbare, zugleich aber auch umsetzbare Lösungsstrategien vor dem Hintergrund einer sich ändernden natürlichen Umgebung. Hierdurch soll eine verlässliche Basis für politische Maßnahmen und internationale Vereinbarungen, aber auch für Entscheidungsträger aus Wirtschaft und Verwaltung bereitgestellt werden. In der ersten dreijährigen Phase standen überwiegend Diagnosen verschiedener Aspekte des Wasserhaushaltes im Vordergrund der Betrachtungen. Darauf aufbauend werden in der gegenwärtigen dreijährigen Phase verschiedene Szenarien in Bezug auf die Bandbreite der zu erwartenden Veränderungen bis zum Jahre 2020 entwickelt. Die im Laufe des Projektes gesammelten Erkenntnisse aller beteiligten Disziplinen werden in der

¹ Das Projekt CATCH ('Couplage de l'Atmosphère Tropicale et du Cycle Hydrologique') wurde von unseren französischen Kooperationspartnern von IRD ('Institut de Recherche pour le Développement') ins Leben gerufen.

abschließenden letzten zweijährigen Phase in die Bereitstellung von geeigneten Werkzeugen (im Sinne von Decision-Support-Systemen) für Entscheidungsträger münden.

Die Arbeiten werden von Wissenschaftlern der Universitäten Köln und Bonn ausgeführt, die sich in einem gemeinsamen Kompetenznetzwerk organisiert haben. Weitere benachbarte wissenschaftliche Institutionen werden mit einbezogen, wie z.B. das Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF) in Bonn. Die Forschungsinitiative IMPETUS ist eingebettet in die lokale Forschungslandschaft der Staaten, wo die Forschungsaktivitäten konzentriert werden, also überwiegend in Benin und Marokko. Es wird Wert darauf gelegt, die dortigen staatlichen, traditionellen und privaten Institutionen durch eine intensive Zusammenarbeit zu stärken und den Aufbau wissenschaftlichen „Know-hows“ zu fördern. Nachwuchsforscher aus den genannten Ländern erhalten durch Aufenthalte als Gastwissenschaftler in Köln und Bonn die Gelegenheit, von den Ergebnissen des Projekts zeitnah zu profitieren.

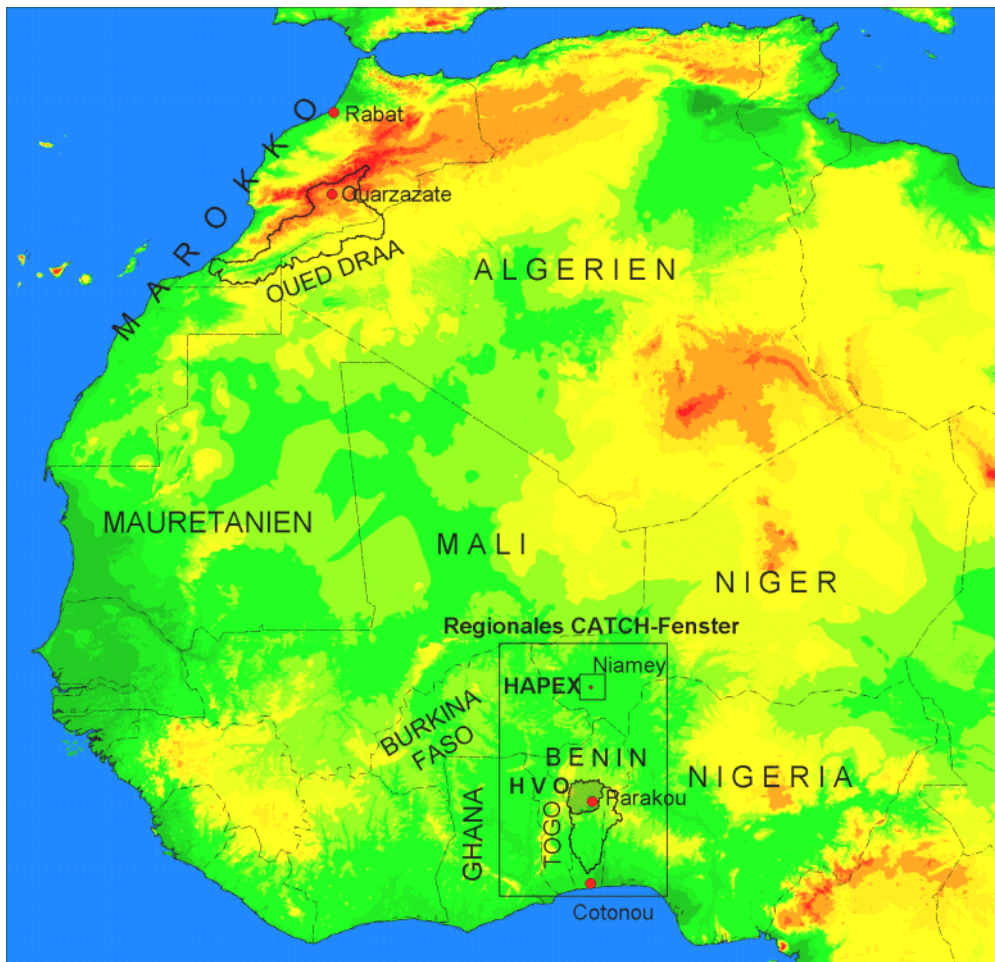


Abb. E-1: Die zwei betrachteten Flusseinzugsgebiete des DRÁA in Marokko und des OUÉMÉ mit Schwerpunkt in Benin, jeweils dargestellt durch fett gezeichnete Umrandungen. Das Einzugsgebiet des OUÉMÉ befindet sich im regionalen CATCH-Fenster (Erstreckung 1°W bis 5°E und von 6°N bis 15°N). Innerhalb des Flusseinzugsgebietes des OUÉMÉ wird in Nordbenin ein ca. 100 x 100 km² großes Teileinzugsgebiet westlich von PARAKOU (Haute Vallée de l'Quémé: HVO) gewählt, in dem Untersuchungen konzentriert erfolgen.

Durch das EPSAT-Niger (Estimation des Précipitations par Satellite au Niger) Experiment (1990-1999) und das HAPEX-Sahel (Hydrological and Atmospheric Pilot Experiment in the Sahel) Experiment liegen für ein Gebiet von ca. 100 x 100 km² um Niamey umfangreiche Datensätze vor.

II Darstellung der Teilprojekte

Projektbereich A

Der hydrologische Kreislauf des Ouémé-Einzugsgebietes und sozioökonomische Implikationen

Dachprojekt AB1**Externe Klima-Antriebsszenarien auf der globalen und kontinentalen Skala**

Antragsteller	Fach
Prof. Dr. P. Speth (Koordinator) Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln	Meteorologie: Klimamodellvalidierung und Klimadynamik
Prof. Dr. A. Hense Meteorologisches Institut, Universität Bonn	Meteorologie: großskalige Klimamodellierung und Regionalisierung
Dr. M. Latif Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg	Meteorologie: großskalige Klimamodellierung
Prof. Dr. C. Simmer Meteorologisches Institut, Universität Bonn	Meteorologie: Fernerkundung und Modellvalidierung

Zusammenfassung

Im ersten Projektjahr der zweiten Phase wurde der Einfluss der Meeresoberflächentemperaturen, insbesondere derjenigen des Indischen Ozeans, auf den Niederschlag in Westafrika mit Hilfe des ECHAM-Modells (Version 4.5) untersucht. Der seit den 1950er Jahren beobachtete Erwärmungstrend im Indischen Ozean verursachte im globalen Zirkulationsmodell ECHAM eine mit den Beobachtungen, konsistente Trockenperiode im Sahel und einen Trend zur positiven Phase der Nordatlantischen Oszillation (NAO). Letzteres ist mit einer Tendenz zu trockeneren Jahren im westlichen Teil Marokkos verbunden. Somit ergibt sich ein Erklärungsansatz für die auch in Beobachtungen erkennbare Simultanität von dekadischen Trockenperioden im Sahel und in Westmarokko. Gleichzeitig wurden die Klimasimulationsläufe mit der Version 4.6 des ECHAM-Modells gemäß der SRES A2 und B2 Szenarien vorbereitet. In der letztgenannten Version wurde ein einfaches dynamisches Vegetationsmodell (SVEGE) und eine verbesserte Hintergrundalbedo eingebaut. Der kombinierte Effekt beider Verbesserungen zeigt in „Nachhersageexperimenten“ eine deutlich verbesserte Simulation des Niederschlagsklimas in Westafrika, einschließlich dessen niederfrequenter Variabilität, so dass belastbarere Klimaszenarienrechnungen erwartet werden.

Mit dem auf der kontinentalen Skala einsetzbaren Modell REMO konnte die Rolle der Vegetations- und Bodendegradation bei gleichzeitigem Treibhausgasantrieb untersucht werden. Dabei zeigte sich folgendes Ergebnis: An der Guineaküste überwog der Treibhausgasantrieb und über eine Erhöhung der Meerwassertemperaturen im nahen Atlantik erhöhten sich die Niederschläge gegen Ende des 21. Jhd. um 120 mm im Zweimonatszeitraum Juli und August. In der Sahelzone und besonders im waldreichen Kongobecken verursachten die idealisierten Vegetationsdegradierungen eine Abnahme des Niederschlags. Diese Ergebnisse zeigen, wie wichtig die Einbeziehung der Biosphäre bei der Simulation des zukünftigen Klimas ist, und bestätigen den Ansatz des Projekts, für die SRES Szenarienrechnungen ein einfaches dynamisches Vegetationsmodell in ECHAM zu integrieren.

Im Rahmen der Niederschlagsfernerkundung und Validierung der Regionalmodelle mit Satellitendaten wurden Arbeiten zur Berücksichtigung der Daten der AMSR-Instrumente im Mikrowellenalgorithmus und zur Kalibrierung von Meteosat Infrarotbildern durchgeführt.

Folgende Ergebnisse wurden im ersten Projektjahr in den einzelnen Workpackages im Detail erzielt:

Workpackage AB1-1: Validierung von ECHAM und Durchführung globaler Treibhausgasszenarien zwecks Abschätzung der Auswirkungen externer Klimaantriebe in Nordwest- und Westafrika

Ziel des Teilprojekts ist die Entwicklung und Bewertung von Klimaszenarien in Hinblick auf Mittelwerte und Unsicherheiten eines zukünftigen Klimas, das durch Zustandsgrößen beschrieben wird, die aus einem in seiner physikalischen Komplexität erweiterten Klimamodell resultieren. Den Ergebnissen dieser Szenarienläufe obliegt ein hoher Grad an Bedeutung, da sie sowohl am Anfang einer dynamischen meteorologischen Modellkette (ECHAM → REMO → LM → FOOT3DK) stehen, als auch als Dateninput diverser Modelle anderer Fachdisziplinen dienen, um im interdisziplinären Ansatz den Wasserkreislauf am Beispiel der von IMPETUS fokussierten Flusseinzugsgebiete zu beschreiben.

Der Einfluss des Indischen Ozeans auf den Niederschlag des Westsahels wurde schwerpunktmäßig gegen Ende des ersten Projektabschnitts untersucht und zu Beginn der zweiten Phase abgeschlossen bzw. in Bader und Latif (2003) publiziert. Die für die Szenarienbewertung in der zweiten Phase relevanten Ergebnisse sollen hier kurz wiedergegeben werden. Die Meeresoberflächentemperatur des Indischen Ozeans zeigt einen Erwärmungstrend seit den fünfziger Jahren. Der Einfluss dieses Trends auf den Niederschlag des Westsahels wurde mit Hilfe von Beobachtungsdaten und mit der Durchführung von Simulationen mit dem globalen atmosphärischen Zirkulationsmodell ECHAM4.5 untersucht. Ein wesentliches Ergebnis ist, dass der Erwärmungstrend im Indischen Ozean eine entscheidende Rolle bei der Niederschlagsabnahme im Sahel seit den fünfziger Jahren gespielt hat. Ein zusätzliches Resultat dieser Untersuchung ist, dass die Erwärmung im Indischen Ozean einen signifikanten Einfluss auf die Nordatlantische Oszillation (NAO) ausübt, im Besonderen auf den Trend der NAO. So führt im Experiment eine Erwärmung im Indischen Ozean zu einer deutlich verstärkten NAO. Dies ist in Übereinstimmung mit dem beobachteten Trend der NAO. Dieses Ergebnis ist für das Projekt insofern von besonderer Bedeutung, da der Niederschlag im westlichen Marokko stark von der NAO beeinflusst wird. Ein positiver/negativer NAO-Index führt zu einer Niederschlagsreduktion/-zunahme im westlichen Marokko. Um die bisherigen Ergebnisse zu manifestieren wurden im Berichtszeitraum zusätzliche Modellsimulationen mit dem neuen gekoppelten Ozean-Atmosphäre-Modell ECHAM5/MPI-OM durchgeführt. Es wurden Sensitivitätsläufe durchgeführt, in denen die Meeresoberflächentemperatur (SST) nur im tropischen Indischen Ozean vorgeschrieben wurde. In allen anderen Ozeanregionen ist die SST eine reine Modellgröße. Auch in diesen Modellsimulationen ergibt sich ein deutlicher Einfluss des Indischen Ozeans auf die NAO und den Niederschlag über dem westlichen Marokko und dem Sahel. Die Experimente bestätigen, dass der Erwärmungstrend im tropischen Indischen Ozean möglicherweise das beobachtete, gleichzeitige

Auftreten der Dürren in Marokko und des Sahels seit den siebziger Jahren verursacht haben könnte. Die Experimente zeigen ebenso einen deutlichen Einfluss des Indischen Ozeans auf die thermohaline Zirkulation (THC) im Atlantik via NAO-Änderungen und Änderungen des Frischwasserflusses im tropischen Atlantik. Die simulierte Erwärmung im tropischen Indischen Ozean in Treibhausgasszenarien könnte daher eine stabilisierende Wirkung auf die THC im zukünftigen Klima haben.

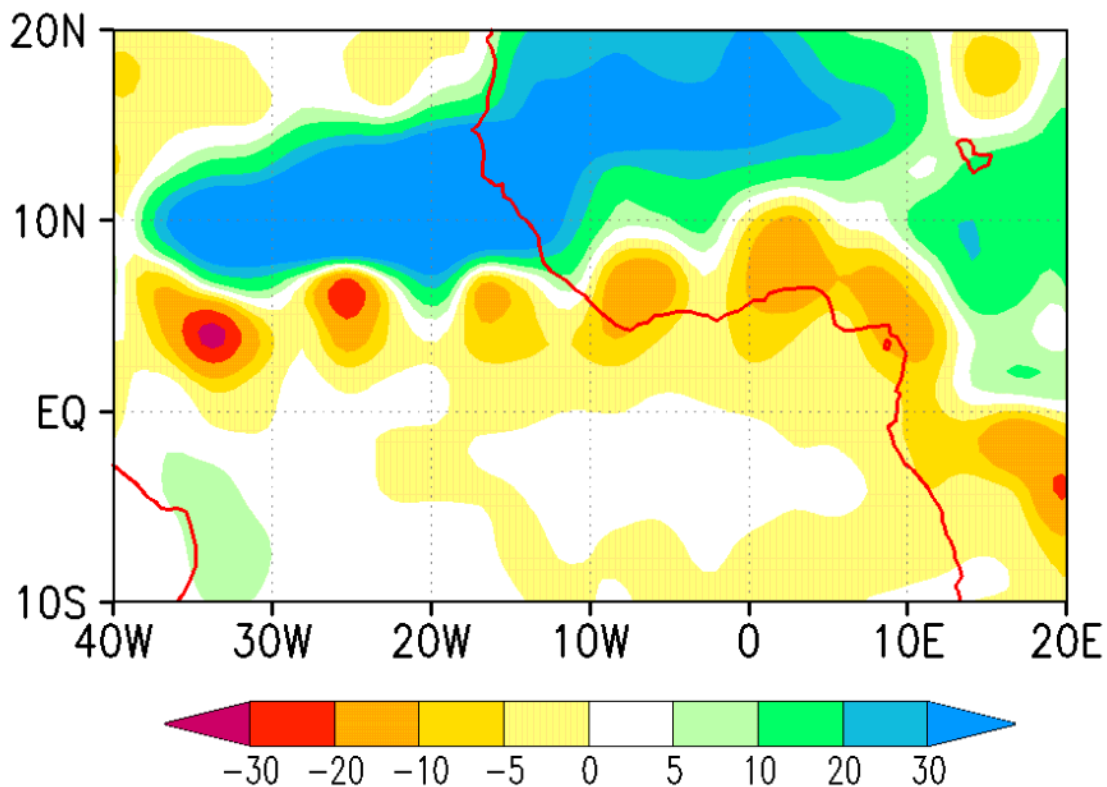


Abb. AB1-1: Juli-September Niederschlagsanomalie als Folge von SST-Anomalien mit gleichem Vorzeichen im östlichen tropischen Atlantik und im tropischen Indischen Ozean [mm/Monat].

Des weiteren wurden die großräumigen Niederschlagsanomalienmuster im Sommer über Westafrika südlich der Sahara untersucht (Bader und Latif, Manuskript eingereicht). Ein Niederschlagsanomalienmuster ist gekennzeichnet durch entgegengesetzte Vorzeichen entlang der Guinea Küste und dem Westsahel. Das zweite Muster weist gleiche Vorzeichen über dem ganzen südlichen Westafrika auf. Einige Kernaussagen der Untersuchungen sind folgende:

- Dass durch entgegengesetzte Niederschlagsanomalien gekennzeichnete Muster lässt sich durch gleichzeitige Meeresoberflächentemperaturanomalien mit gleichem Vorzeichen im tropischen Indischen Ozean und im östlichen tropischen Atlantik erzeugen (siehe Abb. AB1-1)
- Das zweite Muster lässt sich durch simultane, entgegengesetzte Anomalien in diesen beiden Ozeanregionen induzieren

- Erhöhter/reduzierter Niederschlag über der Westsahel Region ist nicht notwendigerweise verbunden mit dem Transport besonders feuchter/trockener Luft vom tropischen Atlantik.

Die Auswertung des CMIP2-Ensembles ergab bzgl. der Guineaküste eine klare Erwärmung in dieser Region als Folge von steigendem CO₂ (siehe AB1-2). So prognostizieren alle ausgewerteten Ensemblemitglieder eine Erwärmung als Folge von zunehmenden CO₂. In bezug auf den Niederschlag ergab sich ein nicht so eindeutiges Signal. Im Ensemblemittel nahm jedoch der Niederschlag zu.

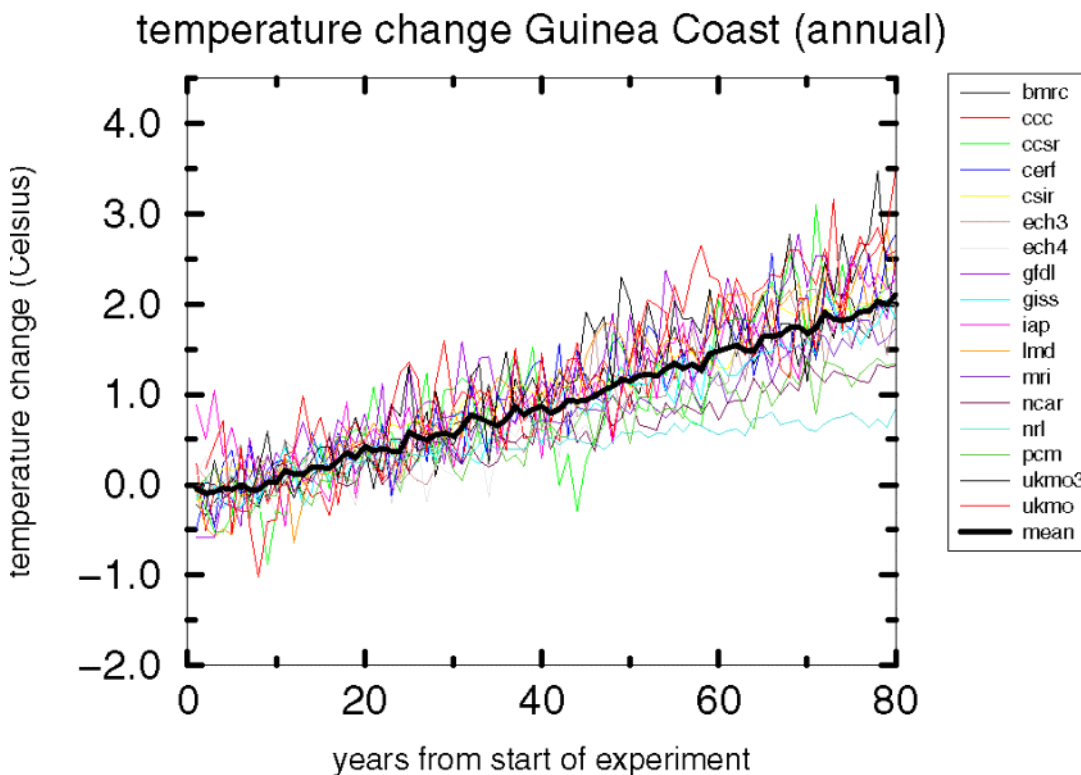


Abb. AB1-2: Temperaturänderung entlang der Guinea-Küste in den Treibhausgaszenarienläufen (relativ zu den Kontrollläufen).

Eine Überprüfung der Ergebnisse aus den Vegetationsläufen in Phase 1 mit dem differenzierten Vegetationsmodell JSBACH konnte bisher noch nicht durchgeführt werden. Der Grund hierfür liegt an einer bisher noch nicht verfügbaren, funktionsfähigen, gekoppelten Version ECHAM/JSBACH. Diese steht jedoch jetzt unmittelbar vor den ersten Testläufen.

Die Klimaszenarien werden mit Hilfe des globalen atmosphärischen Zirkulationsmodells ECHAM (Roeckner et al., 1996) in der Version 4.6 (T42, L19) erstellt. Um mögliche Unsicherheiten für ein zukünftiges Klima besser einschätzen zu können, ist das globale Modell in drei für den Untersuchungsgegenstand wesentlichen Punkten optimiert worden:

- Es wird nicht das sogenannte "Business-as-usual" (IS92a, Leggett et al., 1992) Szenario verwendet, sondern die als realistischer eingeschätzten neuen IPCC SRES (Special Report on Emission Scenarios) Szenarien (Nakicenovic et al., 2000). Das Forcing des Modells erfolgt aus Gründen kürzerer Rechenzeit nicht mit einem gekoppelten Chemie-Modell, sondern über das Einlesen

einer dreidimensionalen Aerosolverteilung (Boucher, 2002). Aus den vier Storylines der SRES-Szenarien (A1, A2, B1 und B2; Nakicenovic et al., 2000) werden die als realistisch eingestuften Szenarien A2 und B2 verwendet. Aus existierenden gekoppelten ECHAM4 - SRES-Szenarienrechnungen mit gleichem Forcing (Stendel et al., 2002) dient die simulierte Wasseroberflächentemperatur zur Beschreibung der unteren Randbedingung im Modell und die Kopplung an den Ozean. Die 240 Jahre umfassenden Klimamodellläufe beschreiben den Zeitraum 1860 bis 2100. Dazu wird der vorindustrielle Zeitraum (1860 bis 1990) durch eine beobachtete bzw. analysierte Zeitreihe der SST beschrieben, die durch die Daten der SRES-Szenarienrechnungen fortgesetzt wird. Dadurch ist die rechenintensivere Simulation eines gekoppelten Klimalaufs nicht notwendig und eine Vergleichbarkeit mit anderen Modellläufen dennoch gewährleistet, da beiden Modellen das gleiche Forcing zugrunde liegt.

(ii) Studien einer Nachsimulation der Niederschlagsvariabilität mit ECHAM4 im Bereich der Sahel Region zeigen, dass die Rolle der Vegetation für die Klimasimulation von Bedeutung ist. Die Berücksichtigung dieser weiteren Komponente führt zu einer der Realität besser entsprechenden Beschreibung des Wasserkreislaufes (Schnitzler et al., 2001). Dazu wird das Vegetationsmodell SVEGE (Simple dynamic VEGEtation model; Zeng et al., 1999) an das globale Modell gekoppelt. SVEGE realisiert eine Veränderung der Vegetation indirekt über eine Kopplung an die Albedo, die sich in Abhängigkeit des Niederschlags und somit dem für die Pflanzen verfügbarem Wasser ändert.

(iii) Die in (ii) beschriebene Kopplung eines einfachen Vegetationsmoduls an das Atmosphärenmodell ist stark von den Bodeneingangsdaten für das Modell abhängig. Deshalb kommt in den Klimasimulationen der verbesserte Landoberflächendatensatz des Max-Planck-Instituts für Meteorologie (MPI) zum Einsatz (Hagemann, 2002), um insbesondere durch die aktualisierten Werte der Hintergrundalbedo eine der Realität nähere Simulation zu ermöglichen und schließlich vertrauenswürdiger Szenarien zu produzieren.

Die Modellversion ECHAM 4.6 wurde erfolgreich auf die Großrechenanlagen des Regionalen Rechenzentrums der Universität zu Köln (RRZK) transportiert und erste Testrechnungen zeigen, dass eine optimale Ausnutzung bei 8 CPUs liegt. Damit nimmt eine 240 Jahre andauernde Modellsimulation etwa 70 Tage Rechenzeit in Anspruch (exklusive Systemausfälle) und somit sollte eine Ensemblerechnung beider gewünschter SRES Szenarien (A2 und B2) sowie die eines Kontrolllaufes möglich sein.

Workpackage AB1-2: Sensitivität des nordwest- und westafrikanischen Niederschlages gegenüber Veränderungen im globalen Strahlungshaushalt und in der kontinentalen Landoberflächencharakteristik

Im ersten Jahr der zweiten Antragsphase wurden vor allem drei Zielsetzungen verfolgt: Zunächst wurde die Langzeitklimatologie diverser Klimagrößen mit Hilfe des regionalen Klimamodells REMO fortgeführt. Mittlerweile wurde der Simulationszeitraum auf die Periode 1979 bis 2004 erweitert und ist fast abgeschlossen. Damit stehen nun 25 Jahre 6-stündlicher Daten in hoher räumlicher Auflösung über dem gesamten westafrikanischen Subkontinent allen Teilprojekten zur Verfügung. Sobald die aktuellen Analysen des ECMWF freigegeben werden, wird die Lang-

zeitklimatologie jeweils operationell erweitert, so dass immer aktuelle Daten mit ca. zwei Monaten Zeitverzögerung zur Gegenwart realisiert werden können. Dieses Langzeitexperiment wird auch die Grundlage bilden für einen MOS-basierten (Model Output Statistics) saisonalen Vorhersageansatz (Paeth und Hense, 2003). Bisherige Validationsstudien haben ergeben, dass das Regionalmodell REMO eine sehr zufrieden stellende Reproduktion des beobachteten Klimas über Afrika liefert (Paeth et al., 2004). Insbesondere die komplexe Dynamik der westafrikanischen Monsunströmung wird mit allen Komponenten wie beispielsweise den African Easterly Waves korrekt simuliert. Damit empfiehlt sich das Modell auch für die anvisierten Szenarioläufe.

Eine zentrale Fragestellung im meteorologischen Teilprojekt befasst sich mit den Einflussfaktoren einer zu erwartenden Klimaänderung in Westafrika. Bisherige Studien haben bereits die wichtige Rolle der Vegetationsbedeckung und der Bodenhydrologie für die Klimavariabilität im tropischen und subtropischen Afrika herausgestellt (Zeng et al., 1999; Feddema und Freire, 2001). In Vorbereitung auf eine Ausarbeitung realistischer Klimaszenarien für die Region, wurden im zurückliegenden Jahr Sensitivitätsstudien mit REMO durchgeführt, bei denen die Bedeutung dieser Randbedingungen in Form idealisierter Szenarien quantifiziert und mit dem Einfluss steigender Treibhausgaskonzentrationen (siehe Paeth und Stuck, 2004) verglichen wurde. Zuerst wurden 4 Experimente mit progressiv reduzierter Vegetationsbedeckung durchgeführt. Dabei wurde in Ermangelung exakterer Abschätzungen vorerst ein räumlich homogenes Muster des Vegetationsrückganges vorgeschrieben. Um ein möglichst konsistentes Szenario der Landoberflächenveränderungen im Modell zu generieren wurden neben der Vegetationsbedeckung weitere damit verbundene Oberflächenparameter wie der Blattflächenindex, die Albedo, der Waldanteil und die Rauheitslänge modifiziert. Die idealisierten Szenarien belaufen sich auf 75%, 50%, 25% und 0% der gegenwärtigen Vegetationsbedeckung. Zum Vergleich: Die FAO schätzt bis zum Jahr 2025 einen Rückgang der Vegetation um über 30% im sahelischen und tropischen Afrika. Bei gegenwärtiger Trendfortschreibung ist bis Ende des 21. Jahrhundert durchaus mit einer Reduktion um 75% gegenüber heute zu rechnen. Das 0%-Szenario muss also als übertrieben eingeschätzt werden und dient hier nur zur Quantifizierung des maximalen Effektes.

Das durch die Vegetationsdegradierung induzierte Signal im saisonalen Niederschlag während der exemplarischen Regenzeit Mai bis Oktober 1991 ist in Abb. AB1-3 zu sehen. Es zeigt sich, dass insbesondere im tropischen Afrika eine erhebliche Abnahme der saisonalen Niederschlagssummen zu verzeichnen ist. Im Kongobecken werden im Falle einer vollständigen Vegetationszerstörung negative Anomalien um bis zu 1500 mm während der sommerlichen Regenzeit simuliert. Der Effekt der Landnutzungsänderung ist nicht linear, so dass bereits im 25%-Szenario ein annähernd maximales Niederschlagssignal vorhergesagt wird. Die Außertropen sind weitaus weniger betroffen von einer Landdegradation. In Afrika spiegelt das Muster der Niederschlagsanomalien in erster Linie die Hauptverbreitungsgebiete der Vegetation wider, wohingegen wüstenhafte Regionen kaum beeinflusst werden.

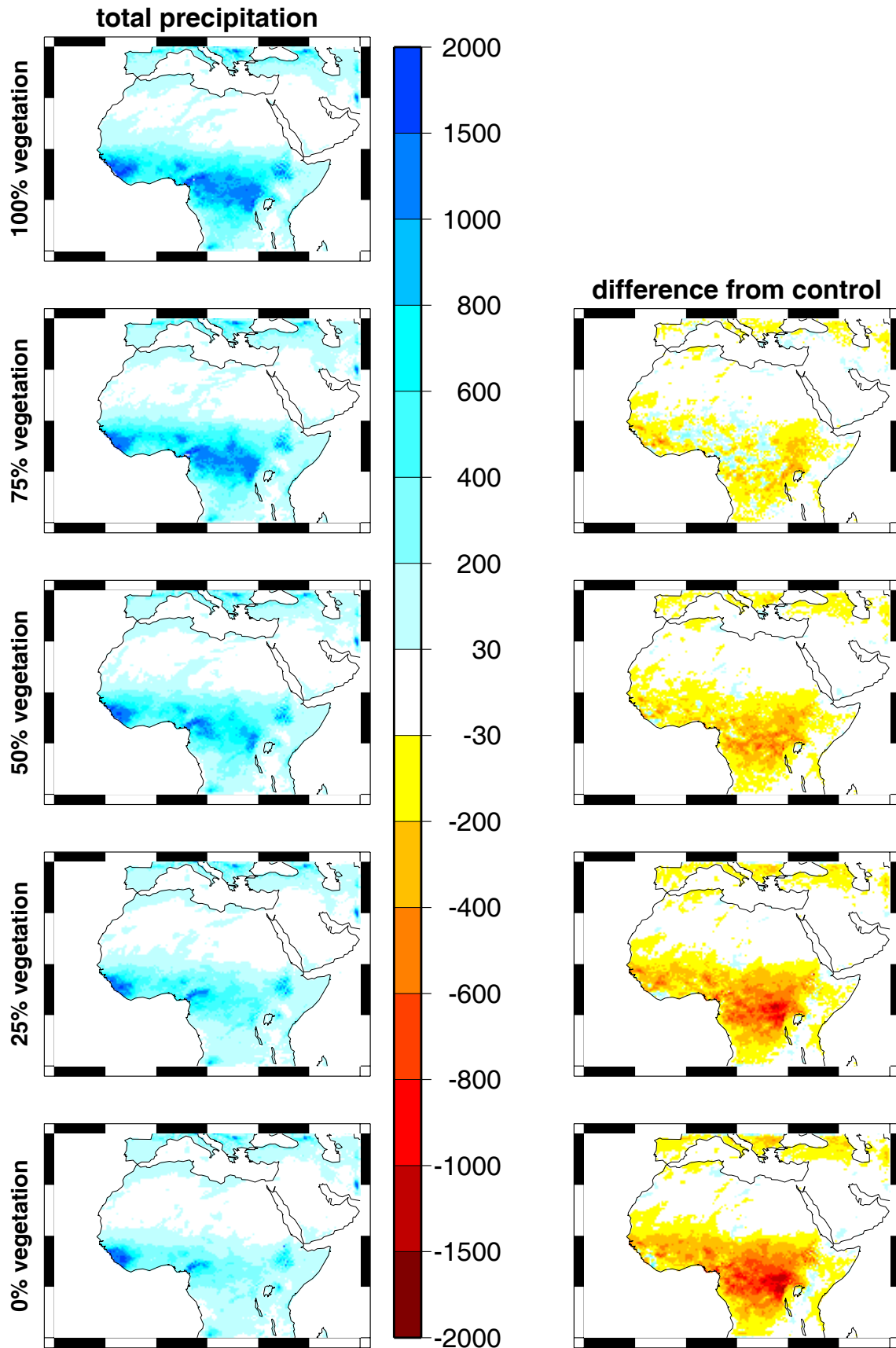


Abb. AB1-3: Niederschlagsänderungen durch eine vorgeschriebene idealisierte Abnahme der Vegetationsbedeckung über den Landoberflächen, Beispielzeitraum Mai-Oktober 1991.

Generell weist der konvektive Niederschlag eine höhere Sensitivität auf als der großskalige Niederschlag. Diese Erkenntnis impliziert die Frage nach den physikalischen Prozessen, welche eine Modifikation der Landbedeckung in eine Veränderung im hydrologischen Kreislauf transformieren. Es hat sich gezeigt, dass sich der Einfluss der Vegetation in einen dynamischen und einen lokalen Anteil unterteilen lässt. Beide Komponenten tragen gemeinsam zum Feuchtegehalt einer Luftsäule und damit zur Wolken- und Niederschlagsbildung bei. In erster Linie verursacht eine Reduzierung der Vegetationsbedeckung eine Verschiebung der Bowen-Ratio zugunsten verstärkter sensibler Wärmeflüsse über Land, wohingegen die Verdunstung drastisch abnimmt. In Bodennähe resultiert daraus eine Erwärmung um bis zu 4°C. Diese Veränderung der großskaligen Temperaturgradienten hat eine erhebliche Auswirkung auf die großräumige Monsunzirkulation und geht mit einer vermehrten Feuchteanreicherung über dem tropischen Afrika einher, welche wiederum im Widerspruch zur simulierten Niederschlagsabnahme steht. Letztere wird ausgelöst durch den lokalen Effekt der verringerten Verdunstung von den Landoberflächen, welcher vor allem durch die Unterdrückung der Transpiration und Interzeption der Pflanzen bedingt wird und den großskaligen dynamischen Effekt überkompensiert. Dadurch ergibt sich die große Ähnlichkeit zwischen Signalmuster und Pflanzenverbreitung. Die Dominanz des lokalen Effektes besitzt auch eine politische Dimension: Da eine lokale Veränderung der Landnutzung in positiver wie negativer Hinsicht auch eine lokale Modifikation des hydrologischen Zyklus anregt, lassen sich regionale und nationale Entscheidungsträger möglicherweise eher zu Schutzmaßnahmen in ihren Wald- und Steppenarealen motivieren.

Durch die komplexe Einbindung der einzelnen Vegetationsparameter in das Bodenmodell von REMO wird in den Vegetationsexperimenten bereits eine weitreichende Modifikation der Bodenhydrologie implizit vorgenommen. Dieser Mechanismus kommt auch in der markanten Reduzierung der latenten Wärmeflüsse zum Ausdruck. Darüber hinaus besitzt das Bodenmodell einige Parameter, die das Verhältnis von Infiltration und Verdunstung zu Oberflächenabfluss und Drainage steuern. Diese Parameter werden in der Regel konstant gehalten, obwohl sie sich im Sinne einer realen Landnutzungsänderung ebenfalls anpassen würden. Um diesen Vorgang isoliert von den Vegetationsexperimenten zu betrachten, wurden zwei REMO-Läufe bei gleich bleibenden unteren und seitlichen Randbedingungen realisiert, bei denen diese Bodenparameter in Analogie zu einer fortschreitenden Bodendegradation verändert wurden. Die Modifikation lässt sich derart zusammenfassen, dass die Infiltration zugunsten des lateralen Abflusses verringert wurde. Zusätzlich wurde der Welkepunkt heraufgesetzt, so dass den Pflanzen weniger Bodenwasser für die Transpiration zur Verfügung stand. Diese approximative Form der Bodendegradation hat ein ähnliches Muster der Niederschlagsanomalien zur Folge wie die Vegetationsabnahme (Abb. AB1-4): Weite Teile des tropischen Afrikas zeichnen sich durch abnehmende saisonale Niederschlagssummen aus. Allerdings fällt die Amplitude der Anomalien deutlich geringer aus, und das Signalmuster ist räumlich weniger homogen. Eine statistische Analyse hat ergeben, dass im Gegensatz zur Vegetation die Modifikation der Bodenparameter keinen signifikanten Einfluss auf die Niederschlagsvariabilität besitzt. Dennoch übt der Boden einen zu berücksichtigenden Zusatzeffekt aus, der im Zusammenhang mit einem realistischen Zukunftsszenario zu implementieren ist.

Die Ergebnisse in Abb. AB1-3 und AB1-4 lassen sich nun mit dem Einfluss steigender Treibhausgaskonzentrationen vergleichen (siehe Paeth und Stuck, 2004). Hierfür wurden regionale

Mittelwerte des saisonalen Niederschlages gebildet für drei Großräume im tropisch-randtropischen Afrika: die Guineaküstenregion, die Sahelzone und das Kongobecken. Die Anomalien beziehen sich nun allerdings nur auf den Zeitraum Juli-August wegen des kürzeren Simulationszeitraumes der Treibhausgasexperimente.

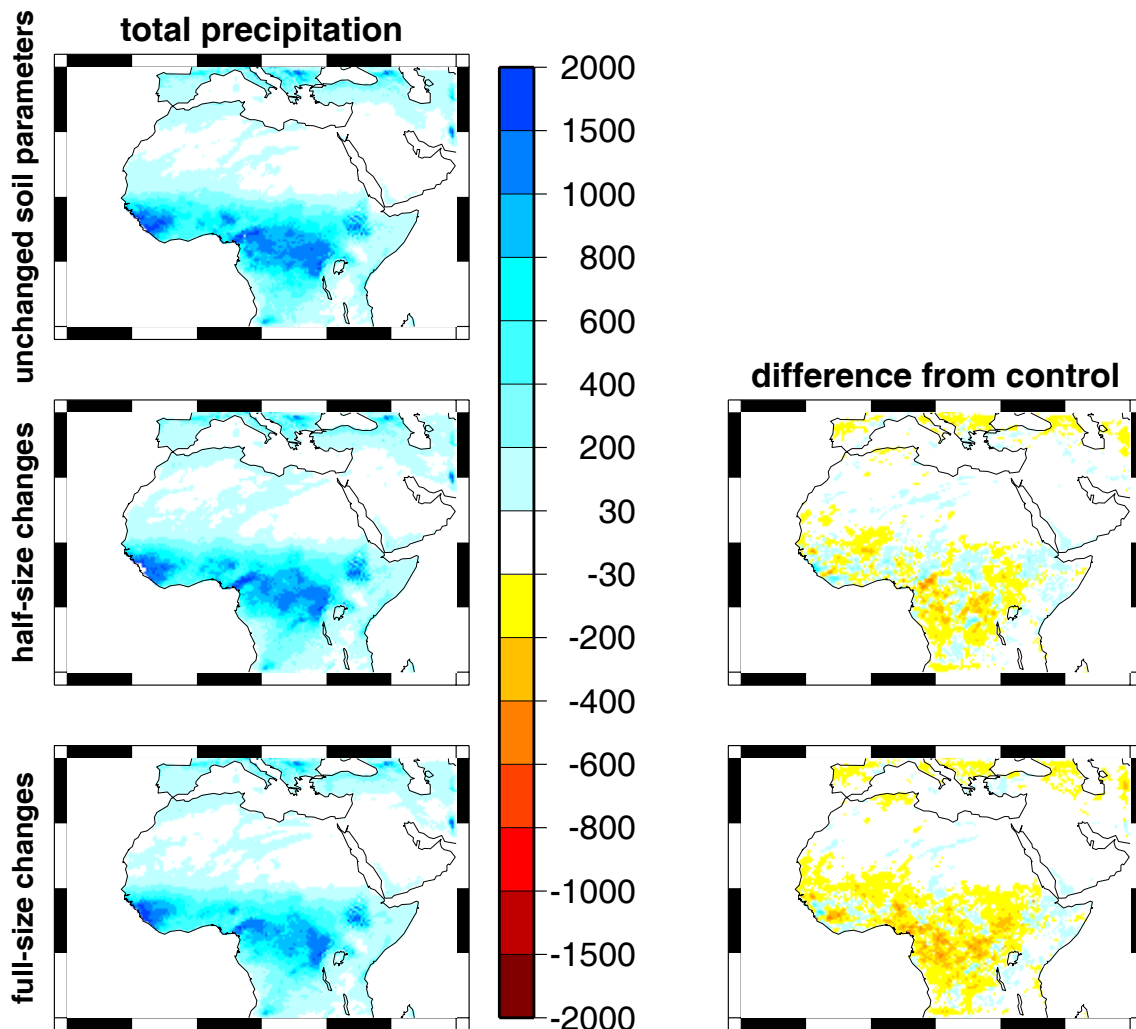


Abb. AB1-4: Niederschlagsänderungen durch eine vorgeschriebene Veränderung jener Bodenparameter, die an eine Abnahme der Vegetationsbedeckung gekoppelt sind, Beispielzeitraum Mai-Oktober 1991.

Abbildung AB1-5 listet die mit den unterschiedlichen Antrieben verbundenen Niederschlagsveränderungen auf. Im Bereich der Guineaküste scheint die Verstärkung des Treibhauseffektes den Einfluss der Land- und Bodendegradation zu dominieren. Gegen Ende des 21. Jahrhunderts könnte die globale Erwärmung im regionalen Mittel bis zu 120 mm mehr Niederschlag während des Zweimonatszeitraumes bewirken. Der physikalische Mechanismus, der zu diesem deutlichen Signal führt, konnte in einer Detailstudie weitestgehend geklärt werden. Entscheidend ist eine durch den Strahlungsantrieb verursachte Erwärmung des tropischen Atlantiks, welche ihrerseits eine lineare Anomalie in der tropischen Troposphäre auslöst, die im südlichen Westafrika eine Niederschlagszunahme bewirkt (Paeth and Stuck, 2004). Dieser Erhöhung der Frischwasserzufuhr steht eine Niederschlagsabnahme um ca. 60 mm durch die Landoberflächenveränderungen

entgegen. Die Sahelzone erweist sich kaum sensitiv gegenüber dem Strahlungsantrieb, wohingegen die Degradation von Vegetationsdecke und Boden eine weitere Verschlechterung der Lebensbedingungen impliziert: Die Niederschläge gehen im Juli und August um fast 80 mm zurück bei einem ohnehin geringen Ausgangsniveau. Zu den großen Verlierern dieser Studie gehört das Kongobecken, wo alle Einflussfaktoren eine Verringerung der Regensummen zur Folge haben. Trotz der hohen Gesamtniederschläge von bis zu 2000 mm im Jahr erscheint eine Niederschlagsabnahme um annähernd 200 mm im regionalen Mittel während eines Zweimonatezeitraumes durchaus gravierend für Mensch und Ökosysteme.

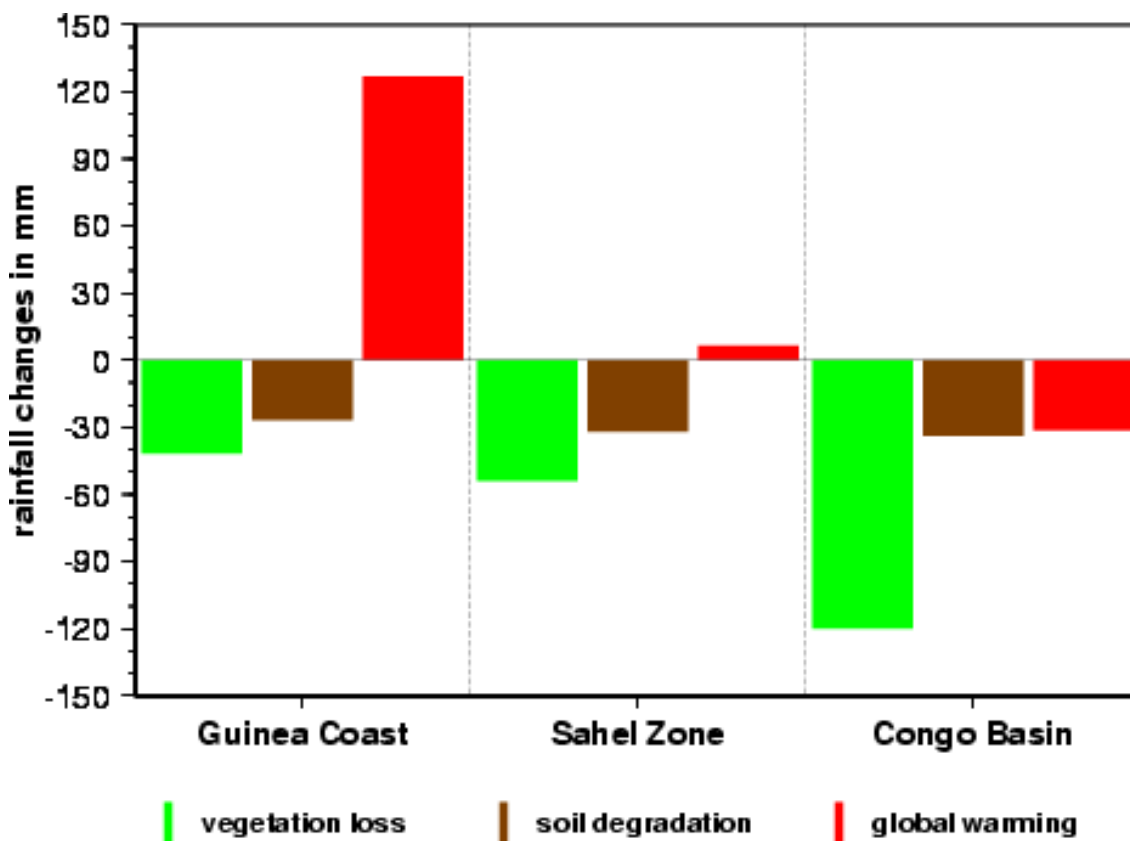


Abb. AB1-5: Quantitativer Vergleich zwischen allen Einflussfaktoren, ausgedrückt als Gesamtniederschlagsänderung während der Hauptregenzeit im Juli und August im Mittel über die 3 Hauptregionen im tropischen Afrika. Das 25%-Vegetationsszenario wird als wahrscheinlichstes gegen Ende des 21. Jahrhunderts eingeschätzt.

Die Erkenntnisse dieser idealisierten Sensitivitätsstudie bildeten die Ausgangsbasis für die Entwicklung möglichst realistischer Zukunftsszenarien in REMO. Es wurde deutlich, dass nur eine Kombination von Strahlungsantrieb und Landnutzungsänderungen dem komplexen Wirkungsmechanismus der Klimavariabilität im tropischen und subtropischen Afrika gerecht werden kann. Mittlerweile wurden die ersten Zeitscheibenexperimente realisiert, die neben einer Erhöhung der Treibhausgaskonzentrationen auch eine Reduktion der Vegetation und eine Degradation im Boden berücksichtigen. In Kooperation mit Teilprojekt A3 wurden wahrscheinlichere, räumlich heterogene Muster des Vegetationsrückgangs generiert und an die Abschätzungen der FAO angepasst. Der Strahlungsantrieb schließt neben der ozeanischen auch die atmosphärische Komponente mit ein, die inzwischen in REMO implementiert wurde. Der Antrieb an den Rän-

dem erfolgt über einen bereits durchgeführten ECHAM4-Lauf mit B2-Szenario. Die Zeitscheibenexperimente werden bis zum Jahr 2020 fortgeführt, in den nächsten Monaten ausgewertet und allen Teilprojekten in IMPETUS zur Verfügung gestellt.

Workpackage AB1-3: Niederschlags-Monitoring und quantitative Modellvalidierung mit Satellitendaten

Kernpunkt dieses Arbeitspaketes ist die Nutzung von Satellitendaten im Mikrowellen- und Infrarotspektralbereich zur Ableitung von Niederschlag über Nordwestafrika. Innerhalb von IMPETUS werden diese Daten für drei verschiedene Aktionen benötigt:

- Validierung der Atmosphärenmodelle
- Antrieb für hydrologische Modelle
- Klimatologische Untersuchungen

Im folgenden wird der Status der im Antrag genannten Punkte angegeben.

Extraktion und Aufbereitung von Standardwolkenparametern von METEOSAT für die Gitter der zu validierenden Modelle und die festgelegten Validierungszeiträume (u.a. die Regenzeit 2002, für welche wegen der aerologischen Kampagne in Parakou LM und FOOT3DK Simulationen vorgesehen sind, vgl. WP A1-1 und A1-2).

Genutzt werden sollen die Cloud Analysis Parameter (total cloud amount und cloud top temperature) von EUMETSAT. Dieser Punkt wurde bislang noch nicht bearbeitet, da noch keine verbindliche Liste der durchzuführenden Simulationen vorlag und die Modellrechnungen erst erstellt werden. Die Beschaffung der Daten von EUMETSAT gestaltet sich aufwändig und sollte nur für die wirklich benötigten Daten durchgeführt werden.

Erweiterung des Netzwerkes passiver Mikrowellenradiometer von der Kombination TMI-SSM/I um das neue AMSR (zwei Satelliten) für den Niederschlagsalgorithmus über Land.

Hier lag der Schwerpunkt der Arbeiten im Berichtszeitraum. Eine wesentliche Aufgabe für Ableitung klimatologischer Niederschlagsfelder ist die Datenakquisition, die weit fortgeschritten ist. Die wesentlichen Punkte sind:

- TRMM Daten (Helligkeitstemperaturen (1B11) und Radarmessungen (2A25)) und alle Daten der verschiedenen SSM/I Radiometer liegen bis 31.12.2003, SSM/I Daten von der Plattform F15 auch schon für Januar 2004 vor.
- Ein Großteil dieser Daten ist bereits vorprozessiert und in das Eingangsformat für den kombinierten Radiometer-Radar-Algorithmus gebracht worden.
- Die SSM/I Daten sind bis Ende 2001 bereits vorverarbeitet.

AMSR Daten liegen erst für Juni, Juli 2002 und Januar 2003 vor; eine SHK lädt diese Daten derzeit per FTP aus Japan auf die Rechner der Universität Bonn. Durch technische Probleme bei der Kalibration des AMSR auf dem amerikanischen AQUA Satelliten gab es zeitliche Verzögerungen, so dass ein erster kalibrierter Datensatz erst seit August 2003 vorliegt. Weiterhin existieren verschiedene Kalibrationsverfahren in den USA und Japan,

- so dass diese Daten vor ihrer Nutzung in jedem Fall noch einer Qualitätsüberprüfung unterzogen werden müssen. Das AMSR auf dem japanischen ADEOS-II Satelliten ist aufgrund fehlender Energieversorgung des Satelliten seit Oktober 2003 endgültig verloren und die Daten werden in IMPETUS nicht verwendet werden.

Für die Integration der AMSR Daten in den Gesamtalgorithmus muss noch in den Konfigurationsfiles die AMSR-Spezifikation ergänzt und die vorhandene Leseroutine eingepasst werden. Die Programme für die Verarbeitung von TRMM und SSM/I Daten sind fertig und einsatzbereit.

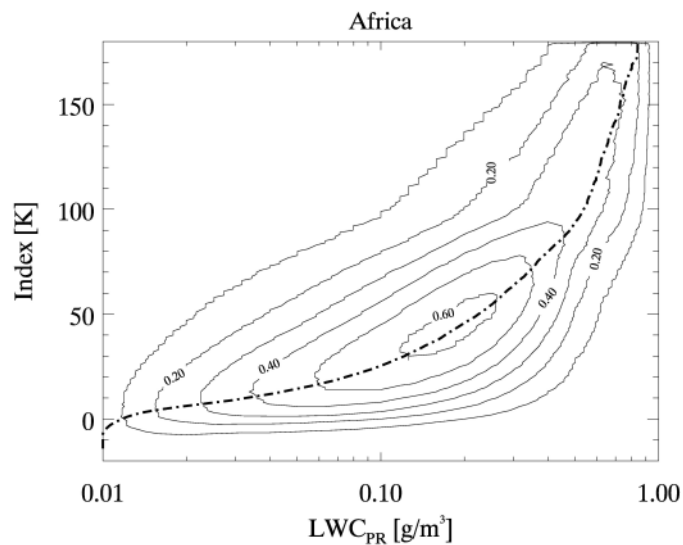


Abb. AB1-6: Heidke Skill Score Diagramm für die Gitterbox 0°-10° E and 0° - 10° N am 28 July 2000. Die Strichpunktierte Linie indiziert die Kalibrationskurve.

Bzgl. des Algorithmus wurde im Berichtszeitraum die zeitliche und räumliche Abhängigkeit der Kalibration des aus der passiven Mikrowelle abgeleiteten Niederschlagsindex mit den Radardaten untersucht. Die Kalibration wird mit Hilfe von Heidke Skill Scores durchgeführt, die in Gitterboxen mit der Größe 10° x 10° in Länge und Breite aus kollokierten TMI-PR Messungen aus 14 Tagen vor der zu bearbeitenden Messung bestimmt werden. Für die Kollokation mit dem TMI werden die PR Daten auf die 19 GHz Auflösung (18 km x 30 km) gemittelt. Um die Kalibration für das SSM/I zu bestimmen, werden die PR Daten unter Verwendung der Blickgeometrie des SSM/I auf die 37 GHz Auflösung des SSM/I, die am ehesten mit der TMI Auflösung vergleichbar ist, gemittelt. Kumulative Histogramme werden dann genutzt, um „look-up“ Tabellen für jede Gitterbox und jeden Tag zu berechnen. Die Werte der „look-up“ Tabellen werden dann auf echte SSM/I Messungen, für die ja keine zeitgleiche Radarmessung zur Verfügung steht, angewendet. Abb. AB1-6 zeigt ein typisches kumulatives Kalibrationshistogramm für einen Tag und eine Gitterbox für die Kombination TMI-PR.

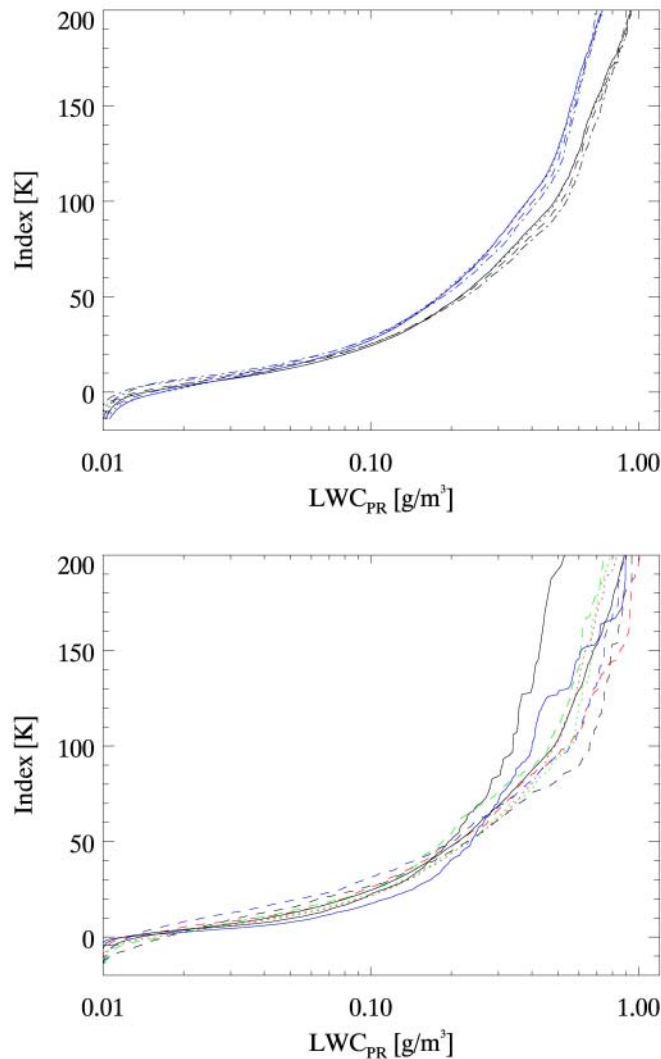


Abb. AB1-7: Die obere Abbildung zeigt Kalibrationskurven für das TMI (schwarz) und das SSM// (blau). Die verschiedenen Linienschattierungen indizieren verschiedene Zeiträume über die die Radiometer-Radar Kollokation durchgeführt wurde (7, 14, 21 und 28 Tage). Die untere Abbildung zeigt Kalibrationskurven für die TMI-PR Konfiguration. Verschiedene Farben indizieren verschiedene geographische Breiten, Linienschattierungen indizieren verschiedene geographische Längen.

Abbildung AB1-7 zeigt den Effekt von verschiedenen sogenannten „trailing windows“, d.h. der Zeit über die Kollokationen in die Bestimmung der Kalibrationskurve eingehen. Die Wirkung ist für beide Instrumentenkombinationen (TMI-PR und SSM/I-PR) ungefähr gleich groß und zumindest während der Regenzeit relativ klein, so dass dieses Zeitfenster auf 14 Tage festgelegt wurde. Die Unterschiede zwischen TMI und SSM/I in der Beziehung Niederschlagsindex und Regenwassergehalt ergeben sich durch die unterschiedlichen räumlichen Auflösungen der Produkte. Die Abhängigkeit der Kalibration von der geographischen Breite und Länge ist ebenfalls in Abb. AB1-7 für die TMI-PR Kombination dargestellt. Jede der Linien entspricht einer $10^\circ \times$

10° Gitterbox. Es ist zu erkennen, dass die Beziehung zwischen Index und Regenwassergehalt für niedrige Regenraten nicht sehr stark variiert, für größere Regenraten aber doch deutlich. Daraus ergibt sich, dass die Kalibration regional unterschiedlich sein wird. Da Starkregenfälle ($LWC > 1 \text{ gm}^{-3} \sim 20 \text{ mmh}^{-1}$) relativ selten sind, werden die Histogramme durch eine aus ganz Nordafrika bestehenden Datenbasis mit Regenwassergehalten größer als 1 gm^{-3} ergänzt.

Vergleiche mit Bodenmessungen zur Absicherung der Einzelkomponenten des Algorithmus

Dieser Punkt wurde noch nicht begonnen, bis Ende August wird aber ein erster Vergleich mit den Stationsdaten in Benin durchgeführt werden, um die Verlässlichkeit der instantanen Schätzungen aus den Mikrowellenradiometern insbesondere bzgl. von Extremwerten zu prüfen.

Kopplung von METEOSAT/MSG Daten mit Schätzungen aus dem Mikrowellennetzwerk

Zu diesem Punkt sind bereits Daten von EUMETSAT besorgt worden (Mai - Oktober 2001 und August und Oktober 2002). Die Regenzeit 2002 wird noch vervollständigt werden und weitere Daten sind je nach Modellläufen noch zu besorgen.

Ein bestehendes Programm zur Kopplung der beiden Satellitendatenquellen steht bei EUMETSAT zur Verfügung. Wir haben hierauf über ein gemeinsames Projekt mit EUMETSAT und dem Deutschen Wetterdienst Zugriff und sparen die Entwicklungsarbeit.

Ableitung von Zeitserien für Nordafrika bzgl. der durchgeführten Simulationen mit den Zirkulationsmodellen

Dies kann erst erfolgen, wenn das Kopplungsprogramm zwischen Meteosat und Mikrowellendaten installiert ist. Um die Validation von Modellergebnissen bereits vorbereiten zu können, wurde eine Anfrage an die Universität Leeds, U.K. gerichtet, einen dort neu erstellten Niederschlagsdatensatz für ganz Nordafrika für die Periode 1996-2003, der Tageswerte in 10 km räumlicher Auflösung enthält zu bekommen. Dieser Datensatz wurde unter Verwendung von Niederschlagsschätzungen aus Meteosat Daten, die mit TRMM Daten kalibriert sind, abgeleitet. Hierfür wurde das in früheren Berichten erwähnte TRMM 2A12 Standardprodukt in seiner Version 5 verwendet.

Ableitung von regionalen Antriebsfeldern mit hoher Auflösung für die hydrologische Modellierung

Dieser Punkt soll in direktem Kontakt mit dem Teilprojekt A2 (Gruppe Diekkrüger) realisiert werden. Voraussetzung ist eine enge auch örtliche Zusammenarbeit der Wissenschaftler beider Gruppen über ein oder zwei Wochen.

Validierung der Zirkulationsmodelle

Dieser Punkt wird in enger Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt B 1-1 durchgeführt werden, in dem derzeit die Validierung mit Stationsdaten voran getrieben wird. Der oben beschriebene Datensatz (Meteosat+TRMM) könnte genutzt werden, um diesen Arbeitspunkt früher als geplant zu beginnen.

Literatur

- Bouchet, O., Pham M., und Venkataraman, C., Simulation of the atmospheric sulfur cycle in the Laboratoire de Météorologie Dynamique General Circulation Model. Model description, model evaluation, and global and European budgets. Note scientifique de l'IPSL n. 23, juillet 2002.
- Feddema, J.J. und Freire, S. (2001): Soil degradation, global warming and climate impacts. In: *Climate Res.* 17, 209-216.
- Hagemann, S., 2002: An Improved Land Surface Parameter Dataset for Global and Regional Climate Models and Regional Climate Models, Max-Planck-Institute for Meteorology, Report No. 336.
- Leggett, J., W.J. Pepper und R.J. Swart, 1992: Emissions scenarios for IPCC: An update. In *Climate Change 1992. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*. J.T. Houghton, B.A. Callander, S.K. Varney (eds.), Cambridge University Press, Cambridge.
- Nakicenovic, N., J. Alcamo, G. Davis, B. de Vries, J. Fenhann, S. Gaffin, K. Gregory, A. Grübler, T.Y. Jung, T. Kram, E.L. La Rovere, L. Michaelis, S. Mori, T. Morita, W. Pepper, H. Pitcher, L. Price, K. Raihi, A. Roehrl, H.-H. Rogner, A. Sankovski, M. Schlesinger, P. Shukla, S. Smith, R. Swart, S. van Rooijen, N. Victor und Z. Dadi, 2000: IPCC special report on emissions scenarios. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 599 pp.
- Roeckner, E., Bengtsson, L., Feichter, J., Lelieveld, J. und Rodhe, H., 1999: Transient climate change simulations with a coupled atmosphere-ocean GCM including the tropospheric sulfur cycle. *J. Climate* 12, 3004-3032.
- Schnitzler, K.-G., Knorr, W., Latif, M., Bader, J. und Zeng, N., 2001. Vegetation feedbacks on Sahelian rainfall variability in a coupled climate land-vegetation model. Max-Planck-Institute for Meteorology, Report No. 329.
- Stendel, M., Schmith, T., Roeckner, E. und Cubasch, U., 2002: The climate of the 21st century: Transient simulations with a coupled atmosphere-ocean general circulation model. Revised version. Danish Climate Centre, Report 02-1, 50 pp.
- Zeng, N., Neelin, J. D., Lau, K.-M. und Tucker, C. J., 1999: Enhancement of Interdecadal Climate Variability in the Sahel by Vegetation Interaction, *Science*, Vol 286, 1537-1540.

IMPETUS Publikationen:

- Bader, J. und M. Latif, 2003: The Impact of Decadal-Scale Indian Ocean Sea Surface Temperature Anomalies on Sahelian Rainfall and the North Atlantic Oscillation. *Geophys. Res. Lett.*, 30(22), 2169, doi:10.1029/2003GL018426.
- Bader, J. und M. Latif, Combined Tropical Oceans drive anomalous Sub-Saharan West African rainfall, submitted to *J. Climate*.
- Paeth, H., Born, K., Jacob, D. und Podzun, R. (2004): Regional dynamic downscaling over West Africa: model validation and comparison of wet and dry years. In: *Meteorology and Applied Physics* (submitted).
- Paeth, H und Hense, A. (2003): Seasonal forecast of sub-sahelian rainfall using cross validated model output statistics. In: *Meteorol. Zeit.* 12, 157-173.
- Paeth, H. und Stuck, J. (2004): The West African dipole in rainfall and its forcing mechanisms in global and regional climate models. *Mausam* (accepted).

Teilprojekt A1**Szenarien der raum-zeitlichen Variabilität von Niederschlag und Verdunstung auf der regionalen und lokalen Skala**

Antragsteller	Fach
Prof. Dr. P. Speth (Koordinator) Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln	Meteorologie: Klimamodellvalidierung und Klimadynamik
Prof. Dr. M. Kerschgens Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln	Meteorologie: kleinskalige Modellierung
Prof. Dr. C. Simmer Meteorologisches Institut, Universität Bonn	Meteorologie: Modellierung/ Fernerkundung

Zusammenfassung

Die in A1 durchgeführten Arbeiten im ersten Jahr der 2. Phase lassen sich im Wesentlichen in zwei Schwerpunktsbereiche gliedern:

- i. *Simulation der Regenzeit 2002 in Benin mit dem Lokalmodell (LM)*
- ii. *Sensitivitätsstudien hinsichtlich Trockenepisoden im Bereich des Oberlaufs des Ouémé mit FOOT3DK*

Während in der ersten Projektphase die technischen Voraussetzungen für die Simulation einer ganzen Regenzeit mit dem Lokalmodell (LM) geschaffen wurden, konnte im Berichtszeitraum erstmalig eine Nachsimulation in einem ganz Westafrika umschließenden Gebiet von Juli – September 2002 erfolgen. Dabei ließ bei längeren Simulationszeiträumen zu viel Niederschlag in den Randregionen des Modellgebiets die Atmosphäre austrocknen. Abhilfe konnte durch die Verwendung eines anderen Konvektionsschemas geschaffen werden. Die Muster des Niederschlags und der breitenabhängige Jahresgang des Niederschlagsmaximums konnten vom LM gut dargestellt werden, allerdings sind die Niederschlagsraten im Bereich des Dahomey-Gaps zu niedrig simuliert worden. Mit der für das LM gewählten räumlichen Skala können nun die Wechselwirkungen zwischen AEWs und Konvektion in einmaliger Weise untersucht werden.

Anhand des FOOT3DK konnte gezeigt werden, dass der Anfangsbodenwassergehalt der maßgebende Einflussparameter für den Niederschlag und den Bodenwassergehalt am Ende der Simulation bei der Betrachtung von Episoden mit trockenen Phasen ist. Die anderen Bodenparameter spielen in den meisten Fällen eine eher untergeordnete Rolle. Es lässt sich festhalten, dass FOOT3DK sensitiv auf Veränderungen der Bodenparameter reagieren kann und somit in der Lage, ist einen Einfluss von Trockenepisoden auf den Niederschlag zu simulieren.

Folgende Ergebnisse wurden im ersten Projektjahr in den einzelnen Workpackages im Detail erzielt:

Workpackage A1-1: Simulation zur zukünftigen interannualen bis intrasaisonalen Variabilität der Niederschläge in Benin anhand von Zeitscheibenexperimenten mit dem LM

Die Aufgabe in diesem Workpackage (WP) besteht darin, eine Verbindung zwischen den synoptisch-skalierten, ganz Nordafrika abdeckenden Modellrechnungen des REMO (WP AB1-2) und den Untersuchungen zur Wechselwirkung Atmosphäre-Vegetation auf einer sehr kleinen Skala mit dem FOOT3DK (WP A1-2) herzustellen. Dabei ist von Bedeutung, dass auf der Skala des LM sowohl die synoptisch-skalierten Prozesse im dynamischen Hintergrundfeld, bestehend aus dem Komplex Afrikanische Wellenstörungen (AEW's)/mittel- und obertroposphärischen Ostjet (AEJ/TEJ), als auch die Prozesse mesoskaliert organisierter Konvektion erfasst werden. Dieser Umstand verkörpert in wissenschaftlicher Hinsicht eine Herausforderung, weil Klimamodellierungen auf dieser raum-zeitlichen Skala bisher ein Novum darstellen.

Die Arbeiten der ersten Projektphase bestanden aus der Portierung des LM in die Tropen und Subtropen Afrikas, einschließlich der Akquisition geeigneter und aktueller Randwerte wie z.B. Felder der Meeresoberflächentemperatur, Daten zur Vegetation und Geländehöhe. In Fallstudien wurden die modelltypischen Abweichungen von den Beobachtungen untersucht, später wurden längere Zeiträume (30-90 Tage) mit idealisierten Randbedingungen simuliert, um die Entwicklung des Komplexes AEJ/AEW/TEJ in Modellvorhersagen, die den Charakter von saisonalen Vorhersagen oder Klima-Szenarien haben, zu untersuchen. Nachdem diese Arbeiten eine zufriedenstellende Qualität der simulierten Atmosphäre zeigten, wird nun in der zweiten Projektphase die Entwicklung geeigneter Szenarienrechnung in Angriff genommen. Diese soll in drei Schritten erfolgen: Simulation des Jahres 2002, Sensitivitätsuntersuchungen im Hinblick auf den Einfluss von Vegetation und Bodeneigenschaften auf die Niederschlagsvariabilität und zuletzt die Szenarienmodellierung. Die Untersuchung der Regenzeit 2002 war hauptsächlich Gegenstand der Arbeiten des Projektjahres 2003/2004.

Neuere Arbeiten mit Hilfe der französischen Modelle *Modèle Atmosphérique Régional* (MAR, Moufouma-Okia, 2003) und dem MESO-NH (Diongue et al., 2002) beliefen sich nur auf Einzelereignisse (MESO-NH) und eine Periode über die Monate Juli-September (MAR). Modelle auf der nächst größeren Zeitskala (beispielsweise Vizy and Cook, 2002, mit dem MM5) spiegeln lediglich die synoptische Skala wider und zeigen deutliche Mängel in der Repräsentation der Hauptelemente westafrikanischen Wetters. Wie auch in den Arbeiten der ersten Projektphase von IMPETUS, zeigten die Ergebnisse von Diongue et al. und Moufouma-Okia, dass derzeit zwei Punkte für mesoskalierte Modellrechnungen in Westafrika als besonders kritisch erachtet werden müssen:

1. Für Fallstudien über wenige Tage sind weiterhin die Initialdaten sehr unzureichend. Diongue et al. hatten gezeigt, dass die Vorhersagen deutlich verbessert werden, wenn in den zum Modellstart benötigten Analysedaten die bedingte Instabilität artifiziell abgebaut wird. Das stellt für die Modellrechnungen des LM, die dem FOOT3DK aktuelle Wetterlagen für ein statistisch-dynamisches Downscaling zur Verfügung gestellt werden, immer noch eine deutliche Einschränkung dar, weil die Auswahl repräsentativer Muster auf Beobachtungen basiert, die wegen einer solchen Änderung der Analysen möglicherweise nicht korrekt dargestellt werden können.

2. Die Rolle der Konvektionsparametrisierung ist für die Stärke und die Variabilität des Niederschlags essentiell. Moufouma-Okia konnte in einem Vergleich zweier in den extratropischen Regionen entwickelter Konvektionsschemata feststellen, dass der simulierte Niederschlag in einer Regensaison sich im regionalen Mittel um den Faktor 2 unterschied.

Die Simulation der Regenzeit 2002 mit dem LM konnte Schwächen der vom DWD operationell verwendeten Konvektionsparametrisierung nach Tiedtke (1989) aufzeigen, die in den kürzerfristigen Vorhersagen nicht zu entdecken waren. Die Schwächen zeigten sich vor allem bei zu starkem Antrieb der Konvektionsparametrisierung durch eine dynamisch bedingte Destabilisierung der Atmosphäre (*Conditional Instability of the Second Kind*, CISK), die hauptsächlich durch unzulängliche Initialdaten erzeugt wurde. Dieser zu starke Antrieb der Konvektion erzeugte bei Modellsimulationen ab dem vierten Monat unrealistische dynamische Muster, da der vertikale Impulstransport zu stark ausgeprägt war und bei längeren Simulationszeiträumen zu viel Niederschlag in den Randregionen des Modellgebiets die Atmosphäre „austrocknen“ ließ. In den

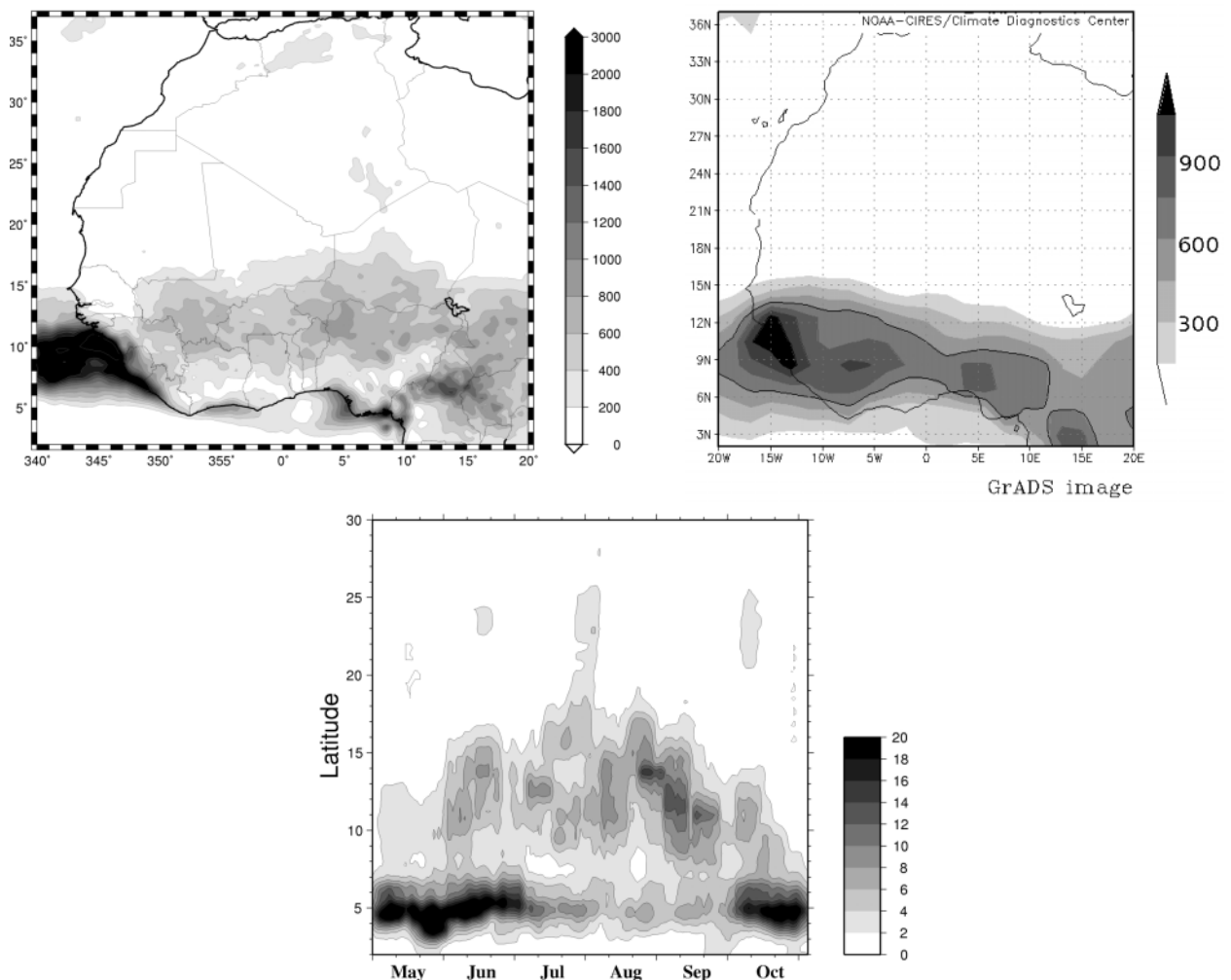


Abb. A1-1: Mit dem Lokalmmodell simulierter Niederschlag der Regenzeit 2002. Oben: Links die Summen der Regenzeit Juli-September 2002 in mm. Rechts der Niederschlag in den NCEP-Reanalysen in demselben Zeitraum. Unten: Darstellung als Hovmöller-Diagramm (Zeit/Breiten-Darstellung). Die Werte wurden zwischen 10°W und 10°O sowie mit einem gleitenden 10-Tagesfilter gemittelt, in mm/Tag.

längeren (Monats-)Simulationen der ersten Projektphase wurde dieses Problem nicht deutlich, da die Anfangszustände der Atmosphäre horizontal homogen waren und deshalb nicht das starke Forcing durch CISK zeigten. Versuche haben ergeben, dass die Verwendung des Kain-Fritsch-Konvektionsschemas anstelle des Tiedtke-Schemas bereits Abhilfe schaffen konnte.

Das Muster des Niederschlags und der breitenabhängige Jahresgang des Niederschlagsmaximums konnten vom LM gut dargestellt werden (Abb. A1-1). Die Absolutwerte sind, wie bei einer solchen Vorhersage zu erwarten, für spätere Anwendungen durch eine Postprozessierung des Modelloutputs (MOS) zu korrigieren. Der Vergleich mit den NCEP-Reanalysen zeigt eine generell sehr gute Übereinstimmung der räumlichen Verteilung, allerdings sind die Niederschlagsraten im Bereich des sogenannten Dahomey-Gaps vom LM eher zu niedrig simuliert worden. Das Maximum im Westen der Guinea-Küste wurde mit über 3000 mm Niederschlag in der Zeit Mai-Oktober höher als in den NCEP-Reanalysen simuliert. Die westliche Erstreckung des Maximums über dem Atlantik ist in den LM-Daten wesentlich ausgeprägter. Die räumliche Verteilung der LM-Simulation ist sehr viel heterogener als die der NCEP-Reanalysen. Der küstennahe Niederschlag über dem Atlantik ist außerhalb der Regenzeit zu stark ausgeprägt

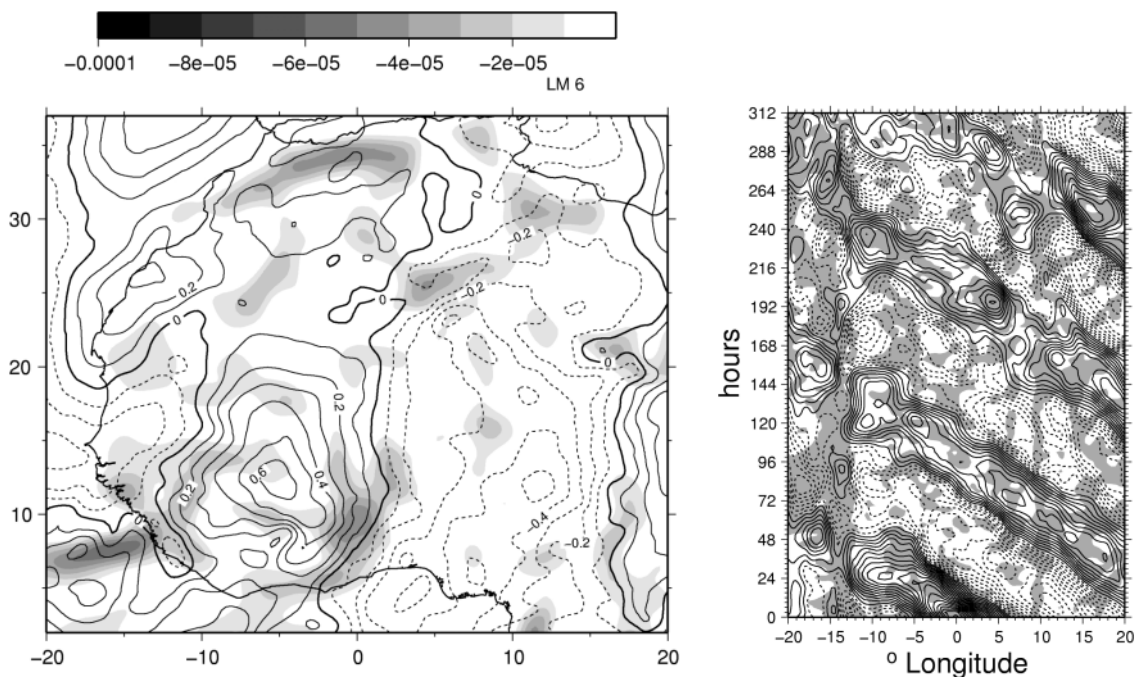


Abb. A1-2: Visualisierung der Verbindung AEW/Konvektion in den LM-Simulationen für den August 2002: (a) Linke Seite: Die Isolinien zeigen Korrelationen des Meridionalwindes in 700 hPa mit einer Zeitverschiebung von 18 Stunden mit der Zeitreihe eines Referenzpunktes in 0°W/10°N. Schattiert sind Bereiche von Horizontalkonvergenz (Skala oben) in 950 hPa nach ebenfalls 18 Stunden, die im Bereich der Guinea-Küste jeweils mit dem Vorzeichenwechsel der Autokorrelationen einhergehen. (b) Rechte Seite: Hovmöller-Diagramm: Autokorrelationen des Meridionalwindes in 700 hPa mit dem Punkt 0°W/10°N. Dargestellt ist ein Meridionalschnitt in 10°N, die Zeitachse zeigt die Zeitverschiebung zur Referenzreihe an. Wiederum wurden Bereiche positiver Konvergenz schattiert.

Das besondere an diesen Simulationen ist, dass auf der für das LM gewählten räumlichen Skala die Wechselwirkungen zwischen AEW und Konvektion in einmaliger Weise untersucht werden können. Abb. A1-2a zeigt beispielsweise ein räumliches Muster der zeitverschobenen Autokorrelation (Zeitdifferenz 18 Stunden) des Meridionalwindes. In dieser Darstellung sind Stärke und räumliche Verteilung der AEW am deutlichsten zu erkennen, sie gleichen auffallend den Normalmoden eines linearen 3D-Atmosphärenmodells (N. Hall, pers. Mitteilung). Die Darstellung im Hovmöller-Diagramm (Abb. A1-2b) zeigt, dass der CISK-relevante Mechanismus, erkennbar an der Horizontalkonvergenz, sich gemeinsam mit den AEW westwärts bewegt. Vor allem scheint sie immer wieder im Grenzbereich zwischen positiver und negativer Autokorrelation oszillatorisch neu zu entstehen. Des Weiteren kann man deutlich transiente und stationäre Anregung der Konvektion unterscheiden. Dieses Ergebnis zeigt, dass das LM das Zusammenspiel dieser niederschlagsrelevanten Komponenten des afrikanischen Klimas in bisher einmaliger Weise wiederzugeben vermag. Das ist eine Grundvoraussetzung zum Studium unterschiedlicher Einflussfaktoren auf die Niederschlagsvariabilität, die sowohl von größerskaligen und kleiner-skaligen Modellen – bei letzteren vor allem, weil sie noch nicht über so lange Zeiträume über ein größeres Gebiet integriert werden konnten – bisher unzureichend oder gar nicht erfüllt wurden. Eine tiefergehende Validation des LM an Satellitendaten und den 2002 erhobenen aerologischen Daten steht noch aus, vor allem weil geostationäre Satellitendaten mit klimatologischen Statistiken der Wolkenverteilung erst im Sommer 2004 verfügbar sein werden.

Nach den bisher gewonnenen Erkenntnissen ist es möglich, die Auswirkungen anthropogener Änderungen auf die dynamischen Komponenten des afrikanischen Klimas detaillierter zu untersuchen, als es bisher möglich war. In den nächsten Arbeitsgängen werden die Zeitscheiben des idealisierten REMO-Szenarios (Workpackage AB1-2) räumlich verfeinert, um anderen Disziplinen bereits vor Fertigstellung der eigentlichen Szenarien zum Ende der Projektphase bereits eine Datengrundlage zur Entwicklung eigener Szenarien zur Verfügung zu stellen

Workpackage A1-2: Sensitivitätsstudien im HVO zur Wechselwirkung zwischen Niederschlagssystemen und Landoberflächenstruktur im zukünftigen Klima mit FOOT3DK

Die Forschungsarbeiten des ersten Antragsjahres der zweiten Phase hatten als ein wesentliches Ziel die Etablierung von Sensitivitätsstudien für Trockenepisoden im HVO. Aufgrund der hohen Anzahl der Einzelereignisse, deren einzelne Simulation zu aufwändig wäre, wurde zunächst eine Klassifikation der Trockenepisoden vorgenommen, um geeignete Repräsentanten für spätere Sensitivitätsstudien zu finden.

Als geeignete Kriterien für diese Klassifikation über den Zeitraum der Regenzeit des Jahres 2002 erwiesen sich zum einen die Korrelation des Bodenwassergehalts in der obersten Bodenschicht (0-20cm Tiefe) und der relativen Feuchte in 2 Meter Höhe, sowie zum anderen die Dauer der Trockenepisoden (in h). Zur Ermittlung der Korrelation wurde zunächst der Tagesgang aus den Zeitreihen der relativen Feuchte und des Bodenwassergehalts entfernt, um eine Trendidentifikation über mehrere Tage zu ermöglichen. Mit Hilfe dieser Vorgehensweise wurde für 51% der Ereignisse eine signifikant positive Korrelation (Student t-Test), sowie für 49% keine bzw. keine

signifikante Korrelation festgestellt (vorher 87% nicht korreliert). Da die Bodenfeuchte zeitlich weniger stark variiert, liegt die Ursache für die nicht signifikante Korrelation von 49% der Ereignisse in diesen Fällen in der stärkeren Veränderung durch die Feuchteadvektion. Ferner wurde auf Grundlage der Dauer von Trockenepisoden eine sinnvolle Trennung der Episodenlänge für Ereignisse zwischen 24 und 72 Stunden, sowie Ereignisse größer 72 Stunden festgelegt. Als Ergebnis der Klassifikation wurden anschließend Repräsentanten (Initialisierungsklassen) aus der Kombination von je zwei der folgenden 4 Kriterien gewählt (die Kombinationen lauten 1+3, 1+4, 2+3 und 3+4):

1. signifikant positive Korrelation der Bodenfeuchte mit der relative Feuchte in 2m Höhe.
2. keine signifikante Korrelation der Bodenfeuchte mit der relativen Feuchte in 2m Höhe.
3. Episodenlänge zwischen 24 und 72 Stunden.
4. Episodenlänge größer als 72 Stunden.

Nach der prinzipiellen Auswahl von 4 geeigneten Episoden stellt sich die Eingangsfrage, ob FOOT3DK den Einfluss von Trockenepisoden auf Niederschlagsereignisse grundsätzlich simulieren kann.

In diesem Zusammenhang muss zunächst beantwortet werden, welche Bodenparameter bei der Simulation von Trockenepisoden von Relevanz sind. Dies soll auf Grundlage von Sensitivitätsstudien mit einer eindimensionalen Version von FOOT3DK geklärt werden. In Anlehnung an die in der Durchführung ähnlichen Ensemble-Studie zum Einfluss von Vegetations- und Bodenparametern auf den Modellniederschlag von FOOT3DK, wurden Ensemble-Simulationen unter Variation der Anfangs- und Randwerte des Bodenmodells bei gleichen atmosphärischen Anfangsbedingungen durchgeführt. Es sollte geklärt werden, ob das Modell auf eine solche Änderung der verschiedenen Bodenparameter reagiert und welche Größenordnung eine solche Reaktion aufweisen kann.

Die Modellinitialisierung erfolgt einmalig anhand von Radiosondenaufstiegen (00- oder 12-UTC). Die hohe Anzahl der Simulationen wird durch einfache Auslegung des auf ISBA (Interaction Soil-Biosphere-Atmosphere Model, Noilhan und Planton (1989)) basierenden Force-Restore Bodenmodells in FOOT3DK gewährleistet. Variiert wurden die Parameter Rauigkeitslänge (0,15; 0,30; 0,45), Vegetationsbedeckung (40%; 80%; 100%), Bodenwassergehalt zum Beginn der Simulation (33%; 66%; 100% vom Sättigungsbodenwassergehalt) und Bodentyp (Sand, Lehm, Ton).

Es wurden auf Grundlage der oben eingeführten 4 Initialisierungsklassen, der 3 Bodenarten und der 9 Oberflächenvariationen insgesamt 324 Ensemblemitglieder gerechnet. Diese bilden eine ausreichend große statistische Stichprobe. Die Simulationsdauer betrug jeweils 96 Stunden. Umstellungen in der atmosphärischen Parametrisierung von FOOT3DK mussten für die Ensemblestudien von Trockenepisoden nicht vorgenommen werden.

Es ist zu erwähnen, dass die Ergebnisse der Simulationen mit den zeitlichen Entwicklungen von meteorologischen Parametern in der Nähe des Initialprofils aufgrund der Eindimensionalität des Modells nicht direkt vergleichbar sind. Die Plausibilität der zeitlichen Entwicklung von Niederschlag und Temperatur in den Simulationen wurde stichprobenartig überprüft.

An das Problem orientiert umfassen die hier betrachteten 96 Stunden-Abschnitte der betrachteten Episoden jeweils auch Niederschlagsereignisse. Für die 4 Episodenzeiträume und die hierfür berechneten 324 Ensembleläufe ist die Entwicklung zum Ende der Simulation für die verschiedenen Variationen der Bodenparametern in Abb. A1-3a für den Bodenwassergehalt und in Abb. A1-3b für den Niederschlag festgehalten. Die Abbildungen zeigen in jeder Spalte jeweils die relative Abweichung vom Mittelwert über alle Simulationen. Es lässt sich feststellen, dass für die Analyse der Werte über alle 324 Episoden am Ende der 96-Stunden Simulation sowohl für die Bodenfeuchte in der obersten Bodenschicht, als auch für den akkumulierten Niederschlag der Anfangsbodenwassergehalt der maßgebende Einflussparameter ist. Für die Bildung von Niederschlag spielen aber auch die Vegetationsbedeckung und die Bodenart noch eine untergeordnete Rolle.

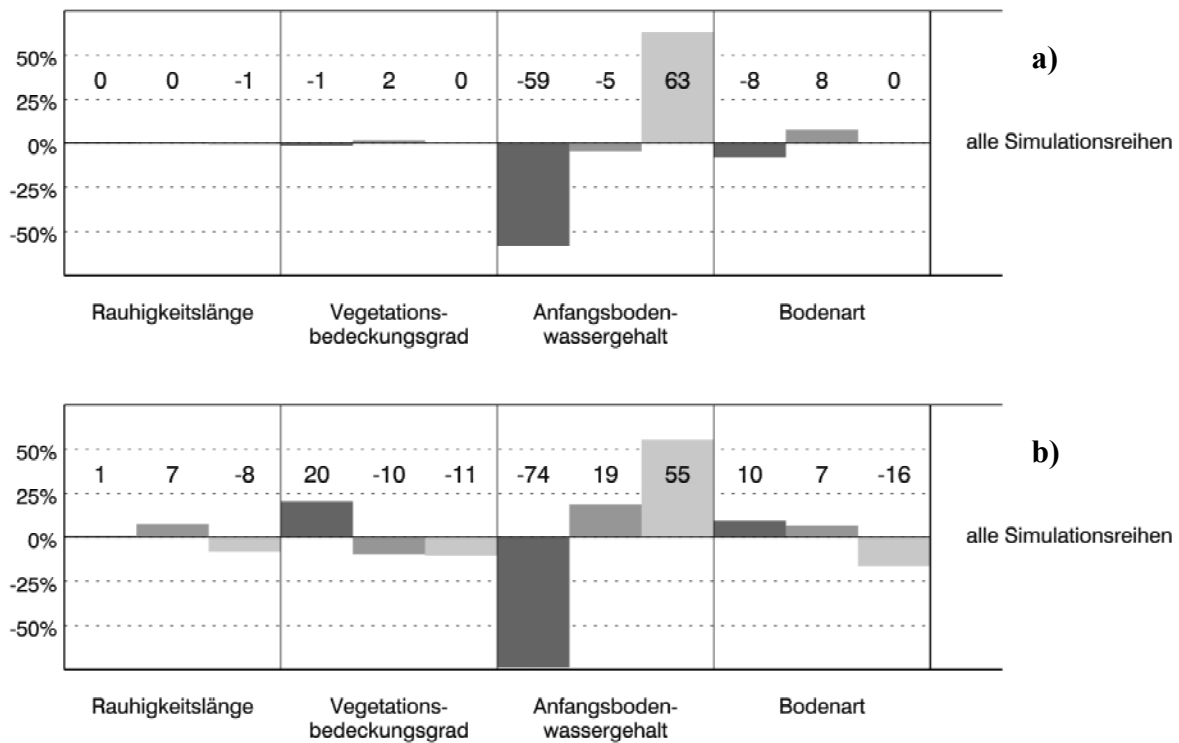


Abb. A1-3: Relative Abweichung vom Mittelwert über alle 324 Episoden am Ende der Simulation bei jeweils veränderten Bodenparametern für den Bodenwassergehalt (a) und den Niederschlag (b).

Ein etwas differenziertes Bild ergibt sich bei der Betrachtung von Bodenwassergehalt (Abb. A1-4a) und Niederschlag (Abb. A1-4b) am Ende der Simulation für jede einzelne Episode (Reihe A bis D). Den Abbildungssegmenten bei dieser Betrachtung liegen jeweils 81 Simulationen zugrunde. Auch bei dieser Analyseform gilt, dass für den Bodenwassergehalt nach 96 Stunden der Anfangsbodenwassergehalt die maßgebliche Rolle spielt. Für die Entwicklung des Niederschlags können neben dem Anfangsbodenwassergehalt je nach betrachteter Episode aber auch alle anderen betrachteten Bodenparameter (Rauhigkeitslänge, Vegetationsbedeckung und Bodenart) von Relevanz sein

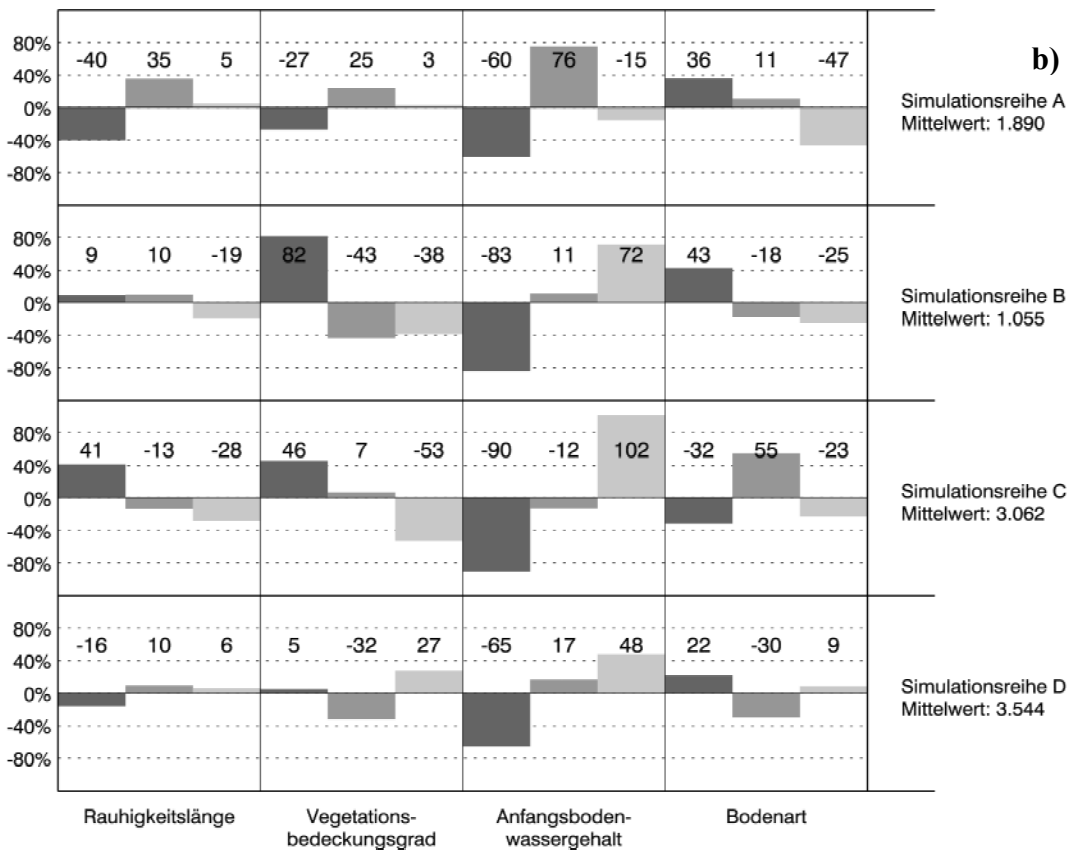
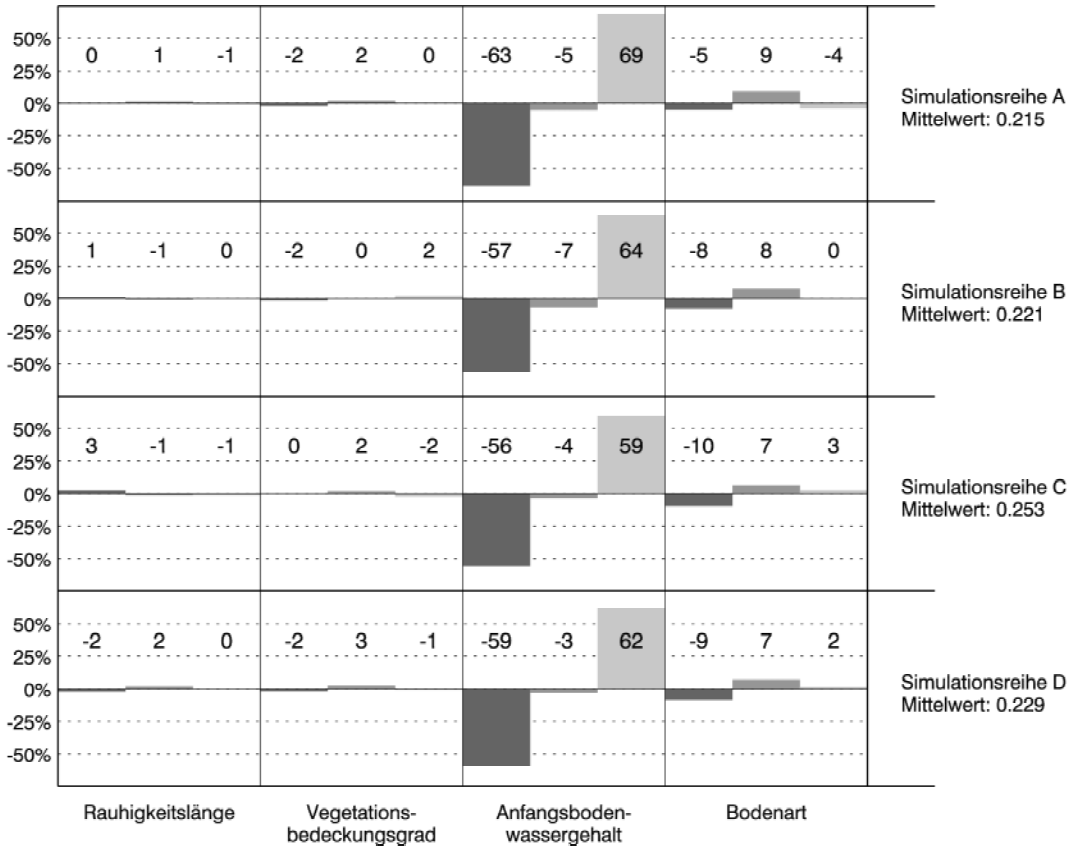


Abb. A1-4: Relative Abweichung vom Mittelwert für jeweils 81 Episoden am Ende der Simulationen (Reihe A bis D) bei jeweils veränderten Bodenparametern für den Bodenwassergehalt (a) und den Niederschlag (b).

Zusammenfassend lässt sich darlegen: Der Anfangsbodenwassergehalt ist der maßgebende Einflussparameter für den Niederschlag und den Bodenwassergehalt am Ende der Simulation bei der Betrachtung von Episoden mit trockenen Phasen. Die anderen Bodenparameter spielen in den meisten Fällen eine eher untergeordnete Rolle. Es lässt sich festhalten, dass FOOT3DK sensitiv auf Veränderungen der Bodenparameter reagieren kann und somit in der Lage ist einen Einfluss von Trockenepisoden auf den Niederschlag zu simulieren.

Da sich die Monsunschicht des ursprünglich als Antrieb geplanten Lokal Modells (LM) oftmals als zu feucht erwies, so dass Trockenperioden nicht in ausreichender Länge simuliert werden konnten (andauernder stratiformer Niederschlag) sind die ersten Ergebnisse der komplexen Modellierung von Trockenepisoden noch wenig belastbar.

Die Ergebnisse der eindimensionalen Ensemble-Simulationen in Verknüpfung mit den bisher untersuchten Rückkopplungsmechanismen von Niederschlagssystemen bilden die Grundlage für eine zukünftig bessere Einschätzungsmöglichkeit der Niederschlags- und Bodenwassergehaltentwicklung nach trockenen Zeiträumen

Literatur

- Diongue, A., J.-P. Lafore, J.-L. Redelsperger and R. Roca, 2002: Numerical study of a Sahelian synoptic weather system: Initiation and mature stages of convection and its interactions with the large-scale dynamics. *Q. J. Royal Met. Soc. Part B* 128, 1899-
- Moufouma-Okia, W., 2003 : Modélisation du Climat de l'Afrique de l'Ouest avec le Modèle Regional MAR, Thèse pour obtenir le titre de Docteur de l'Ingp, Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement, Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Noilhan, J.; Planton, S, 1989: A simple parameterization of land surface processes for meteorological models. *Mon. Wea. Rev.*, 117, 536-549.
- Vizy, E. K. and K. H. Cook, 2002: Development and application of a mesoscale climate model for the tropics: Influence of sea surface temperature anomalies on the West African monsoon. *J. Geophys. Res.* 107 D3, ACL2-1 – ACL2-22.

IMPETUS Publikationen

- Fink, A.H., D. G. Vincent, P. Reiner und P. Speth 2004: Mean state and wave disturbances during phases I, II, and III of GATE based on ERA-40. *Mon. Wea. Rev.*, 132 (7), 1661-1683.
- Vollmert, P., A. H. Fink und H. Besler, 2003: Ghana- und Dahomey-Trockenzone: Ursachen für eine Niederschlagsanomalie im tropischen Westafrika. *Erde*, 134 (4), 147-168.

Teilprojekt A2**Bodenwasserdynamik, Oberflächenabfluss, Grundwasserneubildung und Bodendegradation auf der lokalen und regionalen Skala**

Antragsteller	Fach
Prof. Dr. B. Diekkrüger (Koordinator) Geographisches Institut, Universität Bonn	Hydrologie
Prof. Dr. B. Reichert Geologisches Institut, Universität Bonn	Hydrogeologie

Zusammenfassung

Das Ziel des Teilprojekts A2 der zweiten Phase stellt eine Analyse der Auswirkungen der zu erwartenden Umweltveränderungen auf den Wasserkreislauf, die verfügbaren Wasserressourcen und die Bodendegradation des HVO dar. Dazu werden Szenarienanalysen mit geeigneten hydrologischen Modellen durchgeführt. Da bisher kaum Anwendungsbeispiele von hydrologischen Modellen aus den westafrikanischen Tropen vorliegen, wurden bereits in der ersten Projektphase verschiedene Modellkonzepte auf ihre Anwendbarkeit zur Simulation der hydrologischen Prozesse der Region und zur Szenarienanalyse getestet. Auf der lokalen Skala wurde zusätzlich zu den im Endbericht der ersten Phase aufgeführten Modellen TOPLATS und HILLFLOW das physikalisch basierte Modell SIMULAT-H angewendet, das in der durchgeführten ‚multi-criteria‘-Validierung (Abfluss, Abflussanteile, Bodenfeuchtedynamik) gute Ergebnisse lieferte. Aufgrund des hohen Parameterbedarfs bleibt die Anwendung dieses Modellkonzepts aber auf gut untersuchte, lokale Einzugsgebiete beschränkt. Auf der regionalen Skala wurde das bereits in der ersten Phase validierte, konzeptionelle hydrologische Modell UHP für weitere Teileinzugsgebiete der Größe 580 bis 10326 km² des Ouémé validiert. Es konnten auch für diese Teileinzugsgebiete zufrieden stellende Ergebnisse erzielt werden. Die Simulation von einfachen Klimaszenarien hat gezeigt, dass das Modell auch für die Szenarienanalyse ein geeignetes Instrument darstellt. Ein wichtiger Bestandteil der regionalen hydrologischen Modellierung der zweiten Phase stellt auch die Anwendung des Grundwasserströmungsmodell FeFLOW dar, das zur Abschätzung des Nutzungspotenzials der Grundwasserressourcen eingesetzt wird. Die zur Parametrisierung und Weiterentwicklung des Modells benötigten Grundwasserstandmessungen sind nur zum Teil aus vorhandenen Daten der Direction de l’Hydraulique und anderer Organisationen abzuleiten, so dass zusätzlich 12 Tauchsonden im HVO installiert wurden.

Zur Abschätzung der aktuellen und zukünftigen Bodenerosion wurde das Modell SWAT2000 für Teileinzugsgebiete des HVO parametrisiert und kalibriert. Da derzeit kaum Daten über den Sedimentaustrag im Untersuchungsgebiet verfügbar sind, wurde das Modell vorerst nur anhand von Abflussdaten kalibriert. Um eine Validierung des Sedimentaustrags zu ermöglichen, wurden im Frühjahr 2004 drei Multiparametersonden an Pegeln im HVO installiert, an denen die Trübung halbstündlich gemessen wird.

Eine weitere Arbeit des Teilprojekts A2 stellt die Verbesserung der räumlichen Datenbasis dar, die für die hydrologische Modellierung und die Berechnung von Szenarien von Bedeutung ist. Dazu gehört u.a. die Verbesserung der derzeit vorliegenden regionalen Bodenkarte durch zusätzliche Bodenuntersuchungen und die Bewertung der Bodenfruchtbarkeit der Bodentypen des HVO.

Hydrologische Modellierung

Zur Simulation von Zukunftsszenarien der Wasserverfügbarkeit und der Veränderung des Wasserkreislaufes durch Umweltveränderungen werden Modelle benötigt, die die hydrologischen Prozesse der Untersuchungsregion wiedergeben können und sensitiv bezüglich möglicher Umweltveränderungen sind. Da bisher nur wenige hydrologische Modelle erfolgreich in den westafrikanischen Tropen eingesetzt wurden (Andersen et al., 2001, Campling et al., 2002) mussten verschiedene Modellansätze auf ihre Anwendbarkeit in der Region und für die Szenarienanalyse getestet werden, was bereits in der ersten Phase des Projektes begonnen wurde. Zu Beginn der zweiten Phase wurden diese Arbeiten auf der lokalen und regionalen Skala fortgeführt. Neben der Niederschlags-Abfluss-Modellierung wird in der zweiten Phase zusätzlich ein Grundwasserströmungsmodell eingesetzt, das in der Szenarienanalyse zur Abschätzung der zukünftig verfügbaren Grundwasserressourcen zur Anwendung kommt. Zur Berechnung der derzeitigen und zukünftigen Bodenerosion und des Sedimentaustrags kommt ein Erosion- und Stofftransportmodell zum Einsatz, das derzeit an Teileinzugsgebieten des HVO kalibriert wird.

Lokales hydrologisches Modell (Workpackage A2-1)

Zur Analyse der Abflussbildungsprozesse wurden bereits in der ersten Phase auf der lokalen Skala drei physikalisch basierte Modelle (TOPLATS (Famglietti & Wood, 1994), HILLFLOW (Bronstert, 1994), SIMULAT-H (Diekkrüger et al., 2004)) auf ihre Anwendbarkeit in der Untersuchungsregion getestet. Von den verwendeten Modellen lieferte das Modell SIMULAT-H die besten Ergebnisse im lokalen Untersuchungsgebiet Aguima (vgl. Giertz, in Vorbereitung). Das Modell stellt eine Weiterentwicklung des 1d-Modells SIMULAT (Diekkrüger, 1996) zu einem Hangmodell dar, das auch laterale Fließprozesse, die im Einzugsgebiet dominieren, berücksichtigt (vgl. Giertz, in Vorbereitung). Abb. A2-1 zeigt das Modellkonzept von SIMULAT-H. Das Modell ist aufgrund seines numerischen Schemas in der Lage, gesättigte Verhältnisse über längere Zeiträume zu simulieren, was für die korrekte Abbildung der Bodenwasserflüsse und –dynamik der saisonal wassergesättigten Inland-Valleys von großer Bedeutung ist. Die *multicriteria*-Validierung (Abflussdynamik, Abflussanteile, Bodenwasserdynamik) zeigte, dass das Modell in der Lage ist die verschiedenen hydrologischen Prozesse korrekt abzubilden (vgl. Giertz, in Vorbereitung).

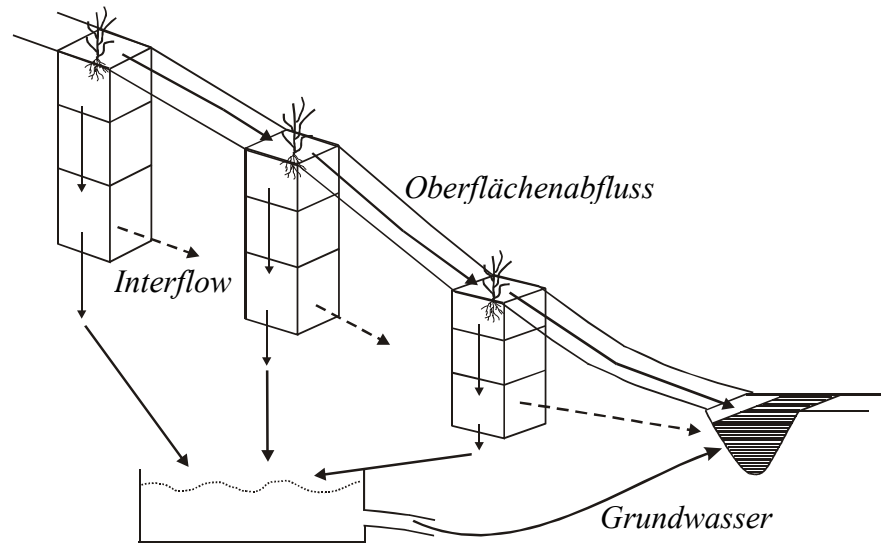


Abb. A2-1: Modellkonzept von SIMULAT-H zur Berechnung der Wasserflüsse am Hang. Die Grundwasserdynamik wird durch einen Linear-speicheransatz berücksichtigt.

Die Anwendbarkeit des Modells zur Analyse von Klimaszenarien wurde durch eine Validierung mittels *differential split sample tests* untersucht. Das Modell wurde ohne Veränderung der Eingabeparameter auf ein größeres Einzugsgebiet für ein relativ trockenes Jahr (Jahr 2001, 609 mm Niederschlag in der Regenzeit von Juni - November, 45,5 mm Abfluss) und ein relativ feuchtes Jahr (2002, 820 mm Niederschlag in der Regenzeit von Juni – November, 139,6 mm Abfluss) angewendet (vgl. Abb. A2-2). Die Modellergebnisse sind sowohl für das niederschlagsarme als auch für das niederschlagsreiche Jahr gut, was auch die Gütemaße in Tab. A2.1 belegen.

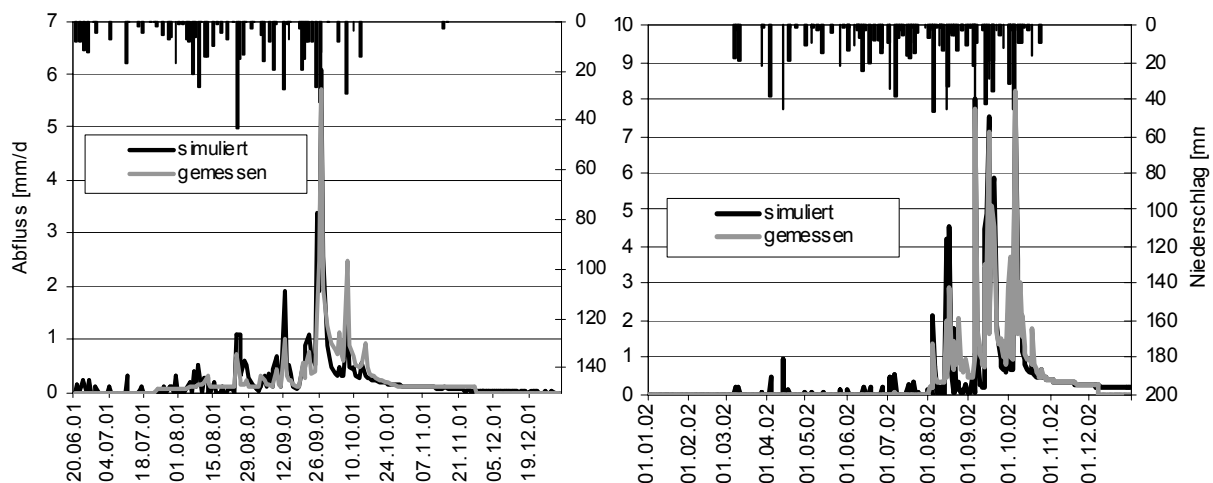


Abb. A2-2: Vergleich der gemessenen und mit SIMULAT-H modellierten Abflussganglinie der Jahre 2001 und 2002 (Einzugsgebiet Aguima, 16 km²).

Tab. A2.1: Gütemaße der Modellergebnisse der Abflusssimulationen mit SIMULAT-H für die Jahre 2001 und 2002 (Einzugsgebiet Aguima, 16 km²).

	Q gemessen [mm]	Q simuliert [mm]	model efficiency	R²	index of agreement
2001	45,5	47,4	0,82	0,82	0,95
2002	139,6	132,5	0,86	0,87	0,96

Zur Analyse der Anwendbarkeit des Modells SIMULAT-H zur Berechnung von Landnutzungsszenarien wurde ein Szenario für das Jahr 2020 für das untere Aguima-Einzugsgebiet basierend auf der von Judex (2003) für die Zeitspanne 1991 – 2000 berechneten jährlichen Zunahme der Feldflächen (ca. 10%/a in der *Commune* Bassila) simuliert. Bei gleich bleibendem Klima berechnet das Modell eine Zunahme der Abflussmenge um 46,6% für das Jahr 2020 verglichen mit dem Jahr 2002. Die simulierte Abflussganglinie zeigte v.a. zu Beginn der Abflussperiode eine starke Zunahme der Abflussmenge und eine Erhöhung der Abflusspeaks im Vergleich zum Referenzjahr 2002. Dieses Verhalten wurde auch beim Vergleich der Abflussganglinien der unterschiedlich stark landwirtschaftlich genutzten Teileinzugsgebieten oberer Aguima und oberer Niaou für das Jahr 2002 festgestellt (vgl. Giertz, in Vorbereitung). Folglich ist davon auszugehen, dass das Modell die Veränderung der Abflussdynamik bei Erhöhung des Anteils der landwirtschaftlichen Nutzfläche in einem Einzugsgebiet wahrheitsgetreu abbildet.

Die Ausführungen haben gezeigt, dass SIMULAT-H sowohl zur Simulation von Klima- als auch für Landnutzungsszenarien einsetzbar ist. Die Anwendung bleibt jedoch auf die lokale Skala beschränkt, da es als physikalisch basiertes Modell detaillierte Eingangsdaten benötigt, die in der erforderlichen Qualität nicht für das gesamte HVO vorliegen. Im Rahmen der Szenarienanalysen von IMPETUS ist es somit nur für Beispielregionen (*hot spots*) und zur Lösung bestimmter lokaler Problemkomplexe nutzbar (z.B. Ausweitung der Inland-Valley-Nutzung in Kopplung mit einem Pflanzenproduktionsmodell).

Regionales hydrologisches Modell (Workpackage A2-2)

Zur Berechnung der Wasserflüsse auf der regionalen Skala wurde bereits in der ersten Phase des IMPETUS-Projektes das konzeptionelle Modell UHP (Bormann & Diekkrüger, 2003) im HVO für das Teileinzugsgebiet Térou-Wanou erfolgreich kalibriert und validiert (vgl. Zwischenbericht 2002 und Endbericht erste Phase). Die gemessene Wasserbilanz wurde mit einer Abweichung von nur 4% sehr gut abgebildet. Die durchgeführte Unsicherheitsanalyse mit Hilfe der Latin-Hypercube-Methode zeigte, dass die parameterbedingte Modellunsicherheit relativ gering ist (vgl. Zwischenbericht 2002). Zu Beginn der zweiten Projektphase wurde das Modell für weitere Teileinzugsgebiete des HVO der Größe 580 bis 10326 km² validiert. Die in Tab. A2.2 dargestellten Gütemaße zeigen, dass für alle Pegel gute bis zufrieden stellende Ergebnisse erzielt werden konnten. Da meist längere Zeiträume simuliert wurden, wurden bei der Validierung sowohl niederschlagsarme als auch niederschlagsreiche Jahre betrachtet. Zum Teil kam es zu Über- und Unterschätzungen des Abflusses (vgl. Zwischenbericht 2002 und Endbericht erste Phase). Folg-

lich ist eine Modellanwendung für variable Klimabedingungen möglich. Bormann & Diekkrüger (2004) simulierten mit UHP bereits einfache Niederschlagsszenarien (Verkürzung der Regenzeit, Abnahme der Niederschläge um 10%), die realistische Ergebnisse lieferten.

Die Anwendung des Modells UHP zeigte auch für die Teileinzugsgebiete im Norden des HVOs (z.B. Donga-Affon, vgl. Abb. A2-3), die durch höheren Anteil an landwirtschaftlicher Nutzfläche und stärker degradierte Böden charakterisiert sind, eine gute Wiedergabe der Abflussdynamik und der Wasserbilanz.

Tab. A2.2: Gütemasse der Kalibrierung und der Validierung des konzeptionellen Modells UHP im oberen Ouémé-Einzugsgebiet (* Kalibrierungsperiode).

Fluss, Pegel	Einzugsgebietsgröße [km ²]	Simulationsperiode	model efficiency	r ²	Wasserbilanz Qsim/Qgem [%]
Térou, Wanou *	3.133	1993-1999	0,76	0,82	100,3
Térou, Wanou	3.133	2000	0,76	0,79	92,1
Térou, Saramanga	1.378	1998-2000	0,83	0,86	106,4
Térou, Igbomakoro	2.334	1998-2000	0,80	0,90	119,1
Donga, Pont	580	1998-2000	0,80	0,80	89,3
Donga, Affon	1.329	1998-2000	0,81	0,84	100,6
Ouémé, Affon	1.165	1998-2000	0,72	0,82	103,3
Ouémé, Bétérou	10.326	1997-2000	0,54	0,76	110,4

Somit scheint das Modell auch bei veränderten Umweltbedingungen bezüglich Vegetation und Boden verwendbar zu sein. Jedoch ist aufgrund des räumlich konzentrierten (*lumped*) Ansatzes eine Parametrisierung der Landnutzungsänderung schwierig. Dieses wurde bei Anwendungen des konzeptionellen Modells auf die lokalen Messungen in den zuvor genannten Teileinzugsgebieten der Größe 3-16 km² deutlich. Die Dynamik konnte gut wiedergegeben werden, eine Neukalibrierung war jedoch notwendig. Um bei guter Datenbasis eine räumliche differenzierte Darstellung der Landnutzung und auch der Bodeneigenschaften zu ermöglichen, wird derzeit eine rasterbasierte Version des Modells UHP erarbeitet. Das Modell wird dann in der Szenarienanalyse z.B. zur Quantifizierung des Einflusses der Landnutzungsänderung auf den Wasserhaushalt des HVOs eingesetzt.

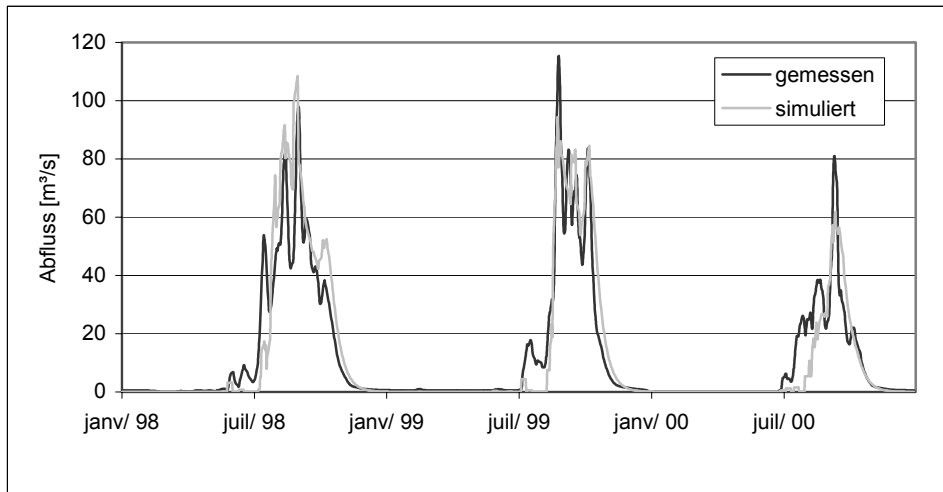


Abb. A2-3: Vergleich der gemessenen und simulierten Abflussganglinie für das Einzugsgebiet Donga-Affon (1998 – 2000) (Bormann & Diekkrüger 2004).

Regionales Grundwasserströmungsmodell (Workpackage A2-4)

Zur numerischen Grundwassermodellierung wird das Finite Elemente Modell FeFlow (Firma WASY GmbH) eingesetzt, das die herrschenden natürlichen geologischen und hydraulischen Verhältnisse im Untergrund mit höchstmöglicher Genauigkeit darstellt und die Erstellung prognosefähiger Modellszenarien ermöglicht. In einem ersten Schritt wurde das HVO-Gebiet mit einem flexiblen, der aktuellen Informationsdichte angepassten Finite Elemente Netz überzogen, das im Modellierungsverlauf entsprechend den jeweiligen Neuerkenntnissen angepasst wird.

Basierend auf den Ergebnissen der ersten Projektphase (Fass, in Vorbereitung) wurde anhand von amtlichen geologischen und hydrogeologischen Karten, Landsat-Satellitenaufnahmen sowie dem vorhandenen digitalen Geländemodell und eigenen Geländeaufnahmen (Frühjahrskampagne 2004) überprüft, inwieweit das konzeptionelle hydrogeologische Modell des Aguima-Einzugsgebietes (vgl. Endbericht der ersten Phase) auf das HVO-Gebiet übertragen werden kann. Zur Beurteilung der Variabilität der Untergrundsverhältnisse wurden ergänzende strukturgeologische Untersuchungen (Lage der Störungen, Verlauf, Öffnungsweiten) durchgeführt. Weitere, für die Regionalisierung notwendige Eingangsdaten wie z.B. Informationen zur Geometrie der verschiedenen Grundwasserleiter (Mächtigkeit und Tiefenlage) und ihrer spezifischen hydraulischen Parameter (Permeabilität, Speicherwert, Porosität usw.) wurden während des Geländeaufenthaltes bei verschiedenen, im Wassersektor tätigen, internationalen Organisationen und lokalen Behörden erfolgreich recherchiert. Die erforderlichen Informationen zur Position von Pumpen und Brunnen, aber auch zu den jeweiligen Grundwasserentnahmemengen stammen von der Direction de l'Hydraulique (insbesondere Project Zéro 2bis), von Befragungen der lokalen Verantwortlichen sowie im westlichen Arbeitsgebiet zwischen Parakou, Djougou und Bassila von Teilprojekt A5 (Prof. R. Baginski). Für die Übertragung dieser Punktinformationen in das numerische Modell wird zurzeit die Anwendbarkeit geostatistischer Regionalisierungsfunktionen analysiert.

Ein wichtiger Bestandteil des Modells sind Grundwasserstandsmessungen. Einerseits liegen historische Daten bei der Direction de l'Hydraulique und bei anderen Organisationen sowie aus der

ersten Projektphase vor; andererseits wurde im Frühjahr 2004 eine flächendeckende Stichtagsmessung im HVO-Gebiet von der Arbeitsgruppe durchgeführt (Abb. A2-4).

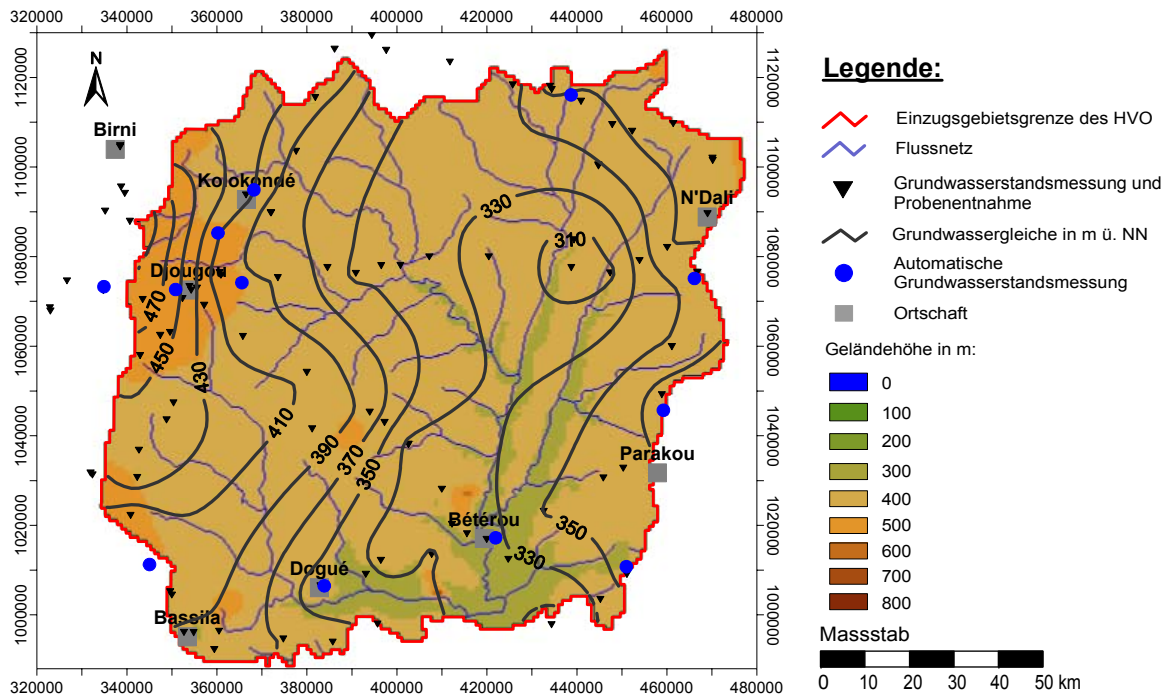


Abb. A2-4: Übersichtskarte des HVO-Gebietes mit Grundwassergleichen für April 2004. Dargestellt sind die Positionen der Grundwasserstands- und Probenentnahme sowie die Lage der Tauchsonden (Koordinatensystem: UTM; Zone N31; Datum WGS 1984).

Von besonderer Bedeutung war hier die Klärung der hydrogeologischen Eigenschaften der auffälligen Kandi-Störung. Diese mit mylonitisierten Störungsbrekzien gefüllte Störungszone ist mehrere Kilometer breit und durchzieht das HVO von NE nach S. Die durchgeführten Grundwasserstands- und Probenentnahmungen weisen deutlich darauf hin, dass aus der Kandi-Zone eine noch nicht quantifizierte Grundwassermenge dem Kluftgrundwasserleiter im HVO-Gebiet zufließt. Daneben erscheint auch eine Neubildung des Kluftgrundwassers aus dem NW des HVO plausibel (Fass in Vorbereitung). Ebenfalls deutlich sichtbar ist auch der Zustrom von Grundwasser aus dem Atakora-Gebirge westlich und nordwestlich des Ouémé-Flusseinzugsgebietes.

Die aus den aktuellen Wasserstands- und Probenentnahmungen abgeleiteten Grundwasserströmungsverhältnisse sind die Basis des stationären numerischen Strömungsmodells. Die für die Weiterentwicklung des Modells und insbesondere für die Überführung in ein dynamisches Modell notwendigen aktuellen Grundwasserstands- und Probenentnahmungen werden im wesentlichen auf den kontinuierlichen Aufzeichnungen der im Frühjahr 2004 eingebauten, automatischen Tauchsonden sowie auf weiteren Stichtagsmessungen basieren. Insgesamt wurden zwölf programmierbare Tauchsonden (Firma Vanessen) in Piezometer und Pumpen im Arbeitsgebiet installiert. Fünf Sonden wurden im Departement de Borgou eingebaut, sieben weitere im Departement de l'Atakora. Im Borgou wurden auf ein Netz von 4 reaktivierten Piezometern aus dem PADEAR-Programm zurückgegriffen (vgl. Abb. A2-4). Die übrigen Sonden wurden in pedalbetriebene Pumpen eingehängt, die den Vorteil leichter Zugänglichkeit verbunden mit dem Schutz gegen äußeres Einwirken aufweisen.

Zum Verständnis der hydrogeologischen Zusammenhänge im HVO-Gebiet ist es notwendig, das hydrogeologische Konzeptmodell aus dem Aguiama-Einzugsgebiet auf seine regionale Gültigkeit zu untersuchen und ggf. den jeweiligen lokalen Eigenheiten anzupassen. Dazu wurde im Frühjahr 2004 eine Probenahmekampagne durchgeführt. Hierbei wurden 91 Wasserproben aus Brunnen, Pumpen und Oberflächengewässern entnommen, die der hydrochemischen und isotopehydrologischen Charakterisierung der Grundwasser-vorkommen dienen. Im Fokus stehen die Eigenschaften des Kluftgrundwasserleiters, der während der Trockenzeit im Frühjahr bei Basisabflussbedingungen am geringsten durch Vermischung mit lokal neu gebildetem Grundwasser betroffen ist. Die Probenahme erfolgte flächendeckend über das gesamte HVO-Gebiet. Einen Schwerpunkt stellten dabei die Randbereiche dar, um etwaige Zuflusskomponenten auch hydrogeochemisch zu charakterisieren. Die Wasserproben werden zurzeit im Labor des Geologischen Instituts Bonn (ASS, IC, Photometer) und am GSF-Institut (Isotopen) analysiert.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden in dem regionalen Modell schrittweise berücksichtigt, umso Zu- und Abflüsse über die Modellränder zu charakterisieren und die vertikale Auflösung der verschiedenen Grundwasserleiter im HVO-Gebiet besser darzustellen. Nur so ist es möglich ein realistisches 3-dimensionales FE-Modell des Aquifersystems mit den für die verschiedenen Aquifere spezifischen Flieseigenschaften darzustellen.

Regionales Erosionsmodell (Workpackage A2-3)

Das Modellsystem SWAT 2000 (Soil & Water Assessment Tool, <http://www.brc.tamus.edu/swat>) wurde bereits erfolgreich im Rahmen einer Dissertation im IMPETUS-Projekt (L. Sintondji, DAAD-Stipendiat aus Benin) für die Simulation des Wasser- und Stoffhaushalts des Térou-Einzugsgebietes eingesetzt und wird daher inzwischen auch für die Prognose der Wassererosion im gesamten HVO parametrisiert. Das Modell zeichnet sich durch die Anwendbarkeit für Einzugsgebiete auch größer als 10.000 km², die freie Verfügbarkeit, ein nutzerfreundliches Arc-View Interface und eine zunehmend wachsende Anwenderschaft aus. Es weist physikalische basierte und empirische Bestandteile auf, so dass Szenarienrechnungen bei einem vertretbaren Bedarf an Eingangsparametern möglich sind. Das Modell wurde zunächst für das Térou-Einzugsgebiet parametrisiert und kontinuierliche Simulationen für die Jahre 1998-2002 im Tages-Zeitschritt gerechnet. Da für diesen Zeitraum keine Daten zu Sedimentausträgen zur Verfügung stehen, wurde das Modell vorerst für zwei Teileinzugsgebiete des Térou (Igbomakoro, Wanou) mithilfe von Abflussdaten aus den Jahren 1998-2002 für Jahres- und Monatswerte zufrieden stellend kalibriert (siehe Abb. A2-5). Die Abflusskurven für Tageswerte zeigen jedoch, dass einzelne Abflussereignisse noch nicht richtig wiedergegeben werden. Das Optimierungspotential der bisherigen Modellparametrisierung liegt vor allem im Bereich der Landnutzungstypen, der Auflösung des digitalen Geländemodells und der Abbildung der Niederschlagsvariabilität.

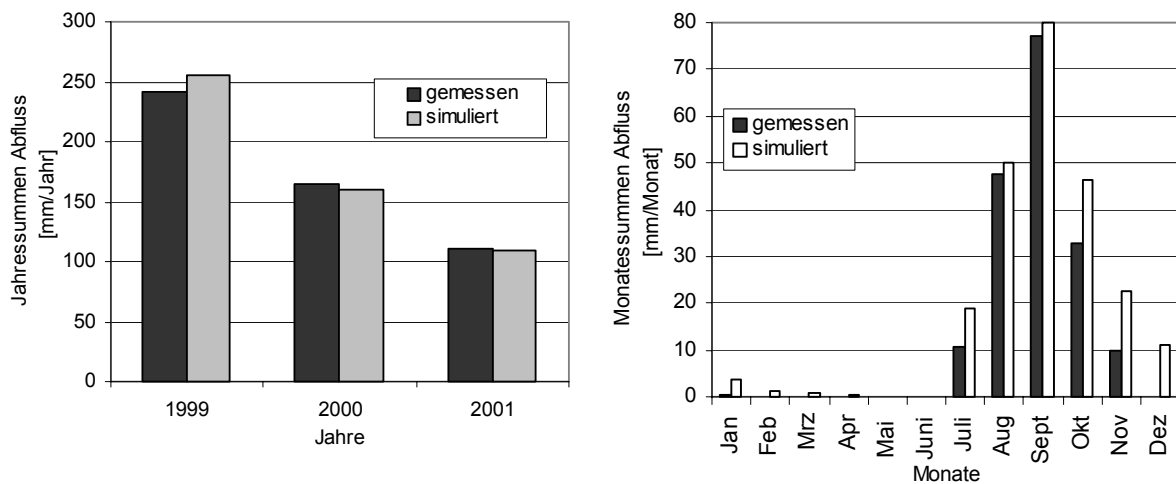


Abb. A2-5: Vergleich gemessener und mit dem Modell SWAT2000 berechneter Gesamtabflüsse am Pegel Terou Igbomakoro. Eine Validierung des Modells steht noch aus.

Eine Kalibrierung bzw. Validierung der mit SWAT simulierten Sedimentmengen kann erst erfolgen, wenn kontinuierliche Messungen des Schwebstoffgehaltes am Einzugsgebietsauslass vorliegen. Dazu wurden im HVO am Auslass dreier Einzugsgebiete unterschiedlicher Größe und Landnutzungsintensität (Térou/Igbomakoro-Einzugsgebiet (2.334 km²), Donga/Pont-Einzugsgebiet (580 km²), Aguima-Einzugsgebiet (16 km²)) im März 2004 drei Multiparametersonden installiert. Diese liefern seit Mai 2004 halbstündliche Messwerte für die Parameter Trübung, elektrische Leitfähigkeit, Temperatur und Wasserstand. Nach Erstellung einer Eichkurve zwischen Trübung und Schwebstoffgehalt in der kommenden Regenzeit kann die Schwebstofffracht der drei Einzugsgebiete zeitlich hoch aufgelöst ermittelt werden. Um eine möglichst großräumige Aussage über den Sedimentaustrag des HVO zu erhalten, werden seit Mai 2004 zusätzlich am Ouémé (Pegel Beterou) Schwebstofffrachten durch tägliche Entnahme von Wasserproben bestimmt.

Die in der Regenzeit 2003 täglich am Pegel Térou-Igbomakoro entnommenen Wasserproben zeigten starke tägliche Schwankungen des Schwebstoffgehaltes zwischen 0,01-0,5 g/l mit einem deutlichen Maximum zu Beginn der Regenzeit. Von November bis Februar installierte Sedimentfallen im Flussbett des Térou am Pegel Igbomakoro gaben Aufschluss über die Größenordnungen des Geschiebetransports dem 12 m breiten Flussbett zum Ende der Regenzeit (z.B. zweite Novemberhälfte 2003 ca. 440kg, Februar 2004 21 kg).

Hydro-GIS

Die für die hydrologische Modellierung und die Szenarienanalyse benötigte räumliche Datenbasis wurde zu Beginn der zweiten Projektphase vervollständigt bzw. verbessert. Zusätzlich zu den bereits vorhandenen Vektor- und Grid-Datensätzen (Bodenkarte 1:200.000, Geologische Karte 1:200 000, 2 Landnutzungsklassifikation (Teilprojekt A3 und USGS), DGM für Térou-Gebiet abgeleitet aus topographischen Karte, 1km-DGM des USGS für gesamt Benin, vgl. Zwischenbericht 2002) wurde ein digitales Geländemodell für das HVO erstellt und Grundlagen für die Ver-

besserung der vorliegenden Bodenkarte und Indikatoren zur Ableitung der Bodenfruchtbarkeit erarbeitet.

Die vorliegenden räumlichen Informationen werden in Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt C1 in ein Landinformationssystem integriert, was dann für alle Stakeholder zur Verfügung gestellt wird.

Digitales Geländemodell (Workpackage A2-1 und A2-2)

Auf Grundlage der russischen topographischen Karten 1:200.000 wurde ein digitales Geländemodell (DGM) der Rasterweite 150 m für das HVO erstellt. Die DGM-Generierung erfolgte in ArcInfo unter Verwendung der topogrid-Routine, das auf dem von Hutchinson (1988) entwickelten ANUDEM-Programm zur DGM-Ableitung basiert. Es ist speziell für die Generierung ‚hydrologisch korrekter‘ DGMs – also DGMs ohne Senken und ebenen Flächen – für Anwendungen in der hydrologischen Modellierung entwickelt worden. Die Grundlage der räumlichen Interpolation bildet nicht nur die Höhenlinien, sondern auch das Gewässernetz des Gebietes, das ebenfalls von den topographischen Karten abdigitalisiert wurde. Das Höhenmodell wird auch von anderen Teilprojekten benötigt.

Bodenkarte HVO (Workpackage A2-3)

Die bestehende Bodenkarte 1:200.000 (Faure, 1977) muss verbessert werden, da sie nicht die Verbreitung chemischer und physikalischer Bodeneigenschaften erklärt und da die aus der Geologischen Karte abgeleiteten Grenzen der Bodentypen häufig nicht den realen Gegebenheiten entsprechen. Zudem wurden z.B. die hydrologisch relevanten jährlich vernässenden Depressionen (Inland-Valleys) in der Karte nicht berücksichtigt.

Zur Erstellung von Karten der Bodeneigenschaften wurde daher für jede Bodeneinheit ein repräsentatives Profil ausgewählt, horizontweise beprobt und im Labor analysiert. Bisher konnten auf diese Weise 50 % der Bodentypen bzw. 2/3 der Gesamtfläche des HVOs chemische und physikalische Bodeneigenschaften zugeordnet werden. Die noch fehlenden, eher kleinräumig verbreiteten 19 Bodentypen werden in der kommenden Feldkampagne (September 2004) beprobt, so dass Ende des Jahres 2004 die zur Charakterisierung der Bodenfruchtbarkeit und zur Modellierung relevanten Bodenparameter vorliegen werden (Textur, Oberbodenmächtigkeit, Horizontmächtigkeiten, pH, elektrische Leitfähigkeit, potenzielle KAK, Humusgehalt, C/N-Verhältnis, bodenhydrologische Eigenschaften über Pedotransferfunktionen bzw. Infiltrationsversuche auf der lokalen Skala).

Erste Ansätze zur Verfeinerung der Bodenkarte beschränkten sich aufgrund der extremen Trockenheit des Bodens beim Feldaufenthalt im März 2004 auf die Inland-Valleys, so dass die regionale Gültigkeit der auf der lokalen Skala vorgefunden typischen Catena erst in der kommenden Regenzeit überprüft werden kann. Es wurde bestätigt, dass sich die Inland-Valleys mit einer durchschnittlichen Breite von 150 bis 300 Metern entlang des Oberlaufs kleinerer Flüsse ausgebildet haben, die nicht zu stark eingeschnitten sind und keinen Uferwall aufweisen. Ob an einem Oberlauf letztlich ein Inland-Valleys (Bodentyp Gleysolle) vorkommt oder nicht, hängt unter

anderem von der Existenz von Unterhangskrusten (Bodentyp Plinthosole) ab (Swoboda, 1994). Die physiko-chemischen Laboranalysen der Bodenproben, die während der letzten Feldkampagne in Inland-Valleys in verschiedenen Regionen des HVOs entnommenen wurden, werden derzeit im Labor des Geographischen Instituts durchgeführt. Versuche, die Gleysole für das gesamte HVO durch Abgrenzung der Inland-Valleys aus der Landnutzungsklassifikation und dem DGM abzuleiten, waren bisher wenig erfolgreich, da die in der Landnutzungsklassifikation ausgewiesenen Inland-Valleys keine zusammenhängenden Flächen aufweisen (meist vereinzelte Pixel) und das aus Höhenlinien abgeleitete DGM nicht detailliert genug ist. Sinnvoller erscheint die Abgrenzung mittels GIS, bei der die Inland-Valleys über die *buffer*-Funktion aus den Oberläufen des Gewässernetzes bestimmt werden. Die maximale Ausdehnung flussabwärts kann über die sogenannte *upstream area* begrenzt werden.

Die für die Regionalisierung benötigten Korrelationen zwischen Bodendaten, Geologie und Reliefparametern können quantifiziert werden, sobald nach den geplanten Felduntersuchungen im September 2004 eine umfangreiche Datenbasis für das gesamte HVO vorliegt. Weitere Bodendaten aus einem ehemaligem GTZ Projekt (PGTRN Ouaké) wurden bereits zugesagt.

Indikatoren der Bodenfruchtbarkeit (Workpackage A2-3)

Viele angewandte Fragestellungen des Gesamtprojektes, z.B. die Abschätzung der Ernährungssicherheit, erfordern eine Auswertung der regionalen Bodenkarte hinsichtlich der Eignung der Bodentypen für eine landwirtschaftliche Nutzung bzw. der Abschätzung der Bodenfruchtbarkeit unter rezenten und zukünftigen Bedingungen. Die Anwendung des Programms FCC V.3/4 (z.B. Smith, 1989, <http://www.fao.org/ag/agL/AGLL/fcc3.htm>) in Verbindung mit der WISE-Datenbank scheint dazu geeignet, entsprechende Aussagen über die Bodenfruchtbarkeit und Managementstrategien zu machen. Eine Parametrisierung des Programms mit den im Untersuchungsgebiet erhobenen Boden-Datensätzen ist in Arbeit.

Für eine anwendungsorientierte, übersichtliche Bodenkarte, die auch in bestehende Datenbanken (z.B. SOTER) integriert werden kann, wird versucht, die Bodentypen nach der veralteten französischen Klassifikation in die Bodentypen der World Reference Base (WRB, Deckers et al., 1998) zu übersetzen. Da nicht in allen Fällen eine eindeutige Zuordnung vorgenommen werden kann, ist für einige Bodentypen eine Feldansprache einschließlich Laboranalyse unumgänglich. Für die Bodentypen der WRB kann als zunächst grobe Richtlinie folgende Reihung hinsichtlich der Bodenfruchtbarkeit angenommen werden: Lixisol, Acrisol ohne Konkretionen > Lixisol, Acrisol mit Konkretionen > Cambisol > Plinthosol > Gleysol (je nach Anbaufrucht) > Leptosol, Regosol.

Literatur

- Andersen, J., Refsgaard, J.C. & K.H. Jensen (2001): Distributed hydrological modelling of the Senegal river basin – model construction and validation. *Journal of Hydrology* 247, S. 200 – 214.
- Bronstert, A. (1994): Modellierung der Abflussbildung und der Bodenwasserdynamik von Hängen. *Mitteilungen des Instituts für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Universität Karlsruhe* 46. 192 S.
- Bormann, H. & B. Diekkrüger (2004): A conceptual, regional hydrological model for Benin (West Africa): Validation, uncertainty assessment and assessment of applicability for environmental change analyses. *Physics and Chemistry of the Earth*, im Druck.
- Campling, R., Gobin, A., Beven, K. & J. Feyen (2002): Rainfall-runoff modelling of a humid tropical catchment: the TOPMODEL approach. *Hydrological Processes* 16, S. 231 – 253.
- Deckers, J.A., Nachtergaele, F.O., Spaargaren, O.C., 1998. *World Reference Base for Soil Resources: Introduction*. International Society of Soil Science, Leuven, Belgium. 165 pp.
- Diekkrüger, B. (1996): SIMULAT – Ein Modellsystem zur Berechnung der Wasser und Stoffdynamik landwirtschaftlich genutzter Standorte. In: Richter, O.; Söndgerath, D. & B. Diekkrüger (Hrsg.): *Sonderforschungsbericht 179. Wasser- und Stoffdynamik in Agrarökosystemen. Abschlußbericht Band 1. Landschaftsökologie und Umweltforschung* 24. S. 30 – 47.
- Diekkrüger, B., Giertz, S. & H. Bormann (2004): Analyse hydrologischer Prozesse in Westafrika als Grundlage für ein integratives Einzugsgebietsmanagement - Beispiele aus dem IMPETUS-Forschungsprojekt.. In: *Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*. Eingereicht zur Veröffentlichung.
- Famiglietti, J.S. & Wood, E.F. (1994): Multiscale modelling of spatially variable water and energy balance processes. *Water Resources Research* (30/11), S. 3061-3078.
- Fass, T. (in Vorbereitung): *Hydrogeologie im Aguima-Einzugsgebiet, Benin, West Afrika*. Dissertation Geologisches Institut der Universität Bonn.
- Faure, P. (1977): *Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Benin à 1/200.000*. – O.R.S.T.O.M., notice explicative, No. 66; Paris.
- Giertz, S. (in Vorbereitung): *Analyse der hydrologischen Prozesse in den sub-humiden Tropen Westafrikas unter besonderer Berücksichtigung der Landnutzung am Beispiel des Aguima-Einzugsgebietes in Benin*.
- Hutchinson, M.F. (1988): *Calculation of hydrologically sound digital elevation models*. Third International Symposium on Spatial Data Handling, Sydney. Columbus, Ohio: International Geographical Union.
- Judex, M. (2003): *Analyse und Erklärung der Landbedeckungs- und Landnutzungsänderung im Upper Ouémé Catchment (Benin, Westafrika) durch die Verknüpfung von LANDSAT-Daten mit sozioökonomischen Daten*. Unveröffentlichte Diplomarbeit Geographisches Institut der Universität Bonn, 104 S.
- Swoboda, J. (1994): *Geoökologische Grundlagen der Bodennutzung und deren Auswirkung auf die Bodenerosion im Grundgebirgsbereich Nordbenins – ein Beitrag zur Landnutzungsplanung*, *Frankfurter Geowissenschaftliche Arbeiten, Serie D, Band 18*, Frankfurt am Main.
- Smith, C.W. (1989). *The fertility capacity classification system (FCC)—3rd approximation: a technical soil classification system relating pedon characterization data to inherent fertility characteristics*. PhD dissertation, North Carolina State University, Raleigh. 430 pp.

Teilprojekt A3**Funktionale Beziehungen zwischen raumzeitlicher Vegetationsdynamik und Wasserkreislauf**

Antragsteller	Fach
Prof. Dr. G. Menz (Koordinator) Geographisches Institut, Universität Bonn	Geographie: Fernerkundung
Prof. Dr. W. Barthlott Botanisches Institut und Botanischer Garten, Universität Bonn	Biologie: Vegetationsökologie
Prof. Dr. H. Goldbach / PD Dr. J. Burkhardt Institut für Pflanzenernährung, Universität Bonn	Landwirtschaft: Ökophysiologie und Pflanzenernährung
Prof. Dr. S. Porembski Botanisches Institut und Botanischer Garten, Universität Bonn	Biologie: Vegetationsökologie

Zusammenfassung

Das erste Projektjahr der zweiten IMPETUS-Phase stand im Zeichen der Vorbereitung für die Modellierung und Szenarienbildung von Landnutzung- / Landbedeckungsänderungen sowie der sich daraus ergebenden Konsequenzen auf den Hydrologischen Kreislauf, die Ernährungssicherung der Menschen und die ökosystemare Stabilität. Zur Identifikation des dahinterliegenden Prozessgefüges, der beteiligten Akteure und deren Motivationen wurden zahlreiche Untersuchungen durchgeführt, unter Verwendung der Ergebnisse aus ersten IMPETUS-Phase. Ein Beispiel ist die aus Satellitendaten abgeleitete Entwicklung der Feldflächen zwischen 1991 und 2000 und deren Korrelation mit der in Zensusdaten dokumentierten Bevölkerungsentwicklung. Es ist eine starke Zunahme der landwirtschaftlichen Flächen zu erkennen, in einigen Distrikten (Tschaourou, Bassila) hat sie sich in dem betreffenden Zeitraum verdoppelt bis verdreifacht. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse sind erste Prognosen für die Entwicklung der Landwirtschaftlich genutzten Flächen möglich. So wird z.B. im Jahr 2010 in der Kommune Parakou fast 70 % der Gesamtfläche agrarisch genutzt werden, so dass es dort zu einer spürbare Verknappung von freier Fläche kommen wird. Für das gesamte Einzugsgebiet des „Upper Ouémé“ stehen nun räumlich explizite Karten der Veränderungen zur Verfügung, an denen die Modelle kalibriert und mögliche Konfliktzonen identifiziert werden können. Umfangreiche statistische Analysen zeigten, dass die räumliche Lage der neuen Feldflächen zu 82 % durch nur drei Faktoren, den Abstand zu Strassen, der Ausgangslandbedeckung und der Bevölkerungsdichte erklärt werden konnten. Dies ist ein erstaunliches Ergebnis, in Anbetracht der Komplexität des Prozesses des Landnutzungswandels.

Nach gründlicher Recherche wurde für die Modellierung der Landnutzungs-/Landbedeckungsänderung eine Prozessierungskette aufgebaut, in der Modelle unterschiedlicher räumlichen Auflösung und Komplexität ineinander greifen. Die Bereitstellung der Inputdatensätze und Sensitivitätsuntersuchungen waren wichtige Arbeitsschritte.

Die Botaniker analysierten die in der ersten Phase erhobenen detaillierten vegetationskundlichen Daten in Hinblick auf die bestehenden Modellierungsansätze. Die Bestimmung der Schlüsselfaktoren für die Vegetationsmodelle stand im Vordergrund der Arbeiten. Dabei ergaben sich interessante Ergebnisse bezüglich der Phänologie einiger Baumarten. Zum Beispiel erfolgt bei der weit verbreiteten Baumart Isoberlinia doka auf den Laubwurf in der Trockenzeit eine sofortige Wiederbelaubung. Dieser Aspekt wurde bisher weder in den hydrologischen Modellen noch in den fernerkundlichen Klassifizierungen berücksichtigt.

Hinsichtlich der Auswirkungen des selektiven Holzeinschlags auf die Vegetation lässt sich feststellen, dass die starken Unterschiede in der Biomasse in den dadurch entstandenen Lichtungen für weiterführende Analysen hinsichtlich des Bodenwasserhaushalts interessante Ergebnisse erwarten lassen und sind durch die zunehmenden Holzfüllungsaktivitäten im gesamten HVO von signifikanter Bedeutung. Dies wird auf den Testflächen quantifiziert.

Im Hinblick auf die Ernährungssicherheit, die Landnutzungsänderung und die Bevölkerungsentwicklung sind Untersuchungen bezüglich der Beweidung von Bedeutung. Es zeigt sich, dass sich viele Viehzüchter nun dauerhaft im Untersuchungsgebiet niederlassen, womit eine Veränderung der Weideintensität einhergeht. Da für Testgebiete auch die genauen Herdengrößen bekannt sind, kann dieser wichtige Faktor nun in die LUCC Modellen entsprechend einfließen.

Die Sicherung der Ernährung bei sich verknappenden Ressourcen ist ein zentrales Thema im IMPETUS Kontext. Deshalb wurde die Modellierung relevanter Kulturarten hinsichtlich der Ertragsleistung auf lokaler und regionaler Ebene mit dem DSSAT Modelpaket in Angriff genommen. Hierfür ist es zunächst zwingend notwendig, alle erforderlichen, modellspezifischen Input-Daten und Kalibrierungsparameter bereitzustellen. Dazu wurden die bisherigen sehr umfangreichen Feldversuche weitergeführt und Anstrengungen unternommen trotzdem vorhandene Datenlücken zielgerichtet zu schließen. Des Weiteren wurden erste Statusindikatoren für die Szenarienentwicklung bezüglich der Erträge der wichtigsten Nutzpflanzen in Abhängigkeit verschiedener Einflussgrößen abgeleitet.

Workpackage A3-1: Modellierung von Landnutzungsveränderungen in Bezug auf die Bewertung des Agrarpotenzials und eine zukünftige Landschaftsplanung

Die Aktivitäten der Fernerkundungsgruppe im Jahr 2003-2004 standen im Zeichen der Vorarbeiten für die Modellierung der Landnutzungs-/ Landbedeckungsveränderungen zur Erstellung tragfähiger Szenarien für zukünftige Entwicklungen unter unterschiedlichen Randbedingungen.

Schwerpunkte der Arbeiten im Jahre 2003 waren:

- Erstellung der „Storylines“ der Landnutzungs-/Landbedeckungsänderung zur Prozessanalyse und Identifikation von Akteuren und Motivationen.
- Erfassung der Veränderung von Feldflächen zwischen 1991, 2000 und 2001 aus Fernerkundungsdaten als eine Grundlage für die Modellierung.
- Evaluation der existierenden in Frage kommenden Modelle für die Landnutzungsmodellierung.

- Erhebung, Beschaffung und Umformatierung der Eingabedatensätze für die Modellierung.
- Statistische Analysen der Landnutzungs-/Landbedeckungsänderungen unter Einbeziehung von sozioökonomischen Daten zur Beschreibung der funktionalen Zusammenhänge für die Implementierung in die Modelle.
- Erste Sensitivitätsanalysen der gewählten Modelle.
- Erstellung eines Atlases der wichtigsten ökosystemaren Parameter des Upper Ouémé Catchments, auch zur Darstellung der aus Satellitendaten abgeleitete Ergebnisse.
- Klassifizierung von Benin in einem 1 km Raster aus Spot Vegetationsdaten.
- Großräumige Analyse der Vegetationsdynamik in Westafrika auf 1 km Raster unter Einbeziehung der von A1 regionalisierten Niederschläge.
- Aufbau einer Datenbank der offiziellen Zensus-Daten für Benin in Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt A4.
- Beginn einer Zusammenarbeit mit den Informatikern in Bonn zur Erstellung einer offenen Workbench für die Landnutzungsmodellierung in der unterschiedliche Modellierungen durchgeführt werden können.
- Beginn der Zusammentragung geeigneter Datensätze sowie Evaluierung der Methoden zur Berechnung der agrarischen Marginalität.

Die Zusammenarbeit mit den anderen IMPETUS-Teilprojekten (A1-A5) konnte auch in 2003-2004 weiter ausgebaut werden. Besonders mit den Meteorologen (A1) und den Sozioökonomien (A4) ergaben sich interessante Zusammenarbeiten in Bezug auf die Ursachen und Auswirkungen der Landbedeckung- und Landnutzungsänderung. Wichtig in diesem Zusammenhang waren auch die Ergebnisse bezüglich der Landwirtschaftssysteme.

Mit der Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) in Benin wurden intensive Gespräche zur Nutzung von Synergieeffekten im Rahmen des „Grünen Programms“ der GTZ in Benin diskutiert. Es wurden Schritte zur „Capacity Building“ im Hinblick auf Fernerkundung und GIS eingeleitet.

Im Rahmen eines von der GTZ geförderten Projektes zur Wasserversorgung mehrerer Städte in Benin ergab sich eine Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro IGIP Afrique und deren deutschen Subunternehmer „Geophysik Consultancy“ bei der, durch die Analyse von Satellitenbildern, Kluffstrukturen und Vegetationsmuster erfasst wurden.

Weiterhin gab es intensive Kontakte zum Geographischen Institut der Universität Abomey-Calavi. Dabei wurden Möglichkeiten zum Aufbau eines Studiengangs für Fernerkundung, GIS und Ressourcennutzung diskutiert.

Im Rahmen der „Capacity Building“ wurde die Dissertation von Herrn Vincent Orekan aus Cotonou weiter betreut und mehrtägige Schulungen in GIS und Fernerkundung bei den Projektpartnern in Benin durchgeführt.

Feldarbeiten

Im Jahre 2003/2004 führte die Fernerkundungsgruppe zwei Feldkampagnen vom 27.10.-06.12.2003 und vom 25.02.-07.03.2004 in Benin durch. Folgende Ziele wurden dabei verfolgt:

- Überprüfung der Ergebnisse der Change Detection.
- Aufnahme von Geländepunkten im schwer zugänglichen Schutzwald des Ouémé Supérieur.
- Betreuung des beninischen Doktoranden Vincent Orekan, Überprüfung der Aufnahme von sozioökonomischen Daten.
- Zusammenarbeit und Datenaustausch mit anderen Gruppen in Benin PAMPF, IGIP Afrique, GTZ, PGTRN, INRAB und UNB in Cotonou.
- Besprechung der Ziele und Eingabeparameter der Modellierung mit Stakeholdern in Benin.
- „Data mining“: Suche und Evaluation von Daten bei unterschiedlichen Institutionen, die für die Modellierung von Bedeutung sein könnten.

Aktivitäten im Rahmen der Landnutzungsmodellierung

Eine verbale Beschreibung des komplexen Prozessgefüges der Landnutzungs-/Landbedeckungsänderung erfolgt mittels einer „Storyline“. Dabei werden einzelne Prozesse, die beteiligten Akteure und ihre Motivationen detailliert beschrieben. Anhand der Storyline wurden die für die Modellierung wichtigen Eingabeparameter und funktionalen Zusammenhänge determiniert. Wichtig dabei ist die Beschränkung auf eindeutig bestimmbare Parameter, die auf der einen Seite den Prozess des Landnutzungswandels hinreichend genau beschreiben, auf der anderen Seite gut erfassbar und validierbar sind. In einer umfassenden Literaturrecherche wurden mehr als 20 unterschiedliche Modellansätze auf deren Eignung zur Modellierung der speziellen Situation am Ouémé (oder im Ouémé Catchment) geprüft. Als Ergebnis dieser Evaluation wurde von den verfügbaren Modellen das CLUE Modell (Verbürg et al. 2002) aufgrund der offenen und modularen Struktur als geeignet erachtet, wobei noch bestehende Mängel des Modells im Laufe der Arbeiten beseitigt werden sollen.

Das gesamte Modellierungskonzept ist modular aufgebaut und arbeitet in unterschiedlichen räumlichen Skalen.

- Entlang der Straße Wouberou-Bassila wird mit dem Modell CLUE-S eine großmaßstäbliche räumlich explizite Modellierung durchgeführt. Für diesen Raum stehen durch eigene Erhebungen sehr detaillierte Zusatzinformationen (bezüglich der sozio-ökonomischen Situation) zur Verfügung. Die räumliche Auflösung hierbei beträgt 30 m.
- Für das Einzugsgebiet des Ouémé erfolgt die Modellierung mit dem Modell CLUE in einer räumlichen Auflösung von 90 m. Für die Parametrisierung des Modells wird auf die Erfahrungen der Detailstudie Wouberou-Bassila zurückgegriffen. Auch die Ergebnisse der Umfrage bei 400 Personen im gesamten Catchment; durchgeführt von den IMPETUS-Teilprojekten A4 – A5; werden in den Modellansatz einfließen.
- Für das gesamte Ouémé Catchment werden in einer Auflösung von 500 m zukünftige Landnutzungen unter unterschiedlichen Randbedingungen modelliert. Eine interessante wissenschaftliche Fragestellung von großer praktischer Relevanz wird hierbei die Quantifizierung des Informationsverlusts durch die größere Auflösung und die ungenaueren Inputdaten sein.
- Auf nationaler Ebene wird die Berechnung und Modellierung der agrarischen Marginalität nach dem vom Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK) entwickelten Ansatz (Cassel-Gintz et al. 1997) in einer räumlichen Auflösung von 1 km x 1 km berechnet. Im Rah-

men von IMPETUS wird dieser Ansatz modifiziert und durch die Einbeziehung von sozio-ökonomischen Daten erweitert.

Die Genauigkeit der Modellergebnisse ist in starkem Maße mit der genauen Erfassung des Prozessgefüges und der zur Verfügung stehenden Inputparameter korreliert. Der Initialisierung der Modelle muss deshalb besonderes Augenmerk gewidmet werden. Eine Schlüsselgröße ist hierbei die genaue Information zum Landbedarf pro Einwohner. Um diese zu erhalten, wurde in einer ausgedehnten Arbeit die Entwicklung der Feldflächen zwischen 1991, 2000 und 2001 anhand von LANDSAT Satellitendaten untersucht (Abb. A3-1). Die Feldflächen für jeden Zeitschritt wurden mit einem eigens entwickelten Entscheidungsbaum basierten Klassifikationsverfahren abgeleitet. Dabei konnte eine Genauigkeit von 83 % erreicht werden, was für die heterogenen Verhältnisse als sehr gut bezeichnet werden kann.

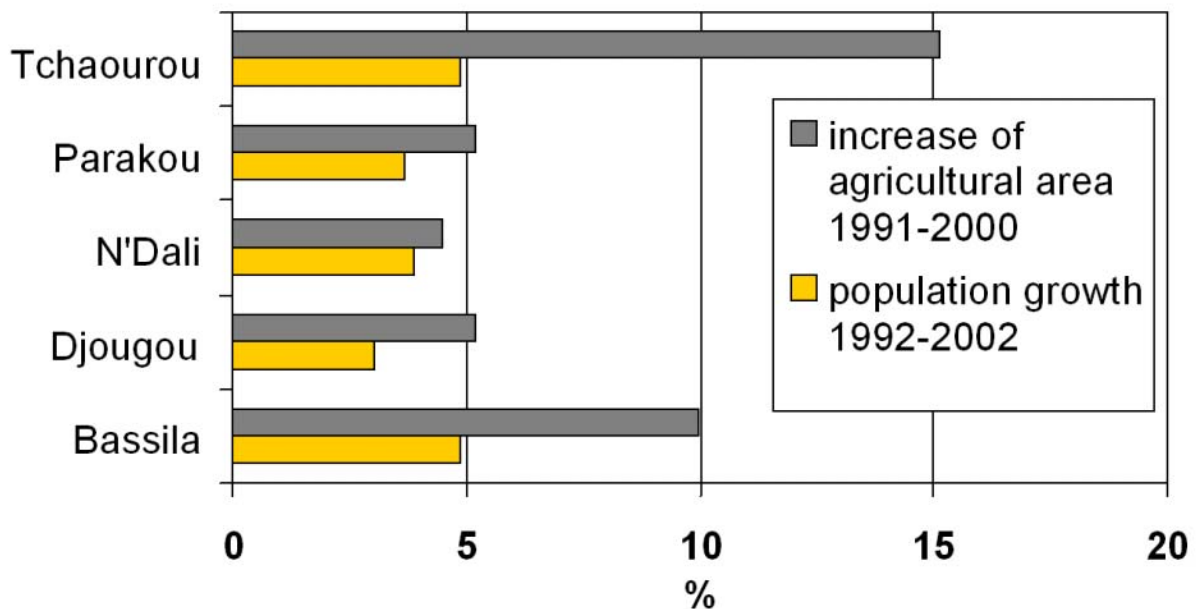


Abb. A3-1: Zunahme von Feldflächen und Bevölkerung für die unterschiedlichen Kommunen im Einzugsgebiet des „Upper Ouémé“ zwischen 1991 und 2000.

Dies ermöglicht nicht nur die Untersuchung der auf „Commune“ Ebene aggregierten Feldflächen zu untersuchen, sondern eine räumlich explizite Analyse der Veränderungen. Vergleiche der aus Fernerkundung ermittelten tatsächlichen Feldflächen mit den offiziellen Zahlen unterschiedlicher beninischer Behörden zeigen extrem starke Abweichungen. Wobei die offiziellen Werte unterschiedlicher Institutionen erhebliche Unterschiede aufweisen und oft in sich selbst nicht plausibel sind (z.B. fast genauso viel Ackerfläche wie Gesamtfläche im Bezirk Ndali). Der Erhebung verlässlicher Inputdaten für die Modellierung ist somit ein entscheidender Faktor für die Plausibilität der Modellergebnisse.

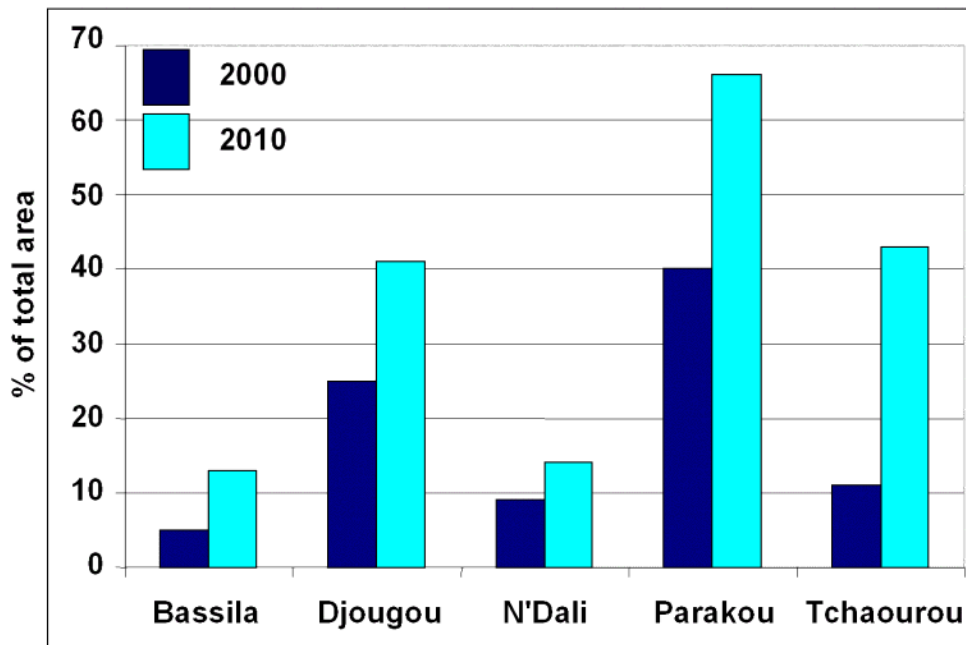


Abb. A3-2: Aus Satellitendaten abgeleitete Feldfläche für das Jahr 2000 und prognostizierte Feldflächen für das Jahr 2010.

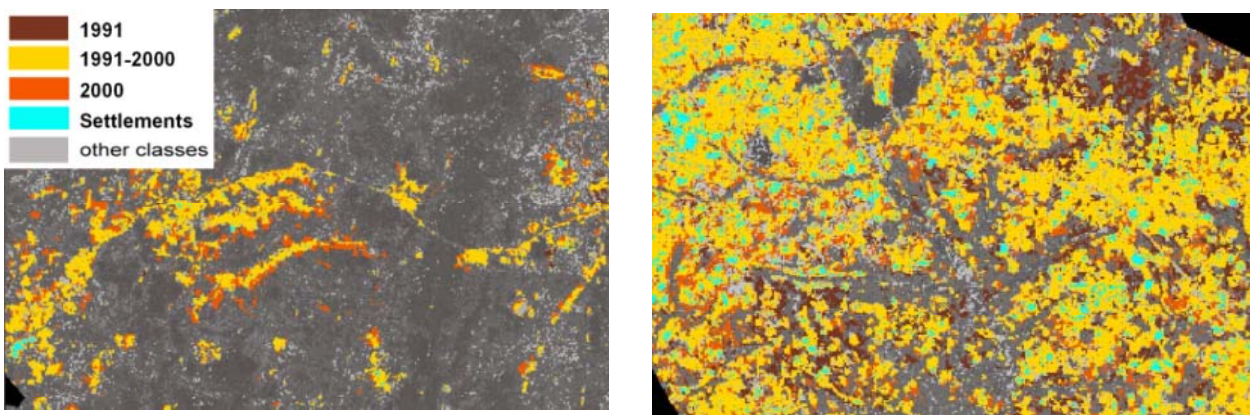


Abb. A3-3: Räumlich explizite Entwicklung der Feldflächen von 1991 –2000, abgeleitet aus Satellitendaten. Links: Altsiedelland bei Serou, rechts: das Neusiedlerdorf Kpawa.

Interessant ist der Vergleich der Zunahme von Feldflächen mit der Bevölkerungsentwicklung (Abb. A3-1). Der größte Zuwachs der Ackerflächen ist in den „Communes“ zu verzeichnen, die noch den höchsten Waldanteil haben (Tchaourou, Bassila). Dies ist ein Hinweis, dass die aktuelle Landnutzung die Entwicklung der Ackerflächen steuert. Mit einer Fortschreibung des Trends lässt sich in erster Näherung die Entwicklung der Feldflächen im Jahr 2010 prognostizieren (Abb. A3-1). Hiermit lassen sich auf „Commune“ Ebene, sowohl Konfliktpotenziale aufgrund des Mangels an landwirtschaftlicher Nutzfläche erkennen als auch Interventionsgebiete für Entwicklungsmaßnahmen ableiten.

Bei den von der GTZ eingeleiteten Maßnahmen zum Waldschutz, zur Bekämpfung der Erosion sowie des Feuermanagements stellt sich die wichtige Frage nach der Evaluierung des Erfolgs. Bisherige Evaluationsmethoden, wie z.B. Begehungen sind sehr aufwendig, teuer und nicht flä-

chendeckend durchzuführen. Die Fernerkundung bietet den Vorteil einer flächendeckenden Überprüfung des Erfolges der Interventionen. Deshalb wurde in Zusammenarbeit mit der GTZ ein Pilotprojekt, das in zwei Gebieten die Evaluierung des Erfolgs der Maßnahmen zur Landkonservation durch multitemporale Fernerkundung durchführte. Es wurden die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Fernerkundungsdaten für diesen Zweck untersucht. Die Ergebnisse leisten einen zukunftsweisenden Beitrag für das Monitoring von Interventionsgebieten.

Zusammenarbeit mit anderen Institutionen

Mit dem CENATEL (Centre National de Teledetection) und der Universität Abomey-Calavi wurde die enge Zusammenarbeit ausgebaut. Unter anderem wurden GIS und Fernerkundungsschulungen durchgeführt sowie Methoden, Daten und Ergebnisse ausgetauscht. Aufgrund der Expertise, die sich die Fernerkundungsgruppe mittlerweile in Benin erarbeitet hat, sowie der hervorragenden Kenntnis der Situation vor Ort ergaben sich weitere Anfragen einer Zusammenarbeit von mehreren nationalen und internationalen Projekten und Institutionen (z.B. der GTZ, dem weltbankfinanzierten PAMPF Projekt, des Projektes Pendjari).

Workpackage A3-2: Analyse der anthropogenen Ressourcennutzung in nicht agrarisch genutzten Flächen und Modellierung für die ökosystemare Stabilität

Die in der ersten Phase erhobenen detaillierten vegetationskundlichen Daten (u.a. Deckung, Stratifizierung, Biomasse) wurden in Hinblick auf die bestehenden Modellierungsansätze ausgewertet und aufbereitet. Die Bestimmung der Schlüsselfaktoren für die Vegetationsmodelle steht momentan im Vordergrund der Arbeiten. Einen Schlüsselfaktor stellt die Phänologie dominanter Baumarten dar. Die genaue Kenntnis der prozentualen Belaubung der Bestände im jahreszeitlichen Verlauf ist sowohl für den Wasserhaushalt als auch für eine verbesserte Klassifizierung der Fernerkundungsdaten von großer Bedeutung. Für die Modellierung der Auswirkungen des Holzeinschlages ist es weiterhin wichtig auch die Heterogenität in Bezug auf Biomasse und Regeneration der Baumarten zwischen den Jahren und den zeitlichen Verlauf zu erfassen. Aus diesem Grund wird das Monitoring der Dauerbeobachtungsflächen im Aguima-Catchment fortgeführt. Durch die Bearbeitung des Faktors Beweidung konnten repräsentative Daten für das Arbeitsgebiet erhoben werden. Daten zur Auswirkung des Holzeinschlages auf die Zusammensetzung und Struktur der Krautschicht der Bestände wurden ausgewertet.

Phänologische Untersuchungen an ausgewählten Baumarten

Von Dezember 2001 bis November 2002 wurde in wöchentlichen Abständen für 30 Baumarten (60 Individuen – für dominierende Arten bis zu 5 Parallelen, für seltene Arten 1 Individuum) der prozentuale Anteil an jungen und alten Blättern und das Auftreten von Blüten/Früchten aufgenommen. Hieraus wurden für die untersuchten Arten die phänologischen Muster abgeleitet. Auch wenn einige Arten nur in geringer Individuenzahl beobachtet wurden, ergeben sich überraschende Erkenntnisse. *Bombax costatum* (Abb. A3-4) zeigt ein Muster, wie es für wechselfeuchte Tropen zu erwarten ist. Ende der Regenzeit werden die Blätter abgeworfen, die Individuen

stehen die 5-monatige Trockenzeit in kahlem Zustand und mit bzw. kurz vor den ersten Niederschlägen erfolgt der Neuaustrieb. Auch *Anogeissus leiocarpus* (Abb. A3-4) zeigt das Muster des Überdauerns der Trockenzeit im blattlosen Zustand, wobei aber die blattlose Periode deutlich verkürzt ist und nur 2 Wochen beträgt. Für *Isoberlinia doka* hingegen war bereits im November ein geringfügiger Rückgang der Belaubung und bereits im Dezember ein Neuaustrieb festzustellen. Auf den Laubwurf erfolgt eine sofortige Wiederbelaubung. Die Art überdauert die Trockenzeit komplett belaubt mit jungen Blättern. Da *Isoberlinia doka* eine der dominierenden Baumarten im Untersuchungsgebiet ist, tritt dieses phänologische Muster in der gesamten Region mit hohen Deckungsgraden auf. Dieser Aspekt wird bisher weder in den hydrologischen Modellen noch in den fernerkundlichen Klassifizierungen berücksichtigt. Im Hinblick auf die Analyse der Fernerkundungsdaten werden durch die Ergebnisse der phänologischen Untersuchungen detailliertere und wissensbasierte Auswertungen möglich.

Aus den phänologischen Mustern der Einzelarten wurde in Kombination mit der Kenntnis der durchschnittlichen Deckungsanteile der Baumarten in den verschiedenen Vegetationstypen die prozentuale Belaubung der Vegetationstypen in den einzelnen Monaten ermittelt (Abb. A3-5). Hierbei ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen den Vegetationstypen.

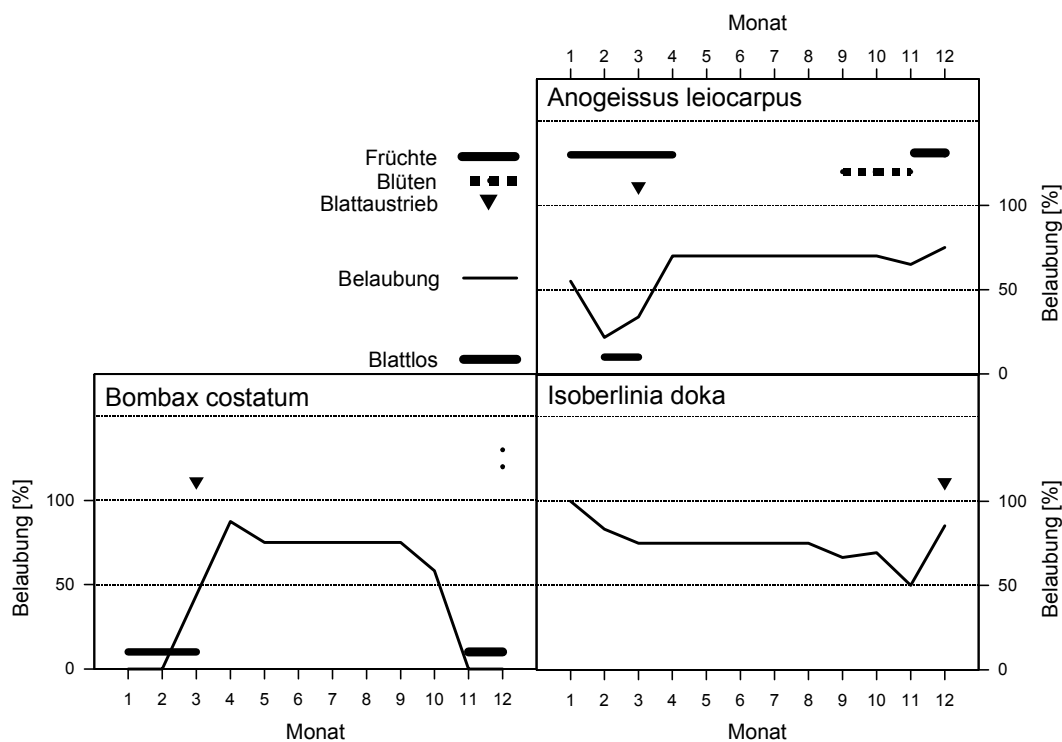


Abb. A3-4: Prozentuale Belaubung für *Anogeissus leiocarpus*, *Bombax costatum* und *Isoberlinia doka* als mittlerer Wert pro Monat. Die Signaturen für Früchte/Blüten bedeuten, dass in diesen Zeiträumen Früchte bzw. Blüten beobachtet wurden. Der Blattaustrieb ist als der Zeitpunkt festgelegt, zu dem die Belaubung aller beobachteten Individuen der Art ausschließlich aus neuen Blättern bestand. Als Blattlos wird der Zeitraum bezeichnet, in dem alle Individuen kahl waren.

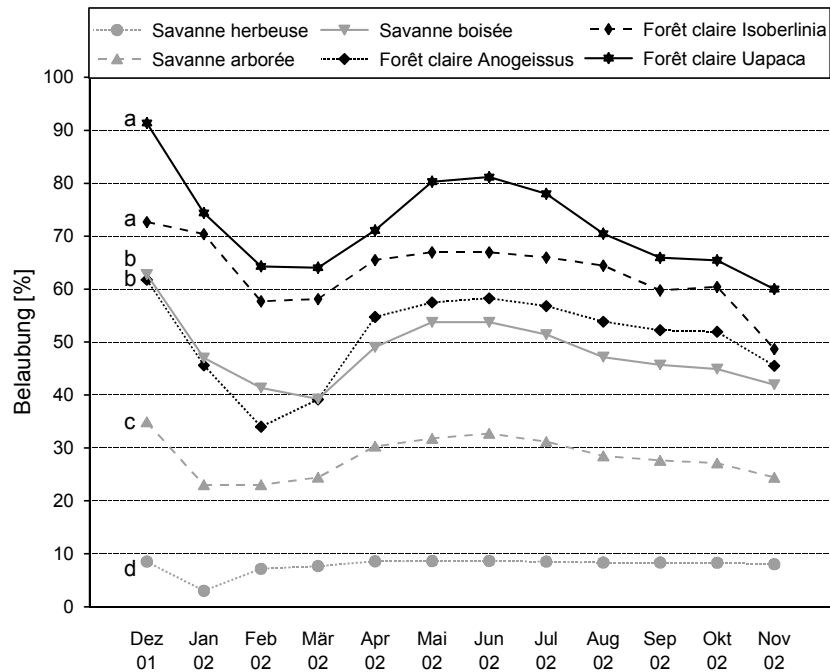


Abb. A3-5: Mittlere prozentuale Belaubung der Vegetationstypen pro Monat. Kleinbuchstaben markieren signifikante Gruppen, Berechnung nach einem GLM mit anschließendem Tukey-Posthoc Test.

Untersuchung des Faktors Beweidung

Der Faktor Beweidung hat sich in der Region um Dogue in den letzten Jahren entscheidend verändert. Bis 1996 passierten jedes Jahr Rinderhirten der Peuls mit ihren Herden während der Transhumanz das Gebiet. Dies hatte eine sehr kurzfristige und heterogene Beweidung der Savannenwälder zur Folge. Seit 1996 haben sich viele Peuls dauerhaft mit ihren Rinderherden im Gebiet angesiedelt, wo sie nun größere Flächen mit einer höheren Intensität beweideten. Diese Beweidung lässt durch Verringerung der Biomasse und Tritt einen entscheidenden Einfluß auf die Vegetation und damit auch auf den Wasserhaushalt erwarten.

Um den aktuellen Zustand der Besiedelung des Gebietes durch die Peul, die Anzahl der Rinder im Gebiet und das Weideverhalten zu erheben, wurde die Arbeit "Pratique de l'Élevage des Bovins au Bénin: Son intégration dans la gestion des écosystèmes du Terroir de Dogue." von Jules Wotto zum Abschluß des DESS durchgeführt.

Die detaillierten Erhebungen mittels Befragungen ergaben, dass sich die Peul in der Region in 2 Gruppen unterteilen lassen. Die Familien der ersten Gruppe (Peul Beninoise) leben meist sesshaft und betreiben vorwiegend Landwirtschaft, wobei der Rinderzucht als weitere Aktivität auch eine große Bedeutung zukommt. Die Familien der zweiten Gruppe (Peul Nigerian) leben hauptsächlich von der Rinderzucht. Sie betreiben kaum Landwirtschaft und binden sich dadurch auch nicht langfristig an einen Ort. Die erste Familie der Peul Beninoise hat sich 1996 in Dogue niedergelassen. Bis zum Jahre 2003 konnten 35 Familienvorstände dieser Gruppe mit 2.529 Rindern gezählt werden. Die erste Welle Peul Nigerian hat sich 2001 auf dem Dorfgebiet von Dogue niedergelassen. Im Jahr 2003 belief sich die Anzahl der Familienvorstände auf 20 mit 3.685 Rin-

dern. Hinzukommen, wie in der Zeit vor 1996, große Rindertruppen, die das Dorfgebiet während der Zeiten der kleinen und großen Transhumanz queren.

Weiterhin wurde festgestellt, welche Regionen im HVO oder außerhalb während der großen und kleinen Transhumanz aufgesucht werden. Zudem wurden die bevorzugt beweideten Vegetationstypen und die bevorzugt gefressenen Gräser zu den verschiedenen Jahreszeiten in der Region erhoben. Aufgrund der deutlichen Änderung in der Weideintensität und in der Siedlungsdynamik sind die Ergebnisse sowohl hinsichtlich der Modellierung der Vegetationsdynamik als auch in Hinblick auf die Modellierung der Ernährungssicherheit von entscheidender Bedeutung.

Die Auswirkungen selektiven Holzeinschlags auf die Pflanzengemeinschaften im Unterwuchs eines lichten Savannenwaldes in Benin, Westafrika

Als zentrales Ergebnis der Arbeiten konnte festgestellt werden, dass die lichten Savannenwälder durch eine hohe räumliche Heterogenität der Umweltfaktoren ausgezeichnet sind, ebenso wie durch eine hohe Heterogenität in der floristischen Zusammensetzung der Krautschicht. Die floristische Variabilität ist zu einem hohen Anteil durch Bodenparameter (insbesondere Bodentiefe und Bodentextur) sowie durch den Anteil von Termitenhügeln in den Flächen erklärbar.

Hinsichtlich der Auswirkungen des selektiven Holzeinschlags auf die Vegetation lässt sich feststellen, dass die eingeschlagenen Lücken sich – wie erwartet – durch signifikant höhere Lichtwerte, höhere Lufttemperatur und geringere Luftfeuchtigkeit von den geschlossenen Beständen unterscheiden. Die floristische Zusammensetzung der Lückenflächen hingegen unterscheidet sich nicht signifikant von den geschlossenen Beständen, während sich die übergeordneten strukturellen Merkmale der Krautschicht, wie z.B. Biomasse oder Gesamtdeckung der Gräser, deutlich differenzieren. Gerade die Unterschiede in der Biomasse der Lückenflächen lassen für weiterführende Analysen hinsichtlich des Bodenwasserhaushalts interessante Ergebnisse erwarten und sind durch die zunehmenden Holzfällungsaktivitäten im gesamten HVO von nicht zu vernachlässigender Bedeutung.

Workpackage A3-3: Ertragsleistung relevanter Kulturarten im Düngungsexperiment und Modellierung lokaler und regionaler Ebene

Die Feldversuche an drei Standorten (Beterou, Dogue, Wewe) wurden fortgeführt. Begonnen wurde mit der Ertragsmodellierung, wofür die in den vergangenen Jahren erhobenen phänologischen und biometrischen Daten eine wichtige Grundlage bilden.

Ergebnisse der Feldversuche

Biomasse, Korn- und Faserertrag von Mais und Baumwolle wurden signifikant von der Mineraldüngung, der organischen Düngung sowie carry-over-Effekten aus der vorjährigen Düngung gesteigert. Auch die Yamserträge erhöhten sich durch Einsatz organischer Dünger. Dagegen konnte ein signifikanter Anstieg organischer Düngung bei den Ertragsparametern von Sorghum

und Erdnuss nicht nachgewiesen werden, mit Ausnahme der Stängellänge der Erdnusspflanzen. Allgemein erhöhte sich die Wassernutzungseffizienz bei Einsatz von Mineraldünger. Bei der vor Ort derzeit üblichen Düngungspraxis wurden in Blattproben von Yams, Mais, Sorghum und Erdnuss häufig Mängel der Hauptnährstoffe N, P und K festgestellt, während dies für Baumwolle nicht der Fall war. Letzteres dürfte an der Praxis liegen, dass beim Einsatz von Baumwollsaatgut im allgemeinen Mineraldünger mitgeliefert wird.

Ziele der Ertragsmodellierung

Im Rahmen des für die zweite Projektphase gesetzten Schwerpunkts der Modellierung und Szenarientwicklung steht der zu erbringende fachspezifische Beitrag der Modellierung relevanter Kulturarten hinsichtlich der Ertragsleistung auf lokaler und regionaler Ebene im Mittelpunkt. Für die Umsetzung wurde zunächst das Softwarepaket DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) ausgewählt. Hierin enthalten sind die Pflanzenwachstums-Modelle CERES für Mais und Sorghum, GROPGRO für Erdnuss und CROPSIM für Cassava. Module für die Feldfrüchte Yams und Baumwolle sind bisher in DSSAT nicht implementiert. Durch die Integration verschiedener Modellkomponenten zu Management, Dünger- und Nährstoffversorgung, Wasserversorgung und Klima ist DSSAT als Werkzeug für verschiedene Fragestellungen im Zuge von Szenarienbildungen entwickelt und bereits angewandt worden, unter anderem in Westafrika.

Um die Ertragsleistung der relevanten Kulturpflanzen in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussgrößen mit Hilfe der Pflanzenwachstums-Modelle simulieren zu können, ist es zunächst zwingend notwendig, alle erforderlichen, modellspezifischen Input-Daten und Kalibrierungsparameter bereitzustellen. Hierfür sind die bisherigen Feldversuche weiterzuführen und außerdem vorhandene Datenlücken zielgerichtet zu schließen.

Parallel dazu ist auch die Datenbeschaffung hinsichtlich der durchzuführenden Regionalisierung zu bewerkstelligen. Wichtige Datensätze hierfür können durch die Zusammenarbeit mit den anderen Teilprojekten (A1 Klimadaten, A2 Bodendaten, A4 Anbaumethoden) bezogen werden. Wichtige Aussagen über die räumliche Verteilung landwirtschaftlich genutzter Flächen sollen zum einen über die von der Fernerkundung gestellten Analysen zur Landnutzung gewonnen werden, zum anderen durch amtliche statistische Daten. In einem weiteren Schritt hat eine Entwicklung geeigneter Regionalisierungsmethoden mit den zur Verfügung stehenden Datengrundlagen zu erfolgen.

Vorgehensweise

In einem ersten Arbeitsschritt wurde für alle in Benin relevanten und im DSSAT enthaltenen Feldfrüchte ein Minimum Data Set (MDS) entsprechend den einzelnen Modellanforderungen erstellt, welcher die minimal notwendigen Eingangsdaten, sowie darüber hinaus geeignete Kalibrierungsparameter enthält. Im Vergleich mit bereits erhobenen Daten stellten sich drei vorrangig durchzuführende Arbeitsschritte heraus:

Für die im Modell enthaltenen Feldfrüchte Mais, Sorghum und Erdnuss gilt es die vorhandenen Datenlücken nach den Erfordernissen des MDS durch weitere Feldmessungen zu schließen. Für Cassava, ebenfalls in DSSAT enthalten, liegen noch keine, gezielt für die Modellierung erhobenen Daten vor, so dass diese für den MDS noch erhoben werden müssen. Ein weiteres Augenmerk liegt auf den Feldfrüchten Yams und Baumwolle, die noch nicht im DSSAT enthalten sind. Davon ausgehend, dass Pflanzenwachstums-Modelle allgemein vergleichbare Eingangsdaten benötigen, soll auch für diese beiden Kulturarten die nächste Vegetationsperiode zur Datenerhebung genutzt werden. Der Schwerpunkt jedoch wird auf die Beschaffung geeigneter Modelle für die Yams – und Baumwollmodellierung gelegt. Hierfür wurden Kontakte zu den Modellentwicklern von DSSAT aufgebaut, die bereits an einem Baumwollmodell arbeiten, sowie zu anderen Forschungseinrichtungen, die sich mit Yams beschäftigen. Während ein Baumwollmodell in Aussicht gestellt ist, konnte für Yams noch kein validiertes und auf die Fläche anwendbares Modell gefunden werden.

Um die eigentliche Modellierung zeitlich so effektiv wie möglich durchführen zu können, wird ein breites Kontakt- und Informationsnetz zu relevanten Ansprechpartnern in der DSSAT-Modellentwicklung aber auch zu anderen Modellanwendern weltweit aufgebaut, um bisherige Lösungsstrategien in der Anwendung von DSSAT nutzen zu können. Von besonderem Interesse sind dabei die bisherigen Anwendungen in Westafrika, Skalierungsmethoden sowie bisherige Erfahrungen bezüglich Szenarienentwicklungen.

Im Hinblick auf die Anwendung von DSSAT in Westafrika wurde der Kontakt zum IFDC (International Fertilizer Development Center) in Togo hergestellt. Von den fundierten Erfahrungen in der DSSAT-Mais-Modellierung konnte bereits in einem eintägigen Workshop in Lome bezüglich der wichtigsten Arbeitsschritte zur Kalibrierung und im Hinblick auf Sensitivitäten einiger Parameter profitiert werden.

Feldarbeiten

Während eines Aufenthalts im Projektgebiet im November/Dezember 2003 wurden verschiedene Schwerpunkte abgedeckt. Zunächst erfolgte die Fortführung bereits laufender Messungen am Standort. Hierfür wurde die Klimastation Champ de Gaulle gewartet und verschiedene Fehlfunktionen behoben. Des Weiteren wurden in Absprache mit den kooperierenden Landwirten die Fortführung der bisherigen Datenerhebung an den relevanten Feldfrüchten geregelt. Hinsichtlich der geplanten Regionalisierung fand eine intensive Befahrung des Untersuchungsraumes zusammen mit A3-1 statt, um einen Eindruck für das zu modellierende Gebiet zu bekommen. Des Weiteren konnten für die Regionalisierung auf das HVO durch Kontakte zu CADER wichtige statistische Datensätze zu den Flächenanteilen, Ernteertragsmengen und Produktionsleistung der wichtigsten Kulturarten von 1987-2003 bezogen werden. Ein zweiter Forschungsaufenthalt im Frühjahr 2004 diente der weiteren Datenerhebung. Die Kontakte zu INRAB, IITA und CADER wurden intensiviert. Für den Standort Dogue, auf den sich die diesjährigen Feldversuche konzentrieren werden (Wewe und Beterou werden als Feldversuchsstandorte aufgegeben) wurden Minimum Data Sets für alle Feldfrüchte ausgearbeitet. Diese Parameter werden nun von den kooperierenden Landwirten bei Unterstützung durch die örtlichen Versuchsbetreuer in der Vegetationsperiode 2004 erhoben.

Teilprojekt A4**Sozioökonomische Entwicklung im Hinblick auf die Verfügbarkeit der Ressourcen – Agrarsektormodellierung und Wasserbedarfsanalyse**

Antragsteller	Fach
Prof. Dr. W. Schug (Koordinator) Institut für Agrarpolitik, Marktforschung und Wirtschaftssoziologie, Universität Bonn	Versorgungslage mit Wasser
Prof. Dr. T. Heckelei Institut für Agrarpolitik, Marktforschung und Wirtschaftssoziologie, Universität Bonn	Politikinformationssysteme
Prof. Dr. M. Janssens Institut für Gartenbauwissenschaften, Abt. Tropischer Pflanzenbau, Universität Bonn	Bodennutzungssysteme

Zusammenfassung

Im sozioökonomischen Teilbereich des IMPETUS-Projektes werden die Interdependenzen zwischen der Ressourcenverfügbarkeit und der sozioökonomischen Entwicklung Benins analysiert.

Im ersten Berichtsjahr der zweiten Projektphase wurde die Auswertung wichtiger Feldforschungen beendet und neue Forschungsvorhaben zu wesentlichen Aspekten des Wasserkreislaufes aus ökonomischer und agronomischer Sicht initiiert.

In Workpackage A4-1 wurden die für die Analyse der Nachfragesituation der Wasserversorgung erhobenen Daten ausgewertet. Die Resultate fließen zurzeit in eine schriftliche Zusammenfassung ein. Es wird erwartet, dass der Teilaspekt der Wassernachfrage im Sommer 2004 abgeschlossen werden kann. Zur Beschreibung des Wasserangebots im ländlichen Raum Benins fanden ergänzende Datenerhebungen mit Bezug zum Water Poverty Index statt.

Die Auswertung und Analyse erhobener Daten und die Entwicklung eines Modells zur Untersuchung des Einflusses von Bevölkerungswachstum, der Anbausysteme sowie der Verkürzung der Regensaison auf die nachhaltige Landnutzung im oberen Ouémé-Einzugsgebiet waren die Hauptaufgabe des Workpackages A4-2 im Jahr 2003. Zusätzlich wurden flächendeckende Daten bezüglich der Wassernutzungseffizienz und des Kohlenstoffhaushaltes erhoben.

Die Schwerpunkte der Tätigkeiten im Rahmen von Workpackage A4-3 waren im Berichtsjahr die weitere Ausarbeitung und Präsentation des Modellsystems BenIMPACT, die Identifikation wichtiger Szenarien aus agrarökonomischer Sicht und die Analyse des Tierhaltungssektors. Einen Beitrag zur Diffusion von Informationen wird mit dem im Internet frei verfügbaren Datenhaltungssystem BenMap geleistet.

Folgende Ergebnisse wurden im ersten Berichtsjahr der zweiten Projektphase in den einzelnen Workpackages erzielt:

Workpackage A4-1: Versorgungslage mit Wasser

Trinkwasserversorgung im ländlichen Raum Benins

Nachdem in den vorangegangenen Forschungsjahren die Identifikation der Wasserversorgungsprobleme im Untersuchungsgebiet abgeschlossen werden konnte, begann im Januar 2003 eine weitere Datenerhebung in Anlehnung an den *Water Poverty Index (WPI)* des *Centre for Ecology and Hydrology*, Wallingford. Der WPI dient zur Beschreibung und Überwachung der Trinkwasserversorgungslage einer Region. Dabei werden Komponenten wie Wasserressourcen, Zugang, Kapazität, Wasserverbrauch und Umwelt untersucht. Jede Komponente setzt sich aus mehreren Variablen zusammen, die einzeln bewertet werden.

Von Januar bis April 2003 wurde in 34 Dörfern im Untersuchungsgebiet (je 17 in *Borgou* und *Donga*) eine Datenerhebung in Form von Gruppendiskussionen und Begehungen durchgeführt. Teilnehmerinnen der Gruppendiskussionen waren Frauen der Dorfgemeinschaften. Durch eine Begehung der Trinkwasserstandorte konnten die Angaben zu den Wasserressourcen überprüft werden. Ziel der Datenerhebung war die Bewertung der WPI – Komponenten: Wasserressourcen und Zugang. Die hierzu herangezogenen Variablen waren Art und Verlässlichkeit der Wasserressourcen und Anteil der Bevölkerung mit Zugang zu verbesserter Wasserversorgung. Unter *verbesserter Wasserversorgung* versteht man Versorgungseinrichtungen, die eine relativ bedenkenliche Trinkwasserqualität liefern können. Dazu gehören z. B. moderne Brunnen mit Hygieneplattform oder Bohrbrunnen mit Pumpenaufsatz (WHO 2000). Eine weitere Variable, die den Zugang zu Wasser beschreibt, ist der täglich benötigte Zeitaufwand. Diese Variable ist bereits im Jahr 2002 untersucht worden (s. Zwischenbericht 2002).

Die Ergebnisse der Datenerhebung zeigen, dass 91 % aller untersuchten Dörfer über Oberflächenwasser- und Grundwasserressourcen verfügen. 9 % der Dörfer verfügen nur über Oberflächenwasserressourcen. Keines der untersuchten Dörfer greift bei der Versorgung der Haushalte ausschließlich auf Grundwasser zurück. Oberflächengewässer stellen also eine der verbreitetsten, wenn auch qualitativ bedenklichen, Wasserressourcen dar. Die Verlässlichkeit von Oberflächenwasser, ausgedrückt in ganzjähriger Verfügbarkeit, ist erwartungsgemäß geringer, als die von Grundwasser. In 91 % aller Dörfer trocknen die Oberflächengewässer für einige Wochen im Jahr aus. Dagegen sind nur 38 % aller Grundwasserressourcen nicht ganzjährig verfügbar. Im Falle von Bohrbrunnen mit Handpumpen ist dies auf Defekte der Pumpen zurückzuführen.

Die Verlässlichkeit der Versorgungseinrichtungen hat natürlich auch Auswirkungen auf den Zugang zu Trinkwasser bzw. auf den Versorgungsgrad der Bevölkerung (s. Abb. A4-1).

Tab. A4.1: Zugang zu verbesserter Trinkwasserversorgung

Anteil der Bevölkerung mit Zugang zu sicherem Trinkwasser (im UG in Benin, 2003)	
Vorhandene sichere Versorgungseinrichtungen (87)	Vorhandene ganzjährig funktionierende sichere Versorgungseinrichtungen (34)
48 %	19 %

Die Ergebnisse zeigen, dass ca. 48 % der Bevölkerung im Untersuchungsgebiet Zugang zu verbesserten Versorgungseinrichtungen haben. Aber nur 19 % der Bevölkerung haben Zugang zu verbesserten Versorgungseinrichtungen, die ganzjährig funktionieren. Bei den Berechnungen wurde zugrunde gelegt, dass eine moderne Versorgungseinrichtung 250 Einwohner versorgen kann.

Die Auswertung der Ergebnisse zeigt, dass sich die untersuchten Dörfer in drei Gruppen einteilen lassen. In der ersten Gruppe befinden sich Dörfer, die ganzjährig Zugang zu verbesserten Versorgungseinrichtungen haben. In der zweiten Gruppe sind Dörfer, die Zugang zu verbesserten Versorgungseinrichtungen haben, jedoch nicht ganzjährig. In der dritten Gruppe befinden sich Dörfer, die keinen Zugang zu verbesserten Versorgungseinrichtungen haben. In der letzten Datenerhebung im Mai - Juni 2004 soll anhand von je einem ausgewählten Dorf pro Gruppe untersucht werden, ob sozio - ökonomische und kulturelle Faktoren die Unterschiede der Versorgungslage in den Dörfern bedingen.

Wasserversorgung in Benin unter Berücksichtigung sozioökonomischer und soziodemographischer Strukturen -Analyse der Wassernachfrage an ausgewählten Standorten des Haute Ouémé

Neben der Wasserverfügbarkeit steht die Wassernachfrage im Mittelpunkt des Teilprojektes A4-1. Folgende Themenschwerpunkte wurden untersucht:

1. Vorbereitende Untersuchungen sowie die Analyse der bestehenden Restriktionen.
2. Soziodemographische Analyse auf Haushaltsebene innerhalb einer interdisziplinären Studie in Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt A5.
3. Sozioökonomische Analyse auf Haushaltsebene.
4. Wassernachfragestudien in Bezug auf die Sektoren Haushalt, Industrie und Landwirtschaft.

Mit Aufnahme der Forschungstätigkeit wurde die aktuelle Literatur gesichtet und bewertet. Darauf aufbauend schloss sich die eigentliche Feldforschung an. Im Jahr 2001 konnte mit Hilfe der vorbereitenden Untersuchungen ein geeignetes Untersuchungsgebiet gefunden werden. Anschließend begann die eigentliche Feldforschung, bei der teilstrukturierte und standardisierte Fragebögen sowie eine interdisziplinäre Wasserstudie mit dem Teilprojekt A5 die Grundlage bildeten. Der zweite Untersuchungsschwerpunkt widmete sich den Wasserexperten auf nationaler Ebene. Mit Hilfe einer Expertenbefragung nach der Delphi-Methode konnten wichtige Erkenntnisse in den Bereichen Wasserverbrauch, Wasserversorgung, Lebensstandard und Bewässerung gewonnen werden.

Im Jahr 2003 stand vor allen Dingen die statistische Auswertung der erhobenen Daten im Vordergrund der Tätigkeit. Zurzeit fließen die Ergebnisse der Feldforschung in eine schriftliche Zusammenfassung ein. Es wird erwartet, dass die Arbeit im Sommer 2004 beendet werden kann.

Flankierend zur Feldforschung wurden bereits vier Teilergebnisse auf Konferenzen und Fachtagungen veröffentlicht. Zwei weitere Veröffentlichungen werden für Mai 2004 erwartet.

Der nachfolgende Text greift exemplarisch den Themenkomplex der sektoralen Wasseraufteilung auf. Bei der Betrachtung der sektoralen Wasseraufteilung verschiedener Länder gibt es große Unterschiede, die von dem jeweiligen Entwicklungsstand der Industrie und der Landwirtschaft abhängig sind. Nach dem Water Supply & Sanitation Assessment 2000 Report liegt für Benin die in Abb. A4-1 dargestellte Aufteilung vor.

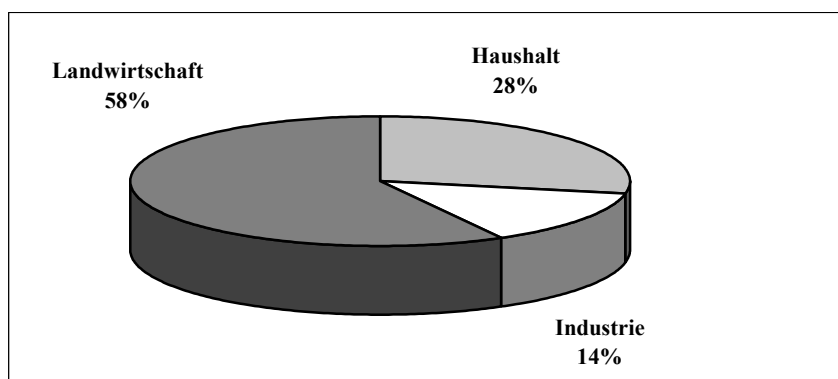


Abb. A4-1: Prozentuale Wasseraufteilung in Benin unter den Sektoren

Auch wenn die prozentualen Anteile je nach Quelle variieren, so beansprucht die Landwirtschaft den größten Anteil. Um zukünftige Tendenzen abzuschätzen und wachsende Nutzungskonkurrenz frühzeitig zu erkennen, wurden die Experten innerhalb der Delphibefragung (Schopp, Delphi Studie 2002) um eine Einschätzung gebeten, wie sich die wasserbezogene Aufteilung der Sektoren prozentual bis zum Jahr 2025 verändern wird.

Die Experten gehen von folgender Unterteilung aus: 30 % Haushalt, 20 % Industrie und 50 % Landwirtschaft.

Die Wasserexperten schätzten, dass der prozentuale Anteil der Landwirtschaft an der Gesamtwassernutzung auf 50 % zurückgehen wird, unter der Annahme eines Quartilbereiches von 45-55 % (d.h. 50 % der Experten schätzen den prozentualen Anteil zwischen 45-55 %). Die Ursachen sehen die Experten in einer rationelleren Verwendung des Wassers, einer andauernden Landflucht mit einhergehender Reduktion der in der Landwirtschaft tätigen Personen, einer dadurch verursachten Verringerung der landwirtschaftlichen Nutzfläche sowie fehlender Impulse zur Modernisierung.

Der Anstieg der Haushalte begründet sich in dem anhaltenden Bevölkerungswachstum, dem damit einhergehenden Verbrauch, der steigenden Urbanisierung und dem höheren Lebensstandard, der einen vermehrten Wasserverbrauch induziert.

Für den Ausbau des industriellen Sektors spricht v.a. die derzeitige Politik, die eine Ausweitung forciert.

Workpackage A4-2: Landwirtschaftliche Nutzungssysteme des Ouémé-Einzugsgebietes

Das Hauptziel von Workpackage A4-2 ist die Untersuchung der Dynamik der organischen Substanz und des Beitrags der Landwirtschaft zur Ernährungssicherung unter besonderer Berücksichtigung der Wassernutzung und nachhaltigen Landnutzung im Ouémé-Einzugsgebiet. Im Jahr 2003 wurden die erhobenen Daten (Anbausysteme, Biomasseproduktion, Streufall, Agrarproduktion, Emission vom Kohlenstoff, usw.) mit Hilfe des „STATGRAPHICS Plus 5.1“ ausgewertet und analysiert. Zudem wurden flächendeckende Datenerhebungen in Dörfern (Sirarou, Kakikoka, N'Dali) im oberem Ouémé weiter durchgeführt. Die künftigen Datenerhebungen sind in der Mitte und im Süden des Ouémé-Einzugsgebiets vorgesehen. Der vorliegende Bericht bezieht sich auf die wichtigsten Ergebnisse von Szenarien der Landnutzungsentwicklung und der damit verbundenen Biomasseproduktion und Emission von Kohlenstoff im oberen Ouémé-Einzugsgebiet. Wichtige Einflussfaktoren sind in diesem Zusammenhang das Bevölkerungswachstum, die Anbausysteme sowie die saisonale Niederschlagsvariabilität.

Entwicklung des Modells MIPPE

Um den Einfluss des Bevölkerungswachstums, der saisonalen Niederschlagsvariabilität sowie der Anbausysteme auf die Entwicklung der Landnutzung im oberem Ouémé - Einzugsgebiet untersuchen zu können, wurde das Modell MIPPE (**M**odèle d'**I**mpact de la **P**opulation et des **P**récipitations sur les **E**cosystèmes) entwickelt. Folgende Szenarien und Indikatoren wurden eingesetzt (Tab. A4.2):

Tab. A4.2: Beschreibung der Szenarien

Szenario	Einflussfaktoren	Indikatoren
<i>Status quo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bevölkerungswachstumsrate (4,9%) wird gleichzeitig von der Reproduktion (3,0%) und Migration (1,9%) bestimmt. • Traditionelle Anbausysteme: die aktuellen Anbausysteme, die weder Mineraldüngung, organische Düngung, verbessertes Saatgut und noch Erosionsschutzmaßnahmen anwenden, werden andauern • Ohne Verkürzung der Regensaison: die Regensaison endet immer im Oktober. 	<ul style="list-style-type: none"> • jährliche abgeholzte Fläche (%); • Brache, die jährlich in Ackerfläche umgewandelt wird (%); • kultivierte Fläche, die jährlich in Brache umgewandelt wird (%); • kultivierte Fläche, die jährlich in Cashew-Plantagen umgewandelt wird (%); • gesamte Ackerfläche = kultivierte Fläche + kurzfristige Brache (%); • Ackerfläche jeder Nutzpflanze (%); • langjährige Brache (%); • naturnahe Fläche (%); • Fläche der Cashew-Plantagen (%); • aktuelle landwirtschaftliche Produktivität (t/ha-Jahr; Kcal/ha-Jahr); • Verbesserungsrate der landwirtschaftlichen Produktivität; • Akzeptanzrate der verbesserten Landwirtschaftstechnologien; • Dauer der Regensaison (JJMM-JJMM); • Saat- und Erntetermine jeder Nutzpflanze (JJMM-JJMM); • Gesamte Phytomasse (t/ha) und Biomasseproduktion (t/ha-Jahr); • Kohlenstoff im Boden, Streu und in Pflanze (t/ha); • Durch Feuer verbrannte Biomasse (t/ha-Jahr).
<i>Pessimistisches</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bevölkerungswachstumsrate (Status quo) • Traditionelle Anbausysteme (Status quo) • Mit Verkürzung der Regensaison: die Regensaison endet Ende September anstatt im Oktober. 	
<i>Optimistisches</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bevölkerungswachstumsrate (3,0%) wird nur von der Reproduktion bestimmt. Es gibt keine Migration. • Intensivierte Anbausysteme: die Mineraldüngung, organische Düngung sowie die verbesserte Saatgute werden vor allem für Getreide und Hülsenfrüchte angewendet. • Ohne Verkürzung der Regensaison (Status quo) 	

Entwicklung der landwirtschaftlichen Flächen

Beim Status quo Szenario wird die gesamte Ackerfläche bis zum Jahr 2020 bei 76,7% der Fläche liegen, davon 25,3% für die kultivierte Fläche und 52,5% für die kurzjährige Brache. Die Verkürzung der Regensaison wird auch die Erweiterung der landwirtschaftlichen Flächen und die Entwaldung beschleunigen. Beim pessimistischen Szenario (die Regenzeit endet im September anstatt Mitte Oktober) wird die Ackerfläche (kultivierte Fläche und kurzjährige Brache) von 36,2% im Jahr 2000 auf 88,0 % im Jahr 2020 steigen, während beim optimistischen Szenario die Ackerfläche nur bei 52,5% liegen wird (Abb. A4-2).

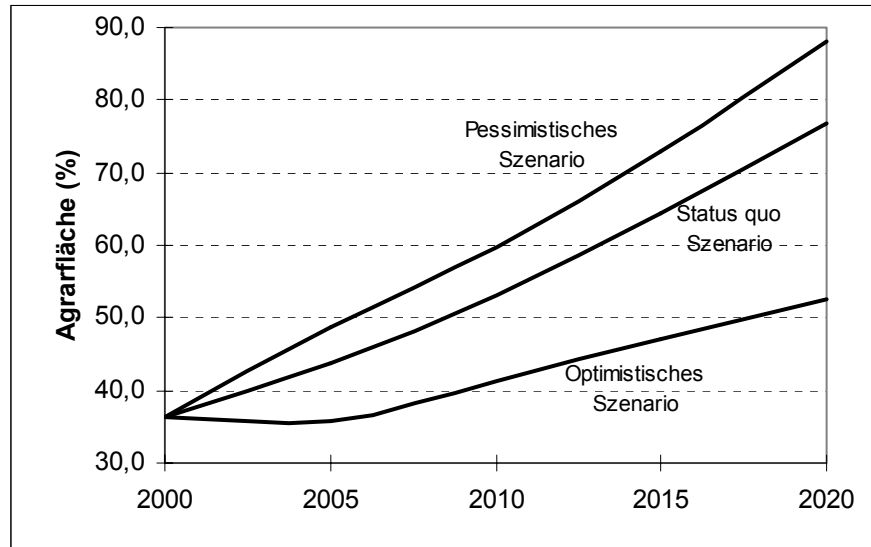


Abb. A4-2: Entwicklung der landwirtschaftlichen Fläche im oberen Ouémé-Einzugsgebiet

Entwicklung der gesamten Phytomasse

Die Erweiterung der landwirtschaftlichen Flächen geht zu Lasten der naturnahen Flächen und der langjährigen Brache. Dies führt zur Abnahme der gesamten Phytomasse (ober- und unterirdische pflanzliche Biomasse + Streu) und zur Bodendegradation im Ouémé-Einzugsgebiet. Die Berechnungen des Modells MIPPE ergaben, dass die totale Phytomasse sowie die Biomasseproduktion immer mit dem Bevölkerungswachstum, den traditionellen Anbausystemen und der Verkürzung der Regensaison abnehmen (Abb. A4-3).

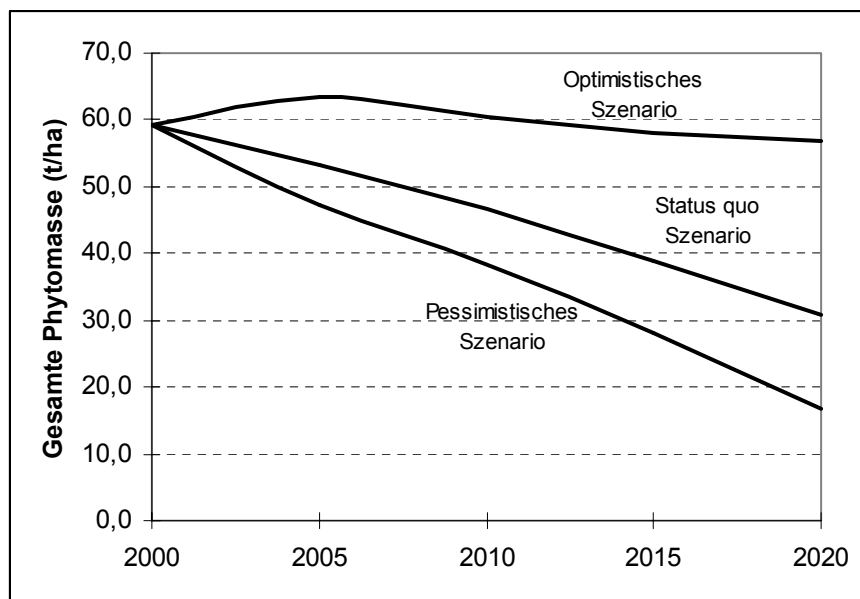


Abb. A4-3: Degradation der gesamten Phytomasse im oberen Ouémé

Im Zeitraum zwischen den Jahren 2000 und 2020 wird die durchschnittliche Phytomasse von 59,1 t/ha auf 56,8, 31,0, und 16,8 t/ha jeweils für das optimistische, das Status quo- und das pessimistische Szenario sinken. Yams- und Cashew-Anbausysteme stellen in oberem Ouémé-Einzugsgebiet den größten Anteil der erweiterten Agrarflächen dar. Die Yamsfelder entstehen nach Brandrodung auf naturnahen Flächen oder langjährigen Brachen. Die Mineraldüngung, die den Yamsanbau auch auf degradierten Böden ermöglichen könnte, wird von den Bauern abgelehnt, da die gedüngten Yamsknollen anderes schmecken als die traditionell Erzeugten. Da die Cashew-Plantagen eine wichtige Einkommensquelle geworden sind und dem Besitzer langfristig bestimmte Bodennutzungsrechte sichern, nimmt ihre Fläche auch immer mehr auf Kosten der Brache und naturnahen Vegetation zu.

Emission von Kohlenstoff

Die Landnutzungsveränderung verursacht die Emission von Kohlenstoff durch die Beschleunigung des Abbauprozesses organischer Substanz im Boden und Zerstörung der Phytomasse. Bedingt durch die Buschfeuer in nicht kultivierten Flächen, ist der Kohlenstoffgehalt im Boden kultivierter und nicht kultivierter Flächen nahezu identisch. Daher bestimmt die Lagerung von Kohlenstoff in Phytomasse im Ouémé-Einzugsgebiet den Unterschied zwischen verschiedenen Landnutzungssystemen hinsichtlich ihres gesamten organischen Kohlenstoffes. Der durch die Landnutzungsveränderung freigesetzte Kohlenstoff wird bis zum Jahr 2020 bei 0,9, 12,8 und 19,7 t/ha im oberen Ouémé-Einzugsgebiet jeweils für das optimistische, status quo und pessimistische Szenario liegen (Abb. A4-4). Der freigesetzte Kohlenstoff durch die Buschfeuer (1,2 t/ha-Jahr) nimmt im Zeitraum 2000 bis 2020 ab und wurde nicht mitgerechnet, weil ein großer Anteil während der Photosynthese wieder in Pflanzen gebunden wird.

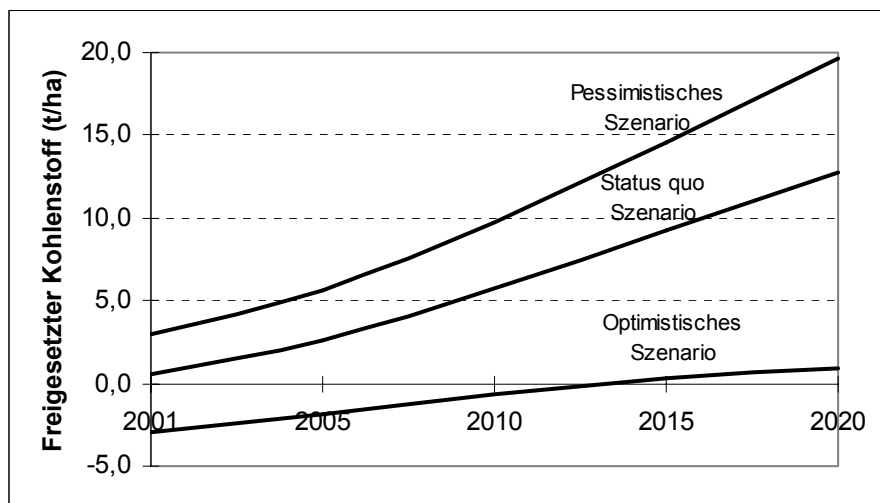


Abb. A4-4: Emission von Kohlenstoff durch die Landnutzungsveränderung im oberen Ouémé-Einzugsgebiet

Beitrag der Landwirtschaft zur Ernährungssicherung

Die Ernährungssicherung umfasst die Verfügbarkeit und die Verteilung (bzw. den Zugang) zu den Nahrungsmitteln. Im oberen Ouémé-Einzugsgebiet wurde die Verfügbarkeit der Nahrungsmittel durch die landwirtschaftliche Produktion untersucht. Um die Deckung an Nahrungsbedarf berechnen zu können, wurden alle landwirtschaftlichen Produkte in Kalorien umgerechnet. Dabei werden 2700 kcal als täglicher Bedarf pro Person angenommen, wovon 75% aus Hauptnutzpflanzen (Yam, Maniok, Mais, Sorghum/Hirse, Reis, Bohnen, Erdnüsse, Voandzou) gedeckt werden. Nach Berechnungen des MIPPE liegt die Deckung des Kalorienbedarfs (109% im 2000) bis zum Jahr 2020 bei 95%, 109% und 144% jeweils für das pessimistische, Status quo- und optimistische Szenario.

Zusammenfassung und Ausblick

Das zunehmende Bevölkerungswachstum und die derzeitig verschwenderischen und nicht nachhaltigen Anbausysteme sowie die Verkürzung der Regensaison werden die Degradation der Naturressourcen weiter beschleunigen. Die Intensivierung der Landwirtschaft könnte allerdings die Erweiterung der landwirtschaftlichen Flächen und die damit verbundene Abnahme der gesamten Phytomasse verlangsamen. Die aktuellen Bodennutzungsrechte, die die Erweiterung der Ackerflächen unbeschränkt bewilligen, der Mangel an effektiveren landwirtschaftlichen Förderungsinstitutionen (Forschung, Beratung, Kredit, Vermarktung) sowie die ungenügende Infrastruktur beeinflussen jedoch in negativer Weise die Motivation der Bauern, die Landwirtschaft zu intensivieren.

Workpackage A4-3: Modellierung von Landnutzung und Versorgungssicherung bei Ressourcenknappheit und Niederschlagsvariabilität

Im Berichtsjahr wurde neben der Datensammlung die Arbeit an den verschiedenen Modellen fortgesetzt und erste Ergebnisse des Modellsystems BenIMPACT im Rahmen eines 2-tägigen Workshops in Benin vorgestellt und diskutiert. Die Arbeitsgruppe A4-3 wurde personell verstärkt: Herr Torbjörn Jansson unterstützte die Modellierung im Zeitraum September bis Dezember 2003. Seit Januar 2004 ist Frau Ina Gruber als Doktorandin im Teilprojekt eingestellt.

Im Folgenden werden die Fortschritte der verschiedenen Arbeitsschwerpunkte von A4-3 kurz beschrieben:

Datensammlung

Im Berichtsjahr wurde die Datensammlung weiterhin intensiv verfolgt. Die digitalisierte Datenbasis wurde um Zeitreihen über zeitlich und regional differenzierte Preise, Produktions- und Nachfragemengen sowie Daten über die Ernährung und Tierhaltung ergänzt. Sozioökonomische Daten stehen nun auf regionaler wie nationaler Basis zur Verfügung.

Modellsystem BenIMPACT

Das Modellsystem BenIMPACT (**Benin Integrated Modelling System for Policy Analysis, Climate and Technology Change**) dient der Berechnung verschiedener Szenarien, unter Berücksichtigung sozioökonomischer und naturräumlicher Faktoren. BenIMPACT besteht aus vier Modulen:

- Crop-Water-Requirements-Calculator (CWR-Calculator)
- Agrarsektormodell (ASM)
- Water Poverty Index (WPI-Benin)
- Benin Mapping Tool (BenMap)

Die Berechnungen mit dem CWR-Calculator konnten bislang nicht auf ein engmaschigeres Netz und einen anderen Zeitraum angewendet werden, weil die entsprechenden meteorologischen Daten noch nicht zur Verfügung stehen. Versuche zur Identifikation einer geeigneten Formel zur Berechnung von Auswirkungen veränderter Klimabedingungen auf die Erträge haben noch nicht die erhofften Resultate gebracht, was vornehmlich an den unvollständigen und z. T. inkonsistenten Datensätzen von historischen Erträgen liegt.

Die Datenlage für das Agrarsektormodell hat sich zwar verbessert, die bestehende Unsicherheit bezüglich der Validität der Daten erfordert jedoch eine Methodik, die unter Berücksichtigung des Ausgangsmaterials eine in sich konsistente Modellwelt entstehen lässt. Hierzu wurde ein Ansatz zum „Bilevel Programming in Agricultural Sector Analysis“ entwickelt, der simultan Preise und Transportkosten schätzen kann. In diesem Zusammenhang wurde das ASM auch an die intertemporalen Charakteristika des Agrarsektors angepasst. Das landwirtschaftliche Jahr ist nun in vier Perioden unterteilt und ermöglicht damit eine realistischere Betrachtungsweise der intertemporalen und interregionalen Handelsströme bzw. des Angebots und der Nachfrage.

Die Verteilung der Finanzmittel im Rahmen der Wassersektorpolitik erfordert transparente und unabhängige Indikatoren. Für den bislang nur auf nationaler Ebene bestehende Water Poverty Index des Centre of Hydrology & Ecology wurde ein regionalisiertes Konzept für Benin auf kommunaler Ebene entwickelt. Zurzeit lässt sich noch nicht absehen, ob die hierzu benötigten Daten von nationalen und internationalen Organisationen bereitgestellt werden (können).

Das geografische Informationssystem BenMap, entwickelt am Institut für Agrarpolitik, Universität Bonn, ist mit einer vorläufigen Version online verfügbar. Mit diesem Vorgehen sollen beninische Institutionen motiviert werden, Daten aus verschiedenen Bereichen bereitzustellen. Eine interne Version von BenMap wird fortlaufend aktualisiert und ist mit umfangreichen Datensätzen ausgestattet.

Tierhaltung

Seit Anfang des Jahres wird in der Arbeitsgruppe A4-3 das Thema Tierhaltung von Ina Gruber bearbeitet. Die vergangenen vier Monate wurden zu einer intensiven Einarbeitung in die Materie und einer Auseinandersetzung mit den Strukturen, Problemen und Restriktionen der Tierhaltung in Benin genutzt.

Viehhaltung findet man in Benin vor allem in den nördlichen Kommunen, wo die Mehrheit der Rinder, Schafe und Ziegen gehalten wird. Die Schweinezucht ist dagegen vornehmlich im Süden des Landes angesiedelt. Für diese Verteilung der Tierarten sind mehrere Gründe verantwortlich. So wird zum Beispiel die Rinderhaltung im Süden stark eingeschränkt durch die Verbreitung von Krankheiten, vor allem durch die Tsetse-Fliege. Neben den tropischen Krankheiten bereitet die ganzjährige Futter- und Wasserverfügbarkeit Probleme, weshalb die Herden in der Trockenzeit dem Futterangebot hinterher wandern. Wanderung in Abhängigkeit der Ressourcenverfügbarkeit ist die einzige Möglichkeit in traditionellen und extensiven Systemen auf limitierende Faktoren zu reagieren. Trotz der Beschränkungen hat in den letzten Jahren eine Zunahme der tierischen Produktion stattgefunden. Diese Steigerung erfolgte bisher vor allem über die Ausdehnung der Tierzahlen und nicht über Leistungssteigerung der einzelnen Tiere. Die Produktionssteigerung fand in den Regionen statt, in denen sich die Nachfrage nach tierischen Produkten erhöhte. Ursachen liegen in der schlechten Infrastruktur, den hohen Transportkosten und der schwachen staatlichen Regulierung der Produktionsstätten.

Eine zentrale Fragestellung der weiteren Forschungstätigkeiten wird sein, wie sich das Angebot an tierischen Produkten entsprechend der zunehmenden Nachfrage steigern lässt. Dabei sollen weniger produktionstechnische Verfahren untersucht werden, als vielmehr die Verwendung der vorhandenen Ressourcen und die Potenziale der Tierhaltung untersucht werden. Ein nächster Schritt ist die Untersuchung des Einflusses von veränderten Rahmenbedingungen auf den Tierhaltungssektor sowie die Analyse möglicher Konfliktpotenziale, die sich aus der Ressourcenknappheit ergeben können. Nach Erhebung weiterer notwendiger Daten wird die Integration der Tierproduktion in das Modellsystem BenImpact vorgenommen werden. Wesentliche Schnittstellen zu anderen Teilbereichen von IMPETUS sind Veränderungen des Klimas und der Wasserverfügbarkeit, die Vegetation (Futtermittelbedarf) sowie die demografische Entwicklung.

Stakeholder-Workshop

Im Dezember 2003 wurde ein zweitägiger Workshop im Tagungshaus von InfoSec im Rahmen der Aktivitäten von A4-3 durchgeführt (van den Akker, Adanguidi, M'barek). Dieser hatte folgende Zielsetzungen:

- einer breiteren Öffentlichkeit das Modellsystem BenImpact bekannt machen,
- eine stärkere Einbindung beninischer Stakeholder erreichen und
- über Kooperationen neue Datenquellen erschließen.

An der Vorstellung der Modellkomponenten von BenIMPACT und den nachfolgenden Diskussionen nahmen ca. 35 Personen wichtiger beninischer Institutionen teil. Die verschiedenen Modelle stießen auf großes Interesse, konnten aufgrund der Heterogenität und komplexen Methodik jedoch nicht im Detail besprochen werden. Um beninische Partner in die Modellentwicklung und –anwendung mit einzubeziehen, wurde eine Fortsetzung der Zusammenarbeit in Form von periodisch tagenden „groupes de travail“ (Arbeitsgruppen) zu den vier verschiedenen Modelltypen beschlossen.

Szenarientwicklung

In der zweiten Projektphase stehen die Entwicklung von Szenarien und Identifikation von Schnittstellen zur integrativen Modellierung im Vordergrund. Für die Abschätzung zukünftiger Entwicklungspfade sind insbesondere die Interdependenzen von Mensch und Umwelt bzw. die Nutzung von knappen Ressourcen durch den Menschen als Wirtschaftssubjekt von entscheidender Bedeutung. Aus diesem Grund wurde ein vorläufiger Bericht erstellt, der die wirtschaftliche Situation in Benin analysiert und in einem zweiten Schritt mit Hilfe einfacher linearer Trendberechnungen mögliche Entwicklungen wichtiger Indikatoren aufgezeigt. Dabei sind aus ökonomischer Sicht vor allem Benins Abhängigkeit von den politischen und wirtschaftlichen Entwicklungen in Nigeria sowie der Preisentwicklung für Baumwolle auf dem Weltmarkt zu nennen. Das Bevölkerungswachstum ist eine weitere entscheidende Determinante für zukünftige Entwicklungen.

Aus diesen Analysen können nun für Benin und die Untersuchungsregion relevante Szenarien abgeleitet werden. Berechnungen des Agrarsektormodells werden schließlich Aufschluss über die regionalen Auswirkungen verschiedener Szenarien insbesondere auf die Landwirtschaft geben.

Literatur

- CEH: Using the Water Poverty Index to monitor progress in the water sector.
<http://www.nwl.ac.uk/research/WPI/images/wpifleaflet4.pdf> [28.04.2004]
- Delgado, C. et al. 1999: Livestock to 2020 – The next food revolution. Food, Agriculture and Environment Discussion Paper 28.
- Statistisches Bundesamt 1994: Länderbericht Benin 1994. Statistisches Bundesamt Wiesbaden.
- Toutain, B. et al. 2001: Mission d'appui scientifique transhumance. Elevage et Medecine Vétérinaire Tropical, Programme ECONAP.
- WHO (2000): Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report. Annex A – Methodology for the Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000.

Teilprojekt A5

Verfügbarkeit, Qualität und Management von natürlichen Ressourcen: Sozialwissenschaftliche und medizinische Perspektiven

Antragsteller	Fach
Prof. Dr. M. Bollig (<u>Koordinator</u>) Institut für Völkerkunde, Universität zu Köln	Ethnologie
Dr. Dr. Rainer Baginski / Prof. Dr. M. Krönke Institut für Medizinische Mikrobiologie, Immunologie und Hygiene, Universität zu Köln	Medizin: Bakteriologie, Chemie und Toxikologie
Dr. J. Rissland / Prof Dr. H. Pfister Institut für Virologie, Universität zu Köln	Medizin: Virologie

Zusammenfassung

Im Berichtszeitraum sind die Arbeiten des im Vergleich zur ersten Förderphase leicht umstrukturierten, durch zwei Workpackages mit sozialgeographischen Fragestellungen ergänzten Teilprojekt A5 erfolgreich durchgeführt worden.

Neben Untersuchungen zur demographischen Entwicklung, zum agrarstrukturellen Wandel und den Auswirkungen der politisch-administrativen Dezentralisierung auf das lokale Ressourcenmanagement lag der Schwerpunkt der Arbeiten in den sozialwissenschaftlichen Workpackages in der Vorbereitung und Durchführung eines umfassenden Regional-Survey im oberen Ouémé-Einzugsgebiet mit dem Schwerpunkt ‚Existenzsicherung und Landnutzung‘. Mit insgesamt 840 befragten, zufällig ausgewählten Männern und Frauen wurde eine Probabilität von 95% mit einem Konfidenzintervall von 5% erreicht. Auch im Vergleich mit ähnlichen Studien in Westafrika lieferte die Erhebung einen für das Einzugsgebiet des Ouémé repräsentativen, qualitativ äußerst hochwertigen Datensatz, dessen Analyse zur Zeit läuft. Mit den Daten können erstmals flächenhafte Aussagen zu aktuellen Bedingungen und Strategien der Existenzsicherung im Untersuchungsgebiet getroffen werden. Gleichzeitig dienen die Ergebnisse allen in Benin tätigen Teilprojekten als Referenz für die Entwicklung von Szenarien bis 2020.

Neben der Abfrage der für andere Teilprojekte (A2, A3 und A4) relevanten Variablen wurden insbesondere auch medizinische Fragestellungen an der Schnittstelle ‚Verfügbarkeit, Qualität und Management medizinischer Versorgung‘ in den interdisziplinär erarbeiteten Erhebungsbogen integriert.

In den medizinischen Workpackages wurden bislang mehr als 700 der insgesamt 1200 Wasserstellen des oberen Ouémé-Einzugsgebietes bakteriologisch und fast 200 virologisch beprobt und analysiert. Dabei konnte festgestellt werden, dass 70 % der untersuchten Brunnen mit Fäkalkeimen kontaminiert sind. In ca. 6 % der bakteriologisch untersuchten Brunnen konnten Kontaminationen durch nichttyphöse Salmonellen nachgewiesen werden. Auffällige Wasserquellen wurden mehrfach beprobt, um einen zeitlichen Verlauf der Kontaminationsgefahr in Abhängigkeit von Trocken- und Regenzeit darstellen zu können. Zur Ermittlung der Prävalenz des Keimträger-

tums und der Morbidität in einem geschlossenen Beobachtungsraum wurden die Stuhlisolate der Bevölkerung eines ausgewählten Dorfes auf Anwesenheit der Kontaminanten aus dem Wasserversorgungssystem untersucht. Seit April 2004 wird eine Methode zur Sanierung kontaminierter Trinkwasserquellen mit dem Desinfektionsmittel Chlordioxid unter den gegebenen Bedingungen vor Ort in Parakou durchgeführt, um zukünftig auf eine Interventionsmaßnahme für kontaminierte Quellen zurückgreifen zu können.

Zusätzlich zur bakteriologischen und virologischen Analytik werden seit Mai 2004 mit einer im IMMIH (Institut für medizinische Mikrobiologie, Immunologie und Hygiene) entwickelten Methodik auch chemische Parameter von Wasserproben photometrisch im IMPETUS-Labor Parakou bestimmt. Die Methodik zum Nachweis viraler Indikatoren wurde von einem qualitativen auf einen quantitativen Nachweis mit Hilfe des Real-Time-PCR Verfahrens umgestellt und die Palette nachweisbarer Erreger wurde um die Adenoviren erweitert.

Folgende Ergebnisse wurden im Berichtszeitraum von den einzelnen Workpackages realisiert:

Workpackages A5-2, A5-3, A5-4, unter Mitarbeit von A5-1 und A5-5: Regional-Survey zu Existenzsicherung und Landnutzung

Im Berichtszeitraum wurde als Beitrag zur Szenarienentwicklung ein umfassender, sozio-ökonomischer Regional-Survey im oberen Ouémé-Einzugsgebiet zum Problemkomplex ‚Existenzsicherung und Landnutzung‘ durchgeführt. Ziel der Befragung anhand eines interdisziplinär entwickelten Erhebungsbogens war es, einen repräsentativen und regional übergreifenden quantitativen und qualitativen Datensatz zu etablieren, welcher als Beitrag für die Szenarienbildung wichtige flächenhafte Aussagen zu aktuellen Bedingungen und Strategien der Existenzsicherung erlauben wird.

Problematik

Als Synthese vorausgegangener Forschungen in der Region (erste Phase) und inhaltlicher Vorarbeiten wurden 77 Kernvariablen herausgefiltert. Sie lassen sich zehn Themenkomplexen zuordnen, deren Analyse eine anschauliche Korrelierung von Mustern individueller Gewohnheiten, Absicherungsstrategien und Handlungsmodi erlaubt: 1. Arbeit, 2. Produktion und Anbaustrategien, 3. Bodenqualität, 4. Tierhaltung, 5. Transformation und Handel, 6. Ernährung, 7. Distribution und Austauschsysteme, 8. Kapital, 9. Medizin sowie 10. Wassermanagement. Darüber hinaus wurden spezifische Fragestellungen anderer Teilprojekte und der Workpackages A5-2,3,4 integriert.

Methodik und zeitlicher Ablauf

Vorbereitungsphase: Der methodische Ansatz einer lebensweltlichen Rückschau und Status-Quo-Analyse ermöglicht bei der Befragung von Menschen am Ehesten die Meidung von Verzerrungen. Deshalb wurden keine Zukunftsprojektionen thematisiert, sondern der Fragenkatalog

referiert an den eigenen Erfahrungshorizont der 840 befragten Frauen und Männer. Bei der Ausarbeitung der Fragen mussten zudem Machbarkeitskriterien der empirischen Sozialforschung in fremdkulturellen Kontexten (Sprache, Tabus) beachtet werden.

Die Ausarbeitung der Themen und potenzieller Wirkbezüge, die Definition zentraler Themenbereiche und relevanter Variablen, die Ausformulierung des Fragebogens, die Diskussion und Integration von Fragestellungen anderer Teilprojekte und der Entwurf einer Analysemaske für die statistische Auswertung erfolgten im Zeitraum von September 2003 bis Februar 2004. Bei der Konzeptionalisierung des methodischen Vorgehens konnte auf Ergebnisse der ersten Projektphase zurückgegriffen werden. Parallel dazu wurden Literaturstudien und Expertengespräche durchgeführt. Verhandlungen mit der 'Cellule de Démographie' des Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE) ermöglichten die Verwendung staatlicher Zensusdaten aus dem Jahr 2002 zur zufallsgesteuerten Bildung des Samples. Als Untersuchungsraum wurde die kleinstmögliche Gesamtheit an Gemeinden gewählt, die das obere Einzugsgebiet des Ouémé abdecken. Es handelt sich um die sieben Gemeinden Tchaurou, Parakou, N'Dali (alle im Departement Borgou), Bassila, Djougou, Copargo und Ouaké (Departement Donga).

Um eine Probabilität von 95% mit einem Konfidenzintervall von 5% zu gewährleisten, wurde eine Samplegröße von 384 Haushaltsvorstände benötigt. Zur Berechnung der Samplegröße wurden dabei die Zensusdaten von 2002 zu Grunde gelegt. So ergab sich ein *de facto* Sample von 420 Haushaltsvorständen. Da Aspekte der Geschlechterrollen bei der Analyse lokaler Handlungsstrategien eine tragende Rolle spielen (vgl. A5-2), wurde in jedem Haushalt mit männlichem Vorstand zusätzlich eine Frau befragt und vice versa, so dass auf eine Gesamtzahl von 840 Interviews zurückgegriffen werden kann. Damit blieben Konfidenzintervall und Probabilität auch unter Berücksichtigung der Gender-Problematik bestehen. Das ermittelte Sample ermöglicht zudem Aussagen zu Unterschieden und Gemeinsamkeiten zwischen städtischer und ländlicher Bevölkerung.

Umsetzungsphase: Die Durchführung der Erhebung in Benin von Februar bis April 2004 stellte bei einem Untersuchungsgebiet von rund 12.000 km² mit einer ausgeprägten ethnischen Vielfalt und einer z. T. sehr schlechten Verkehrsinfrastruktur eine logistische Herausforderung dar. Insgesamt wurden von den 840 Untersuchungspersonen 35 verschiedene Sprachen bzw. Dialekte gesprochen. Letztendlich konnten 83% aller Befragten durch beninische Assistenten in ihrer Muttersprache interviewt werden. Da die Menschen im oberen Ouémé-Einzugsgebiet in aller Regel mehrere lokale/regionale Sprachen beherrschen, fanden die restlichen 17% der Interviews in Zweitsprachen statt.

Ein Drittel bis die Hälfte der Untersuchungspersonen konnten auf Grund der hohen Mobilität der Bevölkerung nicht aufgefunden werden. Die entsprechenden Interviews wurden mit Interviewpartnern der ‚Ausfall-Liste‘ geführt, welche ein Ersatz-Sample bereit stellt. Die Schulung der Interviewer, Pretests und die sich daraus ergebenden Überarbeitungen der Fragen nahmen rund vier Wochen in Anspruch.

Analysephase: Die Auswertung der Daten beginnt nach Abschluss der Erhebungen Ende Juni 2004 durch MitarbeiterInnen und studentische Hilfskräfte in Köln und Bonn. Die Ergebnisse werden in Form von Datenbanken, Texten und Grafiken sowie Publikationen zugänglich ge-

macht und bilden die Datengrundlage der im Teilprojekt A5 vernetzten ethnologischen, soziologischen und sozialgeographischen Szenarienentwicklung.

Der von A5 realisierte Regionalsurvey setzt sich mit der durch Größe und Zufallsauswahl des Samples maximierten Probabilität, der räumlichen Skala, der thematischen Breite sowie der Befragung in den jeweiligen regionalen Sprachen deutlich von den bislang in Benin und in den westafrikanischen Nachbarländern durchgeführten sozialwissenschaftlichen Erhebungen ab.

Workpackages A5-1, A5-4, A5-5: Dezentralisierung in Benin und die Auswirkungen der neuen Gemeindefinanzierung auf das Management natürlicher Ressourcen im oberen Ouémé-Einzugsgebiet.

Im Herbst 2003 wurde durch die oben genannten Workpackages des Teilprojektes A5 eine Erhebung zur aktuellen Praxis der Besteuerung von Ressourcennutzungen im oberen Ouémé-Einzugsgebiet durchgeführt. Initiiert vom niederländischen Institut Royal des Tropiques (KIT) war die im HVO durchgeführte Studie angelegt als Beitrag zu Benin für einen Vergleich der Finanzierung von Dezentralisierungsvorhaben in Westafrika, an dem sich mehrere Durchführungsorganisationen der Entwicklungszusammenarbeit und Forschungsinstitutionen beteiligten. Die Ergebnisse wurden bereits Anfang 2004 veröffentlicht (Bako-Arifari et al. 2004) und sollen daher an dieser Stelle nur zusammenfassend wiedergegeben werden. Die Einführung der Finanzautonomie auf kommunaler Ebene und die teilweise Eigenfinanzierung ist eines der Kernelemente der Dezentralisierung in Benin. Staatliche Subventionen werden zwar auch zukünftig die wichtigste Einnahmequelle der Gemeinden bleiben, doch entstehen durch Kürzungen Finanzierungslücken, die es durch die Mobilisierung endogener Ressourcen zu schließen gilt. Zu diesem Zweck wurde den Gemeinden die Möglichkeit an die Hand gegeben eigene Steuern zu erheben. Mangels alternativer Einkommensquellen konnte bereits kurz nach der Etablierung der neuen dezentralisierten Verwaltungseinheiten im Untersuchungsgebiet eine Tendenz zur verstärkten Nutzung natürlicher Ressourcen zur Eigenfinanzierung der Gemeinden festgestellt werden. Insbesondere müssen verstärkte Entwaldungsprozesse und deren Auswirkungen auf Mikroklima und Abflussverhalten befürchtet werden. Gleichzeitig ist abzusehen, dass durch eine intensivere Besteuerung zugewandelter Viehhalter und Bauern ein Marginalisierungsprozess dieser Nutzergruppen in Gang gesetzt wird, was den institutionellen Rahmen für ein effizientes Ressourcenmanagement im oberen Ouémé-Einzugsgebiet nachhaltig beeinflussen kann. Ob es durch die neuen kommunalen Steuersysteme andererseits zu einem effizienteren Einsatz begrenzter Ressourcen für eine nachhaltige Entwicklung kommt, bleibt abzuwarten. Das dezentralisierte Verwaltungssystem weist einige institutionelle Grauzonen und ausgeprägte polykephale Strukturen auf, welche die Funktionsweise und Zielerreichung der Dezentralisierungspolitik negativ beeinflussen können. Die Schaffung neuer Verwaltungsorgane und Zuständigkeiten bedeutet keine vollständige Ablösung vorheriger Amtsinhaber und führt nicht zu einem Verlust an Einfluß für traditionelle Autoritäten.

Workpackage A5-1: Management von Wasser und wasserabhängigen Ressourcen in sozialen und politischen Arenen im oberen Becken des Ouémé-Flusses

Neben den eingangs dargestellten und zusammen mit den Bearbeiterinnen und Bearbeitern der anderen Workpackages im Teilprojekt A5 realisierten Forschungen bezogen sich die im Berichtszeitraum durchgeführten Aktivitäten hauptsächlich auf:

- die Auswertung der im Laufe der ersten Projektphase erarbeiteten Datenbasis
- den weiteren Ausbau dieser Datenbasis durch fortgesetzte Forschungen zu wasser- gebundenen, sozialen Phänomenen (Nutzungskonflikte, Zugangsproblematik, Eigentums- rechte)
- die Datenerhebung auf regionaler Ebene zur Einrichtung und zum Management von Kleinststaudämmen und Wasserrückhaltebecken im oberen Ouémé-Einzugsgebiet
- weiterführende Feldforschungen zur Umsetzung der beninischen Wasserversorgungspolitik im ländlichen Raum sowie zur Inwertsetzung und zum Management von bas-fonds
- capacity-building und Stärkung der wissenschaftlichen Kooperation zwischen IMPETUS und der Université National du Bénin in Abomey-Calavi.

Die verschiedenen Forschungsarbeiten ermöglichten die Etablierung einer umfassenden Daten- basis zu Fragen des institutionellen Rahmens nationaler Wasserpolitik in Benin und des Was- sermanagements auf lokaler und regionaler Ebene mit Fokus auf das obere Ouémé- Einzugsgebiet. Die Auswertung dieser Daten erfolgt in erster Linie in Hinblick auf die Ausfor- mulierung von storylines zu gesellschaftszentrierten Problemkomplexen im Rahmen der Szena- rienbildung in IMPETUS. Insbesondere wurden die Beziehungen und gegenseitigen Abhängig- keiten zwischen Boden- und Wasserrechten sowie die Entstehung neuer Bodenrechte durch die Politik der Inwertsetzung von bas-fonds und der Einrichtung von kleinen Staudämmen und Was- serrückhaltebecken bearbeitet. Gerade in diesen wasserbaulichen Bereichen lassen sich aktuell eine große Anzahl von Konflikten beobachten, bei denen sich Bodenrechtsinhaber und die von diesen Baumaßnahmen profitierende Bevölkerung gegenüberstehen. Mögliche Konfliktlösungen gestalten sich hier ausgesprochen schwierig, weil Individual- und Kollektivakteure in lokalen Kontexten relativer staatlicher Machtlosigkeit handeln.

Zu den bis hier genannten Bereichen stehen zwei Publikationen kurz vor der Fertigstellung. Der erste Artikel thematisiert lokales Wassermanagement bei Wasserknappheit im multikulturellen Milieu Zentralbenins, der zweite die Entstehung neuer Bodenrechte als Konsequenz aus dem Bau von Wasserrückhaltebecken und dem erleichterten Zugang von nomadisierenden Rinderhal- tern zu Wasserstellen.

Neben diesen Forschungstätigkeiten standen im Rahmen der universitären Kooperation zwischen IMPETUS und der Université National du Bénin insbesondere die wissenschaftliche Betreuung beninischer Studenten und deren temporäre Einbindung in die Forschungsvorhaben von IMPETUS im Rahmen ihrer Abschlussarbeiten im Vordergrund. Außer diesen interuniversitären Kooperationen wurde zusätzlich die wissenschaftliche Zusammenarbeit zwischen IMPETUS und dem Laboratoire d'études et de recherches sur les dynamiques sociales et le développement local

(LASDEL), dass sich mit ähnlichen Fragen wie das IMPETUS-Teilprojekt A5 beschäftigt (Wasserhygiene, Wassermanagement, lokale Entwicklung), ausgebaut.

Workpackage A5-2: Einflüsse von Gender und Hierarchie auf die Vulnerabilität von Haushalten und Individuen

Das Workpackage A5-2 analysiert die Existenzsicherung und Vulnerabilität von Individuen und Haushalten durch eine regional angelegte Untersuchung sozialer Organisationsformen, wirtschaftlichen Handelns und daraus resultierender Konfliktfelder. Das Ziel ist dabei, die operationalisierbaren Ergebnisse in die Szenarientwicklung zu integrieren. Darüber hinaus gilt es, Ergebnisse des eigenen und die der anderen Teilprojekte als interdisziplinäre Beiträge zur Antriebskraft 'Sozialer und kultureller Wandel' zu koordinieren. Aus der Identifizierung übergreifender Muster und räumlich differenzierter Parameter folgt der Entwurf von Szenarien und praxisbezogenen Vorschlägen zur Verbesserung der lokalen Existenzsicherung.

Wie bereits die erste Projektphase zeigte, sind im Untersuchungsgebiet Haushaltsökonomie und Risikostrategien deutlich geschlechtsspezifisch strukturiert. In sozialökonomischer Hinsicht lässt sich dieses Phänomen vielschichtig untersuchen, weshalb es zur Konzeption des Regional-Surveys einer intensiven inhaltlichen und konzeptuellen Vorarbeit bedurfte. Nach einer qualitativen Analyse der Vulnerabilität von Haushalt und Individuum wurden folgende Kernthemen quantitativ über den Regional-Survey abgefragt: Landwirtschaftliche Produktion, Konsumption, Nahrungsmittelbedarf, Distribution, Austauschsysteme, Budgetverhalten, Transformationstätigkeiten und Handel.

Das Teilprojekt A5-2 beliefert damit die Problemkomplexe ‚Arbeit und Budget‘ und beantwortet u. a. Fragen nach dem (geschlechtsspezifischen) Verhältnis von Bedarf, Bestand und Absicherungsstrategien gegen Subsistenzrisiken bei der ländlichen und urbanen Bevölkerung. Die zweite Hälfte des Berichtszeitraumes diente der Datenanalyse, der inhaltlichen Formulierung übergreifender Muster und der Szenarienbildung im Bereich ‚Sozialer und kultureller Wandel‘. Die Erarbeitung von Generalisierungsperspektiven findet in intensiver Kooperation mit dem Teilprojekt A4 und verschiedenen Workpackages anderer Teilprojekte statt.

Workpackage A5-3: Therapeutische Wege: Verfügbarkeit, Qualität und Management in der medizinischen Versorgung.

Für die Bildung von Szenarien zur Existenzsicherung der Bevölkerung des oberen Ouémé-Einzugsgebietes sind detaillierte Angaben zu Endemien, Epidemien, krankheitsbedingten Arbeitsausfällen und der zur Verfügung stehenden Gesundheitseinrichtungen nötig. Daher konzentrierten sich die Arbeiten im Berichtszeitraum auf die Entwicklung und Durchführung des Regionalsurveys. Vor allem statistische und logistische Fragen dieser Großerhebung nahmen in den Anfangsmonaten viel Zeit in Anspruch.

Unter anderem wurden Verfügbarkeit, Qualität und Management von Wasser und Gesundheitswesen sowie der Entscheidungsstrukturen bei der Wahl der medizinischen Versorgung durch die

Bevölkerung erfasst. Spezifische Fragestellungen der bakteriologischen und virologischen Workpackages konnten integriert werden, so dass bereits bestehende biomedizinische Daten mit ethnologischen verknüpft und Bezüge hergestellt werden können.

Ziel ist die genaue Analyse des Nutzungsverhaltens spezifischer Einrichtungen des beninischen Gesundheitssystems inklusive Biomedizin, indigener und asiatischer Medizin sowie religiöser Institutionen, die gleichermaßen in Krankheitsfällen konsultiert werden. Von besonderem Interesse sind hierbei Krankheitsvorkommen, der dadurch verursachte Arbeitsausfall und die zusätzlich anfallenden Behandlungskosten bei langwierigen Erkrankungen. Als Beitrag zur Szenariengestaltung wird ermittelt, welchen Einflussgrößen dabei determinierende Relevanz zukommt. Dazu wurden u. a. genderspezifische Einflüsse operationalisiert, um Fragen zu sozialem und kulturellem Wandel - hinsichtlich Zugang zum und Interaktion im medizinischen System – zu klären. Die Entwicklung eines Rational Choice Modells zu Entscheidungsstrategien der Bevölkerung bezüglich der Auswahl von Systemen der Gesundheitsversorgung, sowie ein Entwurf räumlich differenzierter Szenarienparameter zum Auswahlverhalten der Bevölkerung sollen dazu beitragen, das Verständnis der lokalen Gesundheitsversorgung zu verbessern. Anhand der durch den Survey gewonnenen Ergebnisse werden Handlungsperspektiven bezüglich der Gesundheitsversorgung aufgezeigt.

Workpackage A5-4: Agrarstruktureller Wandel: Konzentration und Fragmentierung von Landbesitz.

Die Arbeiten im Berichtszeitraum konzentrierten sich neben der Vorbereitung des Regionalsurveys und den Forschungen zum Einfluss der Gemeindefinanzierung im Rahmen der Dezentralisierung auf das Management natürlicher Ressourcen im HVO, auf die Felderhebungen und Datenanalyse zum agrarstrukturellen Wandel im oberen Ouémé-Einzugsgebiet.

Ab August 2003 wurde ein seit Mai in Abstimmung mit beninischen Kooperationspartnern der Université National du Bénin ausgearbeiteter quantitativ-qualitativer Interviewleitfaden zur Erfassung landwirtschaftlicher Betriebe mit Flächengrößen über 10 ha und absentistischen Besitzern in periurbanen Gebieten im Osten des oberen Ouémé-Einzugsgebietes zum Einsatz gebracht. In einer ersten explorativen Erhebungsphase wurden qualitative Interviews zu den Hauptthemen Landbesitz, Landnutzungsverhältnisse, Aneignungsstrategien, Konflikte, Arbeitsorganisation und landwirtschaftliche Technologien durchgeführt. Die Auswertung der Interviews diente der Konzeption eines standardisierten Fragebogens zu den gleichen Themenkomplexen für den Erhebungszeitraum bis Dezember 2003. Ergänzende Interviews zu sensiblen Bereichen wie etwa Konflikt oder Entlohnungspraktiken wurden in einer dritten Interviewstaffel zwischen Mitte April und Ende Mai 2004 durchgeführt. Die folgenden Teilergebnisse haben also stark vorläufigen Charakter:

Befragt wurden überwiegend Angehörige der Ethnie Bariba, die als Beamte bei staatlichen Agenturen beschäftigt waren oder sind. Da die meisten der überwiegend älteren Interviewpersonen auf ihren landwirtschaftlichen Betrieben leben, kann jedoch nicht von klassisch absentistischen Landbesitzverhältnissen gesprochen werden. Auch bewegen sich die Aneignungsstrategien im Rahmen verwandtschaftlicher Sozialbeziehungen. Die Landnutzung wird von der Marktproduk-

tion in Plantagen (Cashew vor Mango) dominiert, gefolgt von marktlicher Nahrungsmittelproduktion und Baumwollanbau. Die landwirtschaftliche Produktion findet hier auf dem technischen Niveau zugemieteter Traktoreinheiten statt und basiert auf bezahlter landwirtschaftlicher Arbeitskraft aus den umliegenden Dörfern und den klassischen Abwanderungsregionen aus dem beninischen Norden sowie Burkina Faso und Niger. Insgesamt orientieren sich die Strategien des Landerwerbs, der Nutzung und der Arbeitsorganisation am Muster klein- und mittelbäuerlicher familiärer Agrarbetriebe. Den Handlungsrahmen geben auch hier die für das Catchment bekannten Entwicklungen der Flächenausweitung und der Besitzsicherung auf der Basis demographischen Wachstums und erhöhter Marktproduktion vor.

Workpackage A5-5: Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung und Bevölkerungsverteilung

Neben der Mitarbeit am Regionalsurvey und der Studie zum Einfluss der Gemeindefinanzierung im Rahmen der Dezentralisierung auf das Management natürlicher Ressourcen im oberen Ouémé-Einzugsgebiet konzentrierten sich die Arbeiten des Workpackages im Berichtszeitraum auf die Beschaffung und Aufarbeitung von Zensusdaten sowie auf die Einarbeitung in die Erstellung demographischer Projektionen im Rahmen der Szenarienbildung.

In enger Zusammenarbeit mit dem Workpackage A3-1 konnte die Beschaffung und Aufarbeitung der Daten des 2002 durchgeführten Zensus abgeschlossen werden. Zur Verfügung stehen mittlerweile nahezu alle im Zensus abgefragten Variablen auf Dorfebene für Gesamtbenin. Diese Daten und ihre Verwendung bei den seit Mai 2004 gestarteten Projektionen der Bevölkerungsentwicklung und Bevölkerungsverteilung liefern allen in Benin arbeitenden Teilprojekten in IMPETUS grundlegende demografische Kenngrößen.

Die demographischen Projektionen werden in enger Kooperation mit der Direction des Etudes Demographiques des Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE) durchgeführt. Da eine einfache Trendfortschreibung demographischer Größen keine verlässlichen Ergebnisse erwarten lässt, liegt der Fokus der begonnen Arbeiten auf der Bildung von Hypothesen zu den entscheidenden Variablen der zukünftigen Entwicklung von Mortalität und Fertilität. Bei dieser in Absprache mit dem INSAE durchgeführten Hypothesenbildung werden neben der Bewertung von Auswirkungen nationaler Programme auf die Bevölkerungsentwicklung wie der 'Declaration de la Politique de la Population' oder des 'Programme d'Action du Gouvernement (PAGII)' nun verstärkt für die demographische Projektion relevante Ergebnisse der Modellrechnungen anderer Teilprojekte mitberücksichtigt. Dies umso mehr als dass auch möglichst kleinräumige Projektionen auf Gemeindeebene durchgeführt werden sollen.

Projektionen auf Landes- und Departementebenen stellen bislang keine Schwierigkeiten dar. Nach eigenen Berechnungen ist für Benin im Jahr 2020 eine Bevölkerung von rund 11 Mio. realistisch (2002: 6.770.000). In Departements wie Borgou, in denen weite Teile des IMPETUS-Untersuchungsraum liegen, wird die Verdopplung der Bevölkerung aufgrund des überdurchschnittlich hohen auch migrationsbedingten Wachstums von im Durchschnitt 4,4% im Jahr zwischen 1992 und 2002 mit aller Wahrscheinlichkeit noch schneller verlaufen wie in Restbenin. Eine weitere Herausforderung wird die Versorgung der städtischen Bevölkerung mit Trinkwass-

ser werden. Anstatt 39% wie im Jahr 2002 werden 2020 53% der beninischen Bevölkerung und damit rund 6 Mio. Menschen in Städten leben.

Workpackage A5-6: Wasser und virale Kontamination? Nachweis von viralen Indikatoren in verschiedenen Trinkwasserquellen des oberen Ouémé-Bassins und quantitative Risikoabschätzung.

In dem zurück liegenden Förderzeitraum seit dem 01.05.03 wurde besonderes Augenmerk auf die Integration des Teilprojektes in die fortschreitende Szenarienentwicklung gelegt. Aus diesem Grunde wurde die Methode von einem qualitativen Nachweis auf einen quantitativen Nachweis umgestellt.

Brunnendatenbank

Die sich fortwährend ändernden Umweltbedingungen machen eine kontinuierliche Pflege der Brunnendatenbank notwendig, damit neue Wasserquellen erfasst und die schon erhobenen Daten zu bestehenden Wasserquellen aktualisiert werden können. Es wurden Vorbereitungen getroffen mit Hilfe der Brunnendatenbank ausgewählte Gebiete unter Berücksichtigung geologischer und hydrologischer Daten auf virologische Kontaminationen zu untersuchen. Somit wird eine gezielte Beprobung ausgewählter Quellen im zeitlichen Verlauf möglich, die Informationen über eine jahreszeitlich abhängige Kontamination liefern können.

Personal / Grundlagen

Als MTA konnte Fr. Rentsch in Teilzeitanstellung mit einer großen Erfahrung bei der Etablierung und Durchführung molekularbiologischer Untersuchungen im Bereich der Routinediagnostik des Instituts für Virologie gewonnen werden. Die rein qualitativen Untersuchungen auf Enteroviren, Hepatitis-Viren und Noroviren konnten mit Hilfe des Real-Time-PCR Verfahrens umgestellt werden, wodurch jetzt auch quantitative Aussagen im zeitlichen Verlauf möglich werden. Darüber hinaus ist die Palette der nachweisbaren Erreger um die Adenoviren erweitert worden. Eine größere Sensitivität soll durch den Einsatz eines größeren Volumens von Filtereluat für die Nukleinsäureextraktion erreicht werden. Dies wird im Moment ausgetestet. Die Elution der in Benin beladenen Cuno-Virosorb-Filter erfolgt in Köln durch die beiden medizinischen Doktorandinnen Aynur Koc und Sibel Sen, in deren Aufgabenbereich auch die Optimierung der Probenaufbereitung fällt.

Probenentnahme / Methodik

Eine generelle Überprüfung der durchgeführten Methodik verlief erfolgreich und soll nun regelmäßig durchgeführt werden. Es wurde eine Positivkontrolle mit 10l Wasser gemischt und anschließend wie zu untersuchendes Wasser weiter behandelt. Am Ende gelang ein positiver Virusnachweis im Institut für Virologie in Köln nach der Elution der entsprechenden Filter. Die

Anzahl der untersuchten Trinkwasserproben fiel geringer als geplant aus, da der Probenkoffer eine geraume Zeit defekt und erst zuletzt wieder voll funktionsfähig war.

Workpackage A5-7: Trinkwasserqualität und Epidemiologie wasserassoziierter Infektionskrankheiten in der Ouémé-Region

Von 1200 Wasserstellen in 119 Ansiedlungen des CATCH-Gebietes wurden nunmehr 700 bakteriologisch analysiert. Siebzig Prozent der offenen Reservoirs (Marigots, Brunnen, Rinnsale etc.) erwiesen sich als fäkal kontaminiert, die Grundwasser führenden Quellen waren dagegen zu 95% frei von pathogenen Organismen. Die Liste der berücksichtigten Keime umfasste die Leitkeime der Fäkalflora – E.coli, Coliforme und Enterokokken – ferner Salmonella sp., Shigella sp., Campylobacter sp, Vibrio cholerae und Clostridium perfringens. Fünfundvierzig der bislang beprobten Brunnen führen Salmonella enteritica ssp. enteritica der Serogruppen I und II mit vermutlich animaler Provenienz und unbekannter Pathogenität. Ein weiteres Isolat stellt einen bisher unbekanntes Serotyp 1,42:l,w:z35 dar, der zur Bestätigung der Antigenformel an das WHO-Referenzlabor in Paris verschickt wurde.

Die wasserepidemiologischen Daten stellen die Datenbasis zur Abschätzung des Risikopotenzials für den Erwerb wasserabhängiger Infektionskrankheiten (Hallenbeck 1993) unter typischen Bedingungen subsaharischer Wassernutzung dar. Ihnen folgt die Ermittlung weiterer Einflussgrößen wie die molekularbiologische Analyse des pathogenen Potenzial unbekannter Infektionserreger – ggf. unter Abschätzung aus einem dose-response-Modell im Tierversuch – und der Quantifizierung der Prävalenz des Keimträgertums, der Morbidität und Mortalität.

Als Eingangsuntersuchung zur Ermittlung des Risikopotenzials für die Aquisition nichttyphöser Salmonellen wurde die Bevölkerung von Kakikoka ausgewählt und deren Stuhlisolate auf Anwesenheit der Kontaminanten aus dem Wasserversorgungssystem untersucht. Auffällig ist vorläufig die vollkommen fehlende Kontaminationsflora der Wasserstellen im Probenmaterial bei offenbar geringem pathogenem Potenzial der Erreger.

Nach Abschluss der bakteriologisch-analytischen Basisarbeiten wurde eine wässrige Lösung von Chlordioxid zur Sanierung kontaminierter Quellen eingesetzt, die Praktikabilität der Anwendung untersucht und die Abtötungsgskinetiken für die Zielorganismen, die Rekontaminationszeiten und -raten und die Restgehalte an ClO₂ ermittelt. Die Methode wird nach Abschluss der Versuche an die Direction de l'Hydraulique in Parakou übergeben, da eine effektive Interventionsvorschrift momentan nicht verfügbar ist.

Das Gesamtpaket der bakteriologischen Analytik und der interventionellen Maßnahmen zur Dekontamination belasteter Quellen wurde um die photometrische Bestimmung relevanter chemischer Parameter wie Nitrat, Nitrit, Sulfat, Phosphat, Chlorid, Carbonat, Fluorid, Magnesium, Calcium, Eisen, Aluminium, Ammonium erweitert und ermöglicht jetzt eine Gesamtdarstellung der von den Quellen ausgehenden Belastungen.

Datenbasis

In der Datenbanktabelle sind aktuell die Daten zur Position, Bauart, Nutzung, Förderart, Nutzung und das Kontaminationsmuster von 700 Wasserstellen erfasst. Ungefähr 150 dieser Wasserquellen wurden mehrfach beprobt und analysiert, um den zeitlichen Verlauf darzustellen und extrapolierbare Informationen zur mittleren Belastung der Nutzer unter Berücksichtigung der Wasserstandsparameter in Trocken- und Regenzeit zu erhalten. Die Speziesverteilung zeigt ein deutliches Übergewicht der nichttyphösen Salmonellen gegenüber den Keimen der regulären Fäkalflora, welche in ca. 70% d.F. aufzufinden ist. Serotypen epidemischer, europäischer Stämme fehlen fast ausnahmslos, während überwiegend seltene Serotypen ohne Bevorzugung einzelner Serovare auftreten. Tabelle 1 zeigt die Serotypenverteilung in den verschiedenen Lokalisationen.

Ein bisher unbekannter Salmonellenserotyp mit der Antigenformel 1,42:1,w:z35 wurde aus Trinkwasser in Brunnen YAT-5 in Yatanifaga isoliert und ist Gegenstand weiterer molekularbiologischer Untersuchungen.

Tab. A5.1: Serotypenverteilung der bislang isolierten Salmonellen

Fundort	Brunnenbezeichnung	Salmonellen-Serovar
Bakou	BAK-4	Salmonella Sada
Bétérou	BET-20	Salm. Johannesburg
Bougou	BG-11	Salm. Teshie
Bougou	BG-18	Salm. Virchow
Dama	DAM-M	Ssp. I
Dendougou	DEN-M1	Salm. Rostock
Dendougou	DEN-M3	Salm. Hofit
Dendougou	DEN-M4	Salm. Dahomey
Dendougou	DEN-2	Salm. Rostock
Dendougou	DEN-5	Salm. Rostock
Djehou	DJE-5	Salm. Nima
Fakafaka	FAKA-1	Salm. Egusitoo
Gregoires Brunnen	GREG	Salm. Cotham
Kakikoka	KAK-3	Salm. Koketime
Kakikoka	KAK-7	Salm. Pomona
Kakikoka	KAK-9	Salm. Koketime; Salm. Johannesburg
Kakikoka	KAK-S	Salm. Koketime

Kakikoka	KAK-SR	Salm. Amoutive
Kakikoka	KAK-M	Salm. Kaneshie
Kobrikonto	KOB-4	Salm. Elisabethville
Kobrikonto	KOB-11	Salm. Waycross; Salm. Minnesota
Kpawa	KAW-M4	Salm. Rubislaw
Kpassatona	KPES-2	Salm. Yaba
Kperu-Guera	KP-G-1	Salm. Takoradi
Paparapanga	PAPA-1	Salm. Pomona
Partago	PAR-35	Ssp. I
Partago	PAR-39	Salm. Give
Sanson	SAN-4	Salm. Typhimurium
Sébou	SEB-M2	Salm. Muenster
Sébou	SEB-1	Salm. Mango
Sébou	SEB-14	Salm. Apapa
Suburuku	SUB-5	Salm. Muenster
Suburuku	SUB-13	Salm. Give
Suburuku	SUB-17	Salm. Muenster
Thian	THI-44	Salm. Give
Vanhoui	VAN-1	Salm. Give
Vanhoui	VAN-16	Salm. Poano
Wassa	WAS-1	Salm. Chester Var.05-
Wolou	WOL-2	Sal. Nima
Yakoua	YAK-2	Salm. Elisabethville
Yatanifaga	YAT-5	Neuer Serotyp?
Yatanifaga	YAT-6	Salm. Bongori
Yebessi	YEB-7	Salm Takoradi

Methodik

Die bakteriologischen Untersuchungsmethoden wurden um chemische Methoden erweitert. Zunächst wurden Verfahrenskenndaten der Einzelparameter - *Nitrat*, *Nitrit*, *Sulfat*, *Phosphat*, *Chlorid*, *Carbonat*, *Fluorid*, *Magnesium*, *Calcium*, *Eisen*, *Aluminium*, *Ammonium* - am CADAS 100 ermittelt und die photometrische Analyse von Wässern mit hohem Gehalt an anorganischer und

organischer Matrix am Standort Köln simuliert. Anschließend wurden die Methoden auf Analyte in natürlichen Wässern angewendet und die Methoden validiert. Schließlich wurde ein vergleichbares Photometer-Modell im Labor in Parakou in Betrieb genommen und die Methoden dorthin übernommen. Reagenzien und andere Betriebsmittel wurden zunächst aus dem Heimatlabor importiert; eine langfristige Etablierung mit den Mitteln aus lokalen Ressourcen wird angestrebt, sobald die Analytik im Routinebetrieb läuft. Neben der Untersuchung kartierter Quellen werden zukünftig auch alle neu in Betrieb genommenen Wasserstellen der Region neben ihren bakteriologischen Eigenschaften auf ihre chemische Fracht hin untersucht. Parameter, die eine Feinanalytik erfordern, wie z.B. Arsen und Cadmium, werden nach Fixierung der Proben im hiesigen Labor weiterbearbeitet. Da für die Beurteilung der Unbedenklichkeit von Trinkwasser eine obere Konzentrationsgrenze für die Parameter gilt, wird auf Bemühungen, die Bestimmungsgrenze in subtoxische Bereiche auszudehnen, verzichtet. Die Resultate werden in der zentralen Datenbank gespeichert und sind von dort über Internetverbindung einsehbar.

Literatur

- Bako-Arifari, N., M. Doevenspeck und U. Singer, 2004: Politique locale et stratégies de mobilisation de ressources financières à l'échelle communale au Bénin. in: Baltissen, G.; Hilhorst, T. (ed): Financer la décentralisation rurale: Taxes et impôts à l'échelle locale au Bénin, Burkina Faso et Mali. Bulletin 357. Institut Royal des tropiques (KIT) Amsterdam: 16-44.
- Benon Monra, A., 2003: Migrants et accès à l'eau en situation de rareté à Kpessou. Memoire de l'Université d'Abomey-Calavi dans le cadre du projet IMPETUS. Année Académique 2002-2003.
- Bernard, R., 2001: Research Methods in Anthropology. Qualitative and Quantitative Approaches. WaltaMira, Walnut Creek.
- Berghauser Pont, L., 1997: Soins de Santé Communautaires au Bénin. Une étude sur le fonctionnement des Unités Villageoises de Santé dans la circonscription urbaine de Kandi. Unveröffentl. Bericht, Universität de Wageningen.
- Bierschenk, T. und J.-P. Olivier de Sardan, 1998 (ed): Les pouvoirs au village. Le Bénin rural entre démocratisation et décentralisation. Paris.
- Coopération Suisse/LARES, 2001: La problématique de l'intercommunalité dans le fonctionnement des communes béninoises, Cotonou.
- Doyle, K.O., 1999: The social meaning of money and property. Sage, London.
- Fewtrell L und J. Bartram, 2002: Water Quality: Guidelines, Standards and Health. World Health Organization Water Series.
- Fontaine, L. und J. Schlumbohm (eds.), 2000: Household Strategies for Survival 1600-2000. Fission, Faction and Cooperation. Melbourne, International Review of Social History. Supplements.
- Gléhouénu B. und M. Galiba, 1997: La caisse rurale d'épargne et de prêt: soutien durable de la diffusion de l'innovation. in: Bierschenk, T. et.al. Institutions and Technologies for Rural Development in West Afrika, Weikersheim: 91-97.
- Gomes do Espirito Santo, E. et al., 1998: What determines the choice of health care treatment in the town of Cotnou (Benin). Bulletin of the World Health Organization, (7682): 195-201.
- Hallenbeck, W. H., 1993: Quantitative Risk Assessment for Environmental and Occupational Health, Lewis Publishers N.Y.
- Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE), 2003: Enquête socio-anthropologique sur la fécondité et la mortalité infantile et maternelle (ESAFEM). Rapport d'Analyses. Cotonou.
- Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE), 2004: Troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitation, Février 2002 – Synthèse des Résultats. Cotonou.
- Lachenmann, G., und P. Dannecker (ed) 2002: Die geschlechtsspezifische Einbettung der Ökonomie. Empirische Untersuchungen über Entwicklungs- und Transformationsprozesse. Market, Culture and Society, Lit Verlag, Berlin.
- Percival S.L., R.M. Chalmers, M. Embrey, P.R. Hunter, J. Sellwood und P. Wyn-Jones, 2004: Microbiology of Waterborne Diseases. Elsevier Academic Press.
- Seligmann, L., 2001: Women Traders in Cross-Cultural Perspective. Mediating Identities, Marketing Wares. Stanford University Press.

Projektbereich B

**Die Wasserbilanz des Drâa-Einzugsgebietes
und sozioökonomische Implikationen**

Dachprojekt AB1**Externe Klima-Antriebsszenarien auf der globalen und kontinentalen Skala**

Antragsteller	Fach
Prof. Dr. P. Speth (Koordinator) Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln	Meteorologie: Klimamodellvalidierung und Klimadynamik
Prof. Dr. A. Hense Meteorologisches Institut, Universität Bonn	Meteorologie: großskalige Klimamodellierung und Regionalisierung
Dr. M. Latif Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg	Meteorologie: großskalige Klimamodellierung
Prof. Dr. C. Simmer Meteorologisches Institut, Universität Bonn	Meteorologie: Fernerkundung und Modellvalidierung

Zusammenfassung

Im ersten Projektjahr der zweiten Phase wurde der Einfluss der Meeresoberflächentemperaturen, insbesondere derjenigen des Indischen Ozeans, auf den Niederschlag in Westafrika mit Hilfe des ECHAM-Modells (Version 4.5) untersucht. Der seit den 1950er Jahren beobachtete Erwärmungstrend im Indischen Ozean verursachte im globalen Zirkulationsmodell ECHAM eine mit den beobachteten konsistente Trockenperiode im Sahel und einen Trend zur positiven Phase der Nordatlantischen Oszillation (NAO). Letzteres ist mit einer Tendenz zu trockeneren Jahren im westlichen Teil Marokkos verbunden. Somit ergibt sich ein Erklärungsansatz für die auch in Beobachtungen erkennbare Simultanität von dekadischen Trockenperioden im Sahel und in Westmarokko. Gleichzeitig wurden die Klimasimulationen mit der Version 4.6 des ECHAM-Modells gemäß der SRES A2 und B2 Szenarien vorbereitet. In die letztgenannte Version wurde ein einfaches dynamisches Vegetationsmodell (SVEGE) und eine verbesserte Hintergrundalbedo eingebaut. Der kombinierte Effekt beider Verbesserungen zeigt in „Nachhersageexperimenten“ eine deutlich verbesserte Simulation des Niederschlagsklimas in Westafrika, einschließlich dessen niederfrequenter Variabilität, so dass belastbarere Klimaszenarienrechnungen erwartet werden.

Mit dem auf der kontinentalen Skala einsetzbaren Modell REMO konnte die Rolle der Vegetations- und Bodendegradation bei gleichzeitigem Treibhausgasantrieb untersucht werden. Dabei zeigte sich folgendes Ergebnis: An der Guineaküste überwog der Treibhausgasantrieb und über eine Erhöhung der Meerwassertemperaturen im nahen Atlantik erhöhten sich die Niederschläge gegen Ende des 21. Jhd. um 120 mm im Zweimonatszeitraum Juli und August. In der Sahelzone und besonders im waldreichen Kongobecken verursachten die idealisierten Veränderungen der Landoberflächencharakteristik eine Abnahme des Niederschlags. Diese Ergebnisse zeigen, wie wichtig die Einbeziehung der Biosphäre bei der Simulation des zukünftigen Klimas ist, und bestätigen den Ansatz des Projekts, für die SRES Szenarienrechnungen ein einfaches dynamisches Vegetationsmodell in ECHAM zu integrieren.

Im Rahmen der Niederschlagsfernerkundung und Validierung der Regionalmodelle mit Satellitendaten wurden Arbeiten zur Berücksichtigung der Daten der AMSR-Instrumente im Mikrowellenalgorithmus und zur Kalibrierung von Meteosat Infrarotbildern durchgeführt.

Ausführliche Beschreibungen der Ergebnisse

(siehe Projektbereich A, Dachprojekt AB1, Seite 7 ff.)

Teilprojekt B1**Regionale und lokale Szenarien der raum-zeitlichen Variabilität von Niederschlag und Verdunstung in Marokko**

Antragsteller	Fach
Prof. Dr. P. Speth (<u>Koordinator</u>) Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln	Meteorologie: Klimamodellvalidierung und Klimadynamik
Prof. Dr. M. Kerschgens Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln	Meteorologie: kleinskalige Modellierung
Prof. Dr. C. Simmer Meteorologisches Institut, Universität Bonn	Meteorologie: mesoskalige Modellierung/

Zusammenfassung

Die in B1 durchgeführten Arbeiten im ersten Jahr der 2. Phase lassen sich im wesentlichen in zwei Schwerpunktsbereiche gliedern:

- iii. *Simulation der Regenzeit 2001/2002 in Marokko mit dem Lokalmodell (LM)*
- iv. *Erarbeitung der statistischen Grundlagen für die Erstellung einer langjährigen Verdunstungsklimatologie mit FOOT3DK*

Während in der ersten Projektphase die technischen Voraussetzungen für die Simulation einer ganzen Regenzeit mit dem Lokalmodell (LM) geschaffen wurden, konnte im Berichtszeitraum erstmalig eine Nachsimulation in einem $700 \times 700 \text{ km}^2$ grossen Gebiet über Südmarokko mit einer Auflösung von ca. 7 km für den Zeitraum vom 1. November bis 31. Oktober 2002 erfolgen. Damit wurden zum einen die Voraussetzungen für ein erfolgreiches Down-scaling der in der 2. Phase vorgesehenen Szenarienrechnungen geschaffen, zum anderen besteht die Möglichkeit Langzeitsimulationen des LM mit Hilfe eines Kontrolllaufs aus einzelnen 30-Stunden Vorhersagen zu validieren. Kleinere Abweichungen zwischen Nachsimulation und Kontrolllauf zeigen sich in der 2m-Temperatur im Bereich des Hohen Atlas. Das Muster der Jahressumme des Niederschlages stimmt mit dem klimatologischen Mittel des grob aufgelösten CRU-Datensatzes weitgehend überein. Ein Vergleich mit den IMPETUS-Klimastationsdaten deutet jedoch auf eine leichte Überschätzung der Niederschlagssummen durch das Modell hin.

Die Erstellung einer 40-jährigen Verdunstungsklimatologie der Jahre 1959-1998 mit dem FOOT3DK erfolgte mittels gewichteter Rekombination typischer Nachsimulationszeiträume. Dabei ergab sich, dass innerhalb der Oasen Maximalwerte von fast 700 l/m^2 pro Jahr erreicht werden, außerhalb der Oasen bis zu 170 l/m^2 . Der Vergleich mit gemessenen Transpirationsdaten im Untersuchungsgebiet zeigt, dass die simulierten Werte ein realistisches Bild wiedergeben.

Folgende Ergebnisse wurden im ersten Projektjahr in den einzelnen Workpackages im Detail erzielt:

Workpackage B1-: Tropische und extratropische Antriebe des Niederschlags in Marokko in einem zukünftigen Klima

Eine der wichtigsten Herausforderungen dieses Teilprojektes ist die Validierung des Lokalmodells (LM) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in der Region des Drâatals. Sie ist besonders schwierig, weil südlich des Atlasgebirges außer den in IMPETUS erhobenen Daten kaum weitere konventionelle Datenquellen verfügbar sind.

In der ersten Projektphase wurden die technischen Voraussetzungen zur Simulation einer ganzen Regensaison mit dem LM geschaffen (Interpolationsprogramm, Neustartoption und Verbesserung der unteren Randbedingungen). Im Berichtszeitraum stand die erstmalige Durchführung einer solchen Simulation für die Regensaison 2001/2002 im Mittelpunkt der Arbeiten. Mit den Daten dieser Modellsimulation wird einerseits das Down-scaling im Bereich des Hohen Atlasgebirges durch die Erstellung eines räumlich distribuierten Datensatzes wichtiger klimatologischer Parameter genutzt, andererseits besteht die Möglichkeit, eine Langzeit-Simulation zu validieren. Das ist notwendig, da das LM für den Einsatz als operationelles Modell für Vorhersagen bis 48 Stunden entwickelt wurde. Grundsätzlich sind bei einer solchen Simulation immer Abweichungen von den Beobachtungen zu erwarten, deren Größenordnung nun eingeschätzt werden kann, um eine Behandlung dieser Fehler mit einem *Post-Processing* der Daten vorzunehmen. Damit werden die Voraussetzungen für die erfolgreiche Durchführung des Downscaling der Szenarien-Rechnungen geschaffen. Weiterhin wird dadurch ein Datensatz in einmaliger räumlicher Auflösung für diese Region geliefert. Dieser steht nun auch den übrigen Teilprojekten zur Verfügung

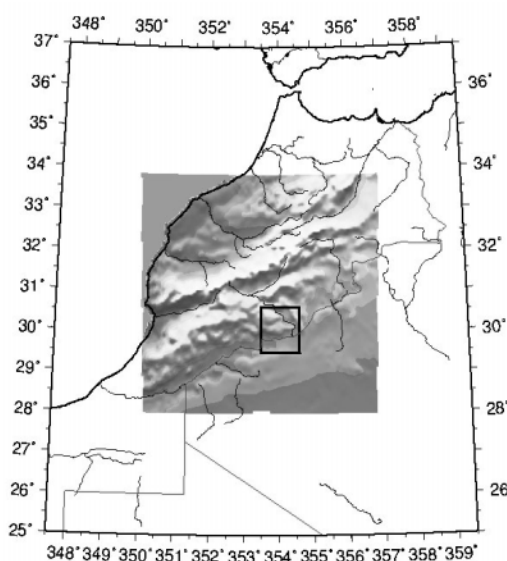


Abb. B1-1: Lage des LM-Modellgebietes für die Langzeitsimulation 2002. Das Rechteck markiert das eingebettete Modellgebiet von FOOT3DK.

Für die Simulation der Regensaison vom 1. November 2001 bis 31. Dezember 2002 wurde ein Teilgebiet Marokkos ausgewählt (s. Abb. B1-1). In diesem ca. 700 x 700 km² Gebiet sind das Drâa-Catchment und der Hohe Atlas enthalten; es werden alle Klimazonen Marokkos repräsentiert. Die Auflösung des Modells beträgt 0,0625° (ca. 7km). Als Antriebsdaten wurden die GME-Analysen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) verwendet. Da für das Modellgebiet – wie für ganz Westafrika – nur wenige meteorologische Beobachtungsdaten vorliegen, ist eine Validation an diesen Daten zunächst nicht in einer wünschenswerten Form möglich. Um aber die Ergebnisse der Simulation überprüfen zu können, musste

folglich eine andere Strategie angewandt werden. So wurde neben einem kontinuierlichen Modell-Lauf, der dem Modus entspricht, in dem die Klimaszenarien gerechnet werden, über den gesamten Zeitraum noch ein Kontrolllauf durchgeführt. Dieser besteht im Gegensatz zur kontinuierlichen Simulation aus einzelnen 30-Stunden-Vorhersagen für die gleiche Periode. Durch diese Technik wurden die GME-Analysen dynamisch auf die feinere Auflösung interpoliert, ohne dass sich wirklich mesoskalige Systeme und Zirkulationen entwickeln konnten. Somit liegen die Daten des Kontrolllaufs sehr nahe an den Analysen, in die auch operationelle Beobachtungsdaten einfließen, die in IMPETUS so nicht vorliegen (beispielsweise aus Satellitenbeobachtungen). An den Daten dieses Kontrolllaufs konnte der kontinuierliche Lauf auf Konsistenz bezüglich klimatologischer Größen wie Mittelwerte, Varianzen und Extremwerte überprüft werden. Die Repräsentation markanter Einzelereignisse bzw. die Häufigkeiten bestimmter Ereignisse wurden zur Kontrolle herangezogen. Der Vergleich beider Läufe zeigt insgesamt eine gute Übereinstimmung und Abweichungen, die im erwarteten Bereich liegen.

Kleinere Abweichungen waren beispielsweise im Jahresmittel der 2m-Temperatur im Bereich des Hohen Atlas und nördlich davon in den feuchteren Flusseinzugsgebieten zu finden. Wie sich herausstellte, sind diese auf Unterschiede in der Schneebedeckung und der Bodenfeuchte zurückzuführen, die durch die tägliche neue Initialisierung des LM in dem Kontrolllauf verursacht wurden. Durch diese Unterschiede in Bodenfeuchte und Schneebedeckung werden die turbulenten Energieflüsse zwischen Boden/Vegetation und der Atmosphäre beeinflusst, welche sich natürlich auf die 2m-Temperatur auswirken. So ist auch zu erklären, dass im trockenen Süden des Modellgebietes die Unterschiede deutlich geringer ausfallen.

Hinsichtlich dynamischer Aspekte wie etwa der Durchzug von Kaltfronten, die auch in den räumlich gemittelten täglichen Abweichungen vom mittleren monatlichen Tagesgang (siehe Abb. B1-2) zu sehen sind, zeigen die Läufe eine sehr gute Übereinstimmung. Die Abweichungen lassen auch keinen systematischen Fehler, Trend oder Drift des kontinuierlichen Laufes erkennen. Die im südlichen Teil des Modellgebietes beobachteten, etwas größeren Unterschiede bezüglich der Abweichungen vom mittleren Tagesgang sind in der größeren Amplitude des Temperatur-Tagesganges dort begründet.

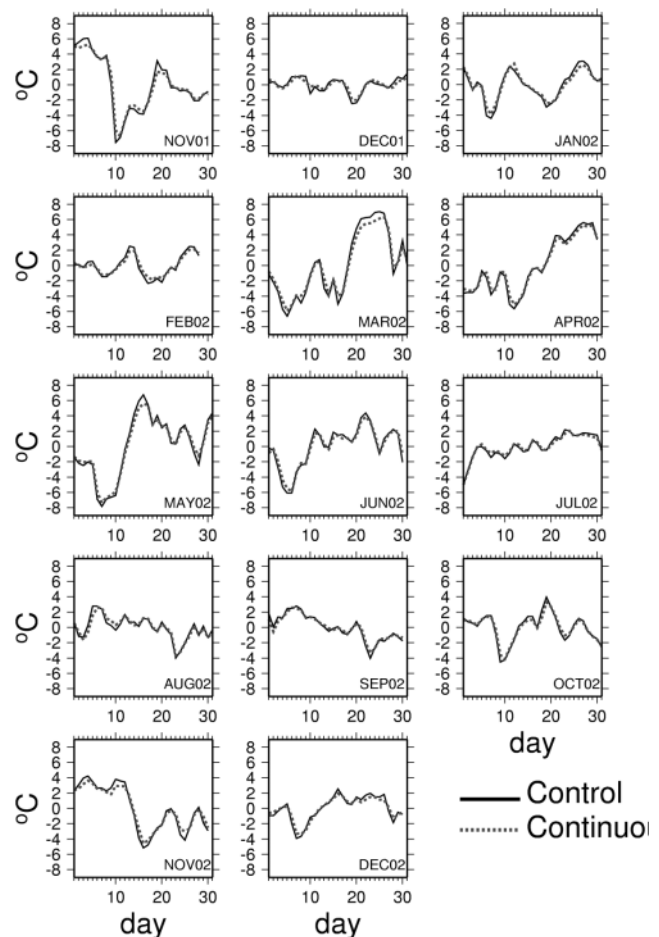


Abb. B1-2: Räumlich gemittelte Abweichungen vom mittleren Tagesgang der 2m-Temperatur für den kontinuierlichen und den Kontrolllauf des LM, dargestellt für jeden Monat.

Das Muster der Jahressumme des Niederschlags stimmt mit dem klimatologischen Mittel, wie es die Daten der Climate Resarch Unit (CRU) der University of East Anglia darstellen, weitgehend überein (Abb. B1-3). Die Region des Hohen Atlas wird natürlich vom LM wesentlich besser aufgelöst und zeigt dort, wie auch im Süden des Drâatales, eine stärker an die vorhandene Orographie angelehnte Struktur. Ein Vergleich mit den IMPETUS-Stationsdaten (Abb. B1-4) deutet darauf hin, dass das Modell dazu tendiert, die Jahressumme des Niederschlags zu überschätzen. Verbesserungen können hier durch eine adäquate Postprozessierung der Modelldaten erreicht werden, durch welche die Niederschläge auf statistischem Wege an die Beobachtungen angepasst werden.

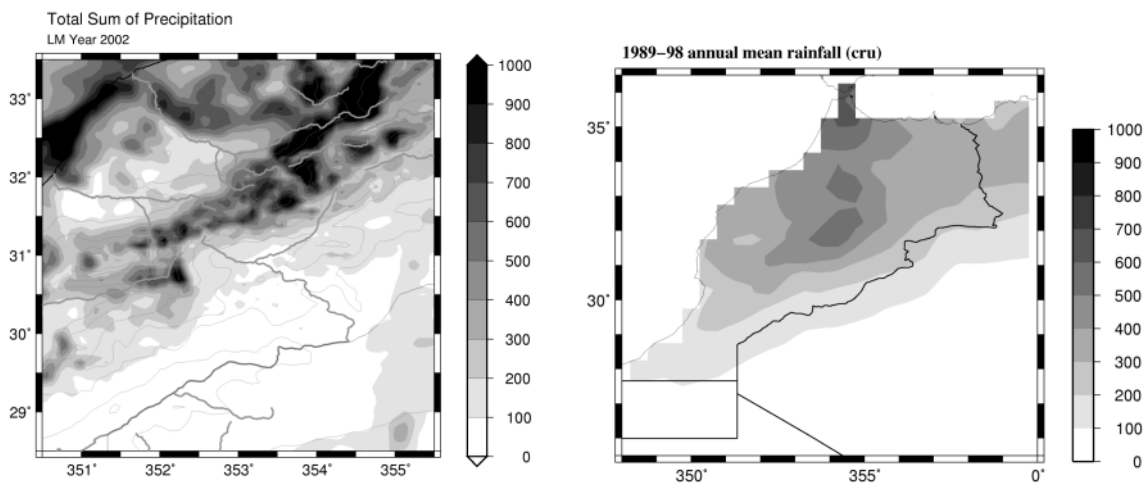


Abb. B1-3: Niederschlagssummen für 2002 aus der LM-Simulation (kontinuierlicher Lauf, links) und die mittlere Klimatologie für die Jahre 1989-1998 aus den Daten der CRU (rechts).

Die Überprüfung des LM am Kontrolllauf hat gezeigt, dass die Modifizierungen, die lange kontinuierliche Läufe ermöglichen, erfolgreich waren. Die Simulation lieferte klimatologisch kon-

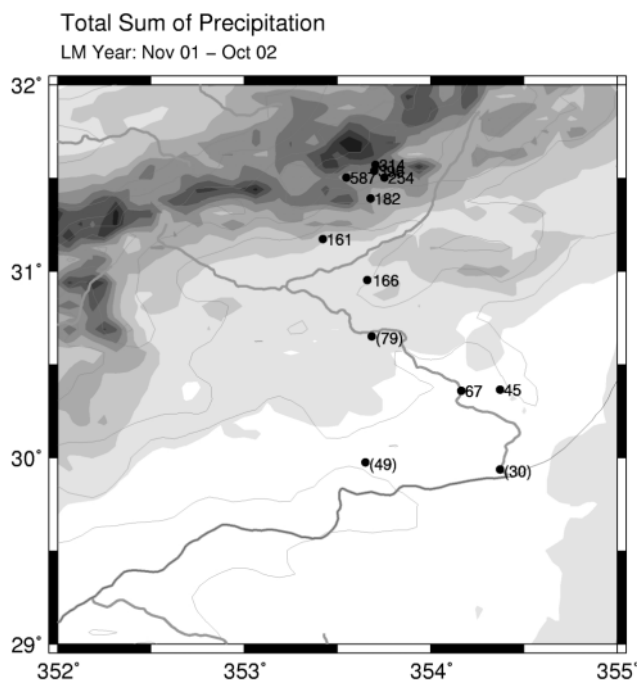


Abb. B1-4: Niederschlagssummen in mm aus der kontinuierlichen LM-Simulation für den Zeitraum Nov. 2001-Okt. 2002. Die Zahlenwerte der Messungen an IMPETUS-Stationen (siehe Teilprojekt B2) sind zusätzlich eingetragen. Es ist anzumerken, dass die Messwerte teilweise unter Datenausfall (eingeklammerte Werte) oder – speziell im Gebirge – unter einer schwierigen Abschätzung des Niederschlags aus Schneefall leiden.

sistente Ergebnisse. Somit konnte ein umfangreicher Datensatz von bisher einmalig hoher Auflösung für diese Region erstellt werden. Dieser wird den anderen Teilprojekten unbearbeitet oder schon ausgewertet in Form von graphischen monatlichen Übersichten der interessierenden Größen zur Verfügung gestellt. Die weitere Auswertung der Daten, besonders hinsichtlich der Extremwerte, ist Gegenstand der derzeitigen Arbeiten. Eine gründlichere Validation der Läufe anhand von Beobachtungen an synoptischen und auch IMPETUS-Stationen sowie an Satellitendaten wird erfolgen, sobald letztere vorliegen.

Im nächsten Schritt erfolgt das Downscaling der REMO-Läufe (WP AB1-2), das aus Zeitgründen allerdings nur auf einem 0.25° -Gitter erfolgen kann. Dabei stehen idealisierte Szenarien des anthropogenen Landnutzungsänderungen und des Treibhausgas-Forcings im Mittelpunkt.

Workpackage B1-2: Änderungen von lokalen Verdunstungs- und Niederschlagsmustern im mittleren und südlichen Drâatal – Fallsimulationen mit FOOT3DK

Änderungen des hydrologischen Kreislaufs im mittleren und südlichen Drâatal können sowohl durch Landnutzungsänderungen auf der lokalen Skala als auch durch Klimaänderungen auf der globalen Skala ausgelöst werden. Unverstanden ist jedoch, wie sich potenzielle Landnutzungsänderungen auf den hydrologischen Kreislauf im mittleren und südlichen Drâatal auswirken werden. Für diese Fragestellung ist vor allem die Evapotranspiration in den Oasen des mittleren und unteren Drâa relevant, während die seltenen lokalen Niederschlagsereignisse in dieser Region nur einen untergeordneten Beitrag zum Wasserhaushalt gegenüber Bewässerungsmaßnahmen liefern.

Aufbauend auf die Arbeiten und Ergebnisse der ersten Projektphase wurden im Jahr 2003 weitergehende Simulationen mit dem hochauflösenden Modell FOOT3DK durchgeführt. Der Schwerpunkt der Arbeiten lag zu Beginn der zweiten Projektphase auf dem Einbau von Daten anderer Disziplinen in die Parameterdatensätze des Modells. Hier sind insbesondere Blattflächenindex und Vegetationsbedeckungsgrad der Bewuchsformen zu nennen, die in dem aus LANDSAT Satellitendaten erstellten Landnutzungsdatensatz vertreten sind.

Im Folgenden wurde die statistische Grundlage für die Erstellung von Klimatologien erarbeitet. Ausgehend von den Ergebnissen der diagnostischen Arbeiten der ersten Phase wurde ein Parameter und ein Verfahren gesucht, das die wesentlichen Merkmale der Witterung im Untersuchungsgebiet erfasst. Dabei stand die Bedingung im Vordergrund, dass die Methode auch auf Klimasimulationen und andere Szenarien anwendbar sein sollte. Aus diesem Grund wurde der Druck im Bodenniveau (Sea Level Pressure, SLP) als zu analysierender Parameter ausgewählt. Diese Daten liegen als Re-Analysen des ‚National Centre for Environmental Prediction‘ (NCEP) für den Zeitraum seit 1959 vor und werden laufend aktualisiert. Sie bilden damit einen ausreichend langen Zeitraum für statistische Untersuchungen. Darüber hinaus ist der Parameter SLP auch in Klimaszenarien in der nötigen Auflösung von 2.5° enthalten. Eine Anwendbarkeit des Verfahrens auf mögliche Änderungsszenarien ist also gewährleistet. Aus diesen Daten wurde eine Klimatologie von Windrichtungsklassen erstellt. Die resultierenden Klassen spiegeln die wesentlichen Witterungsmerkmale in der Region wider und zeigen die erwarteten Zusammen-

hänge mit dem Niederschlag im Untersuchungsgebiet. Durch die laufende Aktualisierung der Daten ist ein Vergleich mit in der ersten Projektphase erhobenen Messdaten möglich.

Die resultierenden zehn Windrichtungsklassen (acht direktionale und zwei Zirkulations-Klassen) wurden in sechs meteorologisch sinnvolle Gruppen zusammengefasst. Innerhalb dieser Gruppen wurde nach Tagen mit und ohne Niederschlag unterschieden. Aus den vorliegenden LM-Nachsimulationen des hydrologischen Jahres November 2001 bis Oktober 2002 wurden typische Termine für die verschiedenen Gruppen, jeweils mit und ohne Niederschlag ausgewählt. Sofern möglich wurden für jede Gruppe zwei Termine ohne Niederschlag und für die niederschlagsrelevanten Gruppen zusätzlich zwei Termine mit Niederschlag nachsimuliert. Aus diesen Nachsimulationen wurde mittels gewichteter Rekombination eine Verdunstungsklimatologie der 40 Jahre 1959 bis 1998 berechnet.

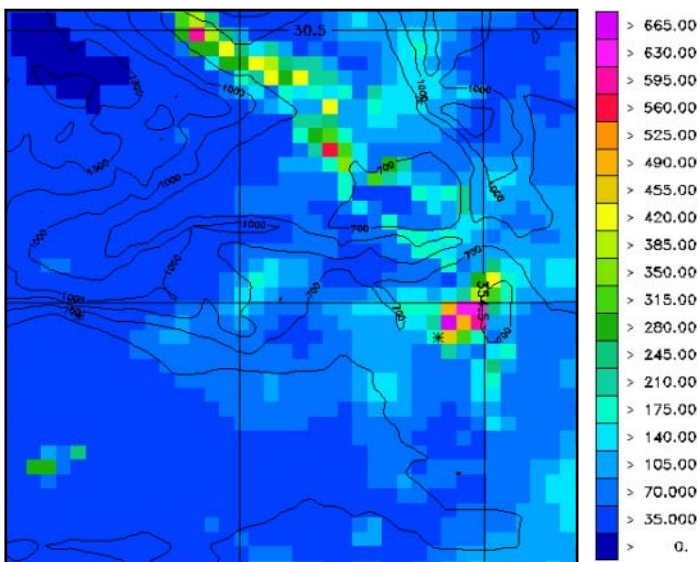


Abb. B1-5: Verdunstungsklimatologie [l/m^2y] für den Zeitraum 1958-1997.

Ein zusätzliches Problem stellte die stark schwankende Anzahl von Entnahmen aus dem Stausee (sog. *Lachés*) pro Jahr zu Bewässerungszwecken dar. Im hydrologischen Jahr 2001-2002 wurden nur zwei *Lachés* durchgeführt. Diese Anzahl wurde mit der in der ersten Projektphase entwickelten Methode simuliert (siehe Abschlussbericht der ersten Projektphase). In Abb. B1-5 ist die resultierende Verdunstungsklimatologie unter Berücksichtigung zweier *Lachés* für das Untersuchungsgebiet dargestellt. Innerhalb der Oase werden Maximalwerte von fast $700 l/m^2$ pro Jahr erreicht. Dieser Beitrag entstammt hauptsächlich der Transpiration der Dattelpalmen. Außerhalb der Oase wird

die räumliche Verteilung der Evapotranspiration vom Niederschlag während der simulierten Einzeltage, aus denen die Klimatologie rekombiniert wurde, dominiert. Die Werte liegen dort zwischen Null und ca. $170 l/m^2$ pro Jahr. Der Vergleich mit gemessenen Transpirationsdaten im Untersuchungsgebiet zeigt, dass die simulierten Werte in der richtigen Größenordnung liegen und damit ein realistisches Bild wiedergeben.

Die Erstellung möglicher Änderungsszenarien wurde im Jahr 2003 begonnen, muss jedoch noch unter den verschiedenen beteiligten Disziplinen abgestimmt werden. Dies ist derzeit in Arbeit.

Teilprojekt B2**Wasserverfügbarkeit und Bodendegradation**

Antragssteller	Fach
Prof. Dr. B. Diekkrüger (Koordinator) Geographisches Institut, Universität Bonn	Hydrologie
Prof. Dr. B. Reichert Geologisches Institut, Universität Bonn	Hydrogeologie
Prof. Dr. M. Winiger Geographisches Institut, Universität Bonn	Geographie, Klimatologie

Zusammenfassung

In der ersten Phase des zweiten Antragszeitraumes wurden in B2 Messungen und Modellierungen zum Wasserhaushalt, der Klimaökologie, der Schneedynamik, der Bodendynamik, der Grundwasserdynamik und Bodendegradation unternommen, um für das Hauptziel, der Analyse der aktuellen und der zu erwartenden Umweltveränderungen, eine Datenbasis bereitzustellen.

Die Analyse und Modellierung zur Schneedynamik im Hohen Atlas wurden im Raum M'Goun intensiviert und weitergeführt. Mit Hilfe der installierten snow pillows, den Schneepaket- und Schneeoberflächen-Temperatursensoren ist es nunmehr möglich, den Abbau der Schneedecke genauer zu messen und die Resultate des UEB (Utah Energy Balance) Modells zu validieren. Dabei ergibt sich die Möglichkeit, die Verlustgrößen Schmelze und Sublimation zu bestimmen. In der kalten Periode sublimiert der Schnee vorwiegend und nur etwa die Hälfte des Wasseräquivalentes schmilzt und trägt zur Grundwasserneubildung bei.

Die klima-ökologische Analyse wurde fortgeführt und durch Daten von marokkanischen Stationen erweitert. In den Testgebieten im Hohen Atlas wurden diese Analysen genutzt als Eingangsparameter für die Wasserhaushaltsmodellierung mit dem MMS (Modular Modelling System) Modell. In Kooperation mit der Hydrogeologie wurden die Möglichkeiten des MMS Modells im "nested approach" für zwei wasserführende Teilgebiete im Ameskartal getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass auch im Hochgebirge der Oberflächenabfluß nur Beträge erreicht von etwa 10% des Niederschlags und bei Hochwasserabflüssen der Zwischenabfluss eine sehr bedeutende Rolle spielt. Die Modellierungsergebnisse der Schneeschmelzabflüsse sind erfolgreich. Es ist jedoch schwieriger, die Zusammenhänge zwischen Starkregen und kurzen, heftigen Hochwasserwellen zu modellieren. Mit Hilfe der marokkanischen Pegelstellen im Mittellauf der Zuflüsse zum Stausee Mansour Eddahbi wurden Zusammenhänge zwischen den Niederschlägen im Hochgebirge und den Hochwässern bis zum Stausee untersucht.

Zur Grundwasserdynamik wird ein Kaskadenmodell entwickelt das die Zusammenhänge zwischen dem Hochgebirge und dem Becken von Ouarzazate abbildet. Die erforderlichen isotopenhydrologischen Untersuchungen sind im Hochgebirge weithin abgeschlossen. Die Isotopensignaturen der verschiedenen Beckenwässer zeigen, dass für die sehr jungen bis älteren Beckenwässer die Gebirge die entscheidenden Grundwasserneubildungsgebiete sind. Im Unterlauf des

Drâa kann nachgewiesen werden dass, die Speisung des Porenaquifers durch Festgesteinsgrundwässer aus dem Bani Quarzit des Anti-Atlas erfolgt. Die extrem hohe Mineralisierung mancher Porengrundwässer ist im Wesentlichen auf die Verdunstung des einsickernden Drâa-Wassers und die Auswaschung von Salzen in den alluvialen Sedimenten zurückzuführen.

Die Arbeiten an der Karte der Bodeneigenschaften des Drâaeinzugsgebietes haben begonnen und eine erste Analyse zur Abschätzung der Bodendegradation mit Hilfe der Stauraumverlandung des Mansour Eddahbi liegt vor. Aus den Verlandungsdaten ist eine mittlere Erosion von 300-400 t/km²/Jahr abzuleiten. Zukünftig soll die Bodenerosion durch das physikalisch basierte Modell PESERA (Pan European Soil Erosion Risk Assessment) weiter untersucht werden.

Workpackage B2-1: Klima-ökologische Regionalisierung: Extrapolation der Wasserbilanz einzelner Testeinzugsgebiete nach klima-ökologischen Kriterien von der lokalen auf die regionale Skala

Die Hauptziele der Untersuchungen sind einerseits die Weiterführung der Messprogramme und Feldexperimente und andererseits Versuche, um durch upscaling die für einzelne repräsentative Experimentier- und Messstellen gesammelten Informationen und Messwerte auf Teilregionen des Drâaeinzugsgebietes zu extrapolieren. Dazu sind spezielle Messungen zur Verdunstung und die Fortführung des Klimamessprogrammes unumgänglich. Zur Regionalisierung wird das Modell MMS (Modular Modelling System), Teilprogramm PRMS (Precipitation Runoff Modelling System) zum Einsatz kommen.

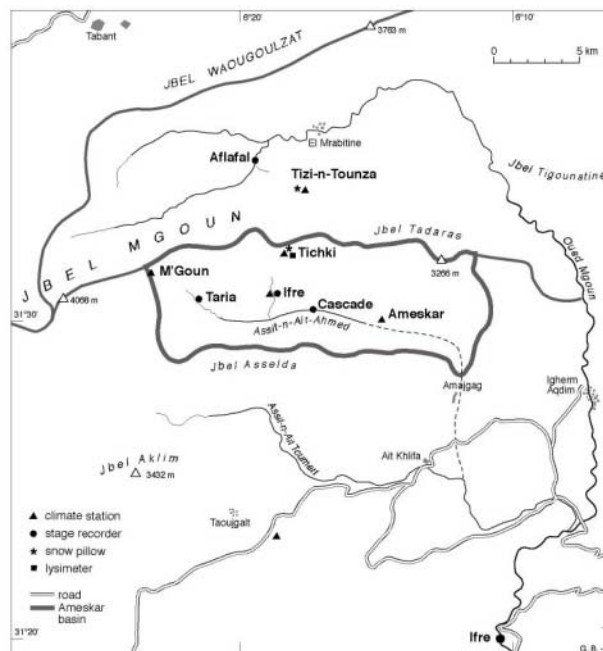


Abb. B2-1: Das Untersuchungsgebiet im Hohen Atlas mit dem erweiterten hydro-klimatologischen Messnetz.

Die Klimamessungen an den vorhandenen Stationen wurden wie in den letzten Jahren weitergeführt. Im Vergleich zu den Vorjahren war das Winterhalbjahr 2003/04 wesentlich feuchter und begann mit Hochwasser im September 2003. Die dabei im Gebirge auftretenden Spitzenabflüsse verursachten lokal einige Schäden. Beispielsweise wurde der Pegel Cascade durch eine Sedimentwelle verschüttet und musste oberhalb der alten Stelle beim Wasserfall neu eingerichtet werden. Die Weiterführung des Messprogramms erforderte auch eine bessere Abstimmung zwischen den bestehenden Klimastationen und Pegelstellen. In diesem Zusammenhang wurden, um den Modellanforderungen für die Einzugsgebiete im Hohen Atlas besser gerecht zu werden, zwei Pegel aus dem Vorland des Drâa ins Gebirge umgesetzt und die Pegelstellen Tichki Dorf (Ameskartal) und Aflafal (Ousirimttal) (Abb. B2-1) neu eingerichtet. Außerdem wurden die schneehydrologischen Untersuchungen intensiviert durch die Einrichtung von zwei snow pillows (= Schneelysimeter) bei den meteorologischen Stationen Tichki und Tizi Tounza. Beide Stationen funktionieren und haben sich bereits bewährt (vergleiche Bericht B2-2). Im April 2004 wurde außerdem ein Lysimeter zur Bestimmung der Evapotranspiration einer Igelpolsterpflanze ebenfalls bei der Station Tichki installiert. Mit diesen Einrichtungen ist es nunmehr möglich, den Anforderungen für die hydrologischen Modellierungen besser gerecht zu werden. Erste Datensätze wurden bereits zur Validierung des hydrologischen Modells Ameskar genutzt.

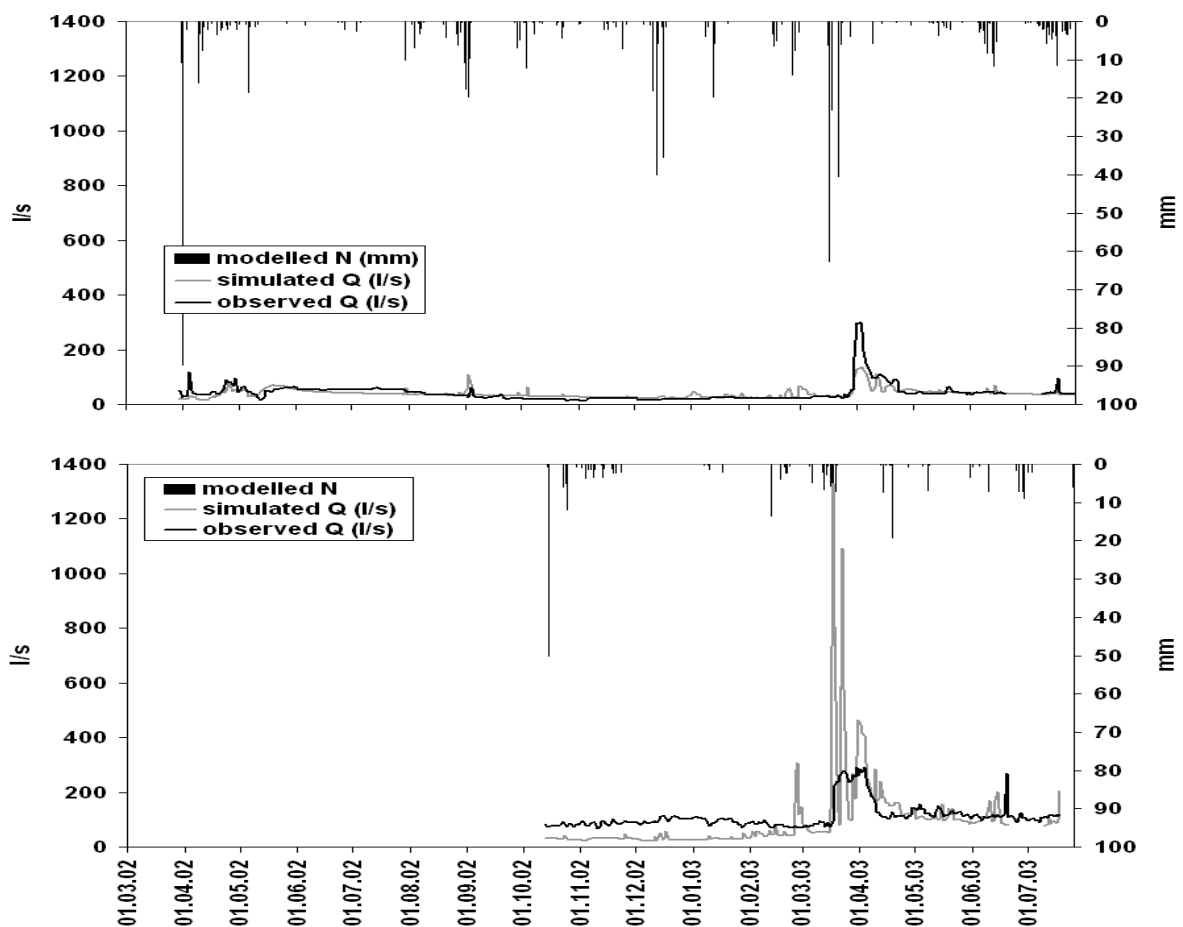


Abb. B2-2: Beobachtete und modellierte Abflüsse für die Pegel a) Taria (5,5 km²) and b) Cascade (53 km²) (Okt. – Juli 2003).

Entsprechend den im Antrag definierten Meilensteinen soll zunächst über die räumliche und zeitliche Dynamik der Abflüsse der Testgebiete berichtet werden. Für das Einzugsgebiet Ameskar wurden die Abflussmessstellen Taria (5.5 km²) und Cascade (53 km²) bearbeitet. Das Testgebiet Taria liegt am Fuß des M'Goun in einer Höhe von 2752 m und Cascade liegt 600 m tiefer in einer Höhe von 2195 m. Die Modellierung wurde nur bis Cascade durchgeführt, da wenig unterhalb die normalen Abflüsse im Wadi versickern und als Grundwasser weiterfließen. Entsprechend den Anforderungen des Modells wurden in diesem Zusammenhang zunächst eine hochaufgelöste GIS Datenbank für die Parameter Topographie, Geomorphologie, Bodenfeuchte, Vegetation und Hydrogeologie erstellt. Mit Hilfe des pre-prozessor Programmes GIS-Weasel wurden diese Daten für das MMS Modell aufbereitet um die HRUs (Hydrological Response Units = Gebiete mit einheitlicher hydrologischer Reaktion) zu erzeugen. Anschließend wurde das PRMS erfolgreich eingesetzt, um für die Niederschlagsperiode von Oktober bis Juli 2003 die Abflüsse an den Pegeln Taria und Cascade zu simulieren. Erste Ergebnisse zeigen hohe Beträge für den Basisabfluss (etwa 40%) und den unterirdischen Abfluss (de Jong et al. 2004). Beim Pegel Cascade fließen nur noch 11 % der Niederschläge oberflächlich ab. Bei allen bisher gemessenen Hochwasserereignissen spielt der Zwischenwasserabfluss eine große Rolle. Das rasche Füllen und Entleeren der Wasserspeicher in der Nähe des Vorfluters erzeugt Pegelgänge mit ausgesprochen steilen Flanken und kaum einer Asymmetrie zwischen dem Volumen der ansteigenden und der abfallende Welle. Trotz der geomorphologisch-geologischen Komplexität der beiden Einzugsgebieten (Abb. B2-2) ergibt sich eine hohe Korrelation zwischen den modellierten und beobachteten Abflüssen. Bei der Beurteilung der jetzt vorliegenden Daten ist zu berücksichtigen daß die Pegelkennkurve an beiden Pegel für Abflüsse mit mehr als 100 l / s bislang nicht kalibriert ist. Daher ist es schwierig die Über- bzw. Unterschätzung zwischen Modell und Pegel beim Hochwasser vom 4. April zu beurteilen. Die Regionalisierung mit Hilfe des MMS wurde im Testgebiet Tal Ameskar erfolgreich durchgeführt. Die vorliegende Studie zeigt die großen Möglichkeiten in der Anwendung des MMS Systems in kleinen komplexen Einzugsgebieten. Auf dieser Grundlage sollen in Zukunft auch die größeren benachbarten Einzugsgebiete bearbeitet werden.

Im Zusammenhang mit der IMPETUS-Tagung im April 2004 in Ouarzazate zum Thema "Integrated Water Resources Research and Management", organisiert von B2 (de Jong), B3 (Burkhardt) und der ORMVAO, war es möglich, mit den marokkanischen Fachkollegen auch die Probleme des Wassermanagements zu besprechen und klima-hydrologische Berichte und Daten auszutauschen. Im Zentrum der Unterredungen standen die wasserwirtschaftlichen Probleme des Stauraums el Mansur Eddahbi. Die Stauraumsedimentation ist erheblich und die zunehmenden Probleme der Bodenversalzung in den Bewässerungsarealen im Drâa Unterlauf erfordern ebenfalls dringend einer genaueren Analyse. Der Managementplan der DRH Agadir (Amt für Regionale Hydrologie) für das obere und mittlere Drâaeinzugsgebiet steht zur Verfügung und wird bei den Diskussionen um die Szenarien berücksichtigt.

Workpackage B2-2: Schneeklimatologie und -hydrologie im Hohen Atlas

Zielsetzung für die 2. Projektphase ist der Ausbau des Messnetzes, sowie weitere Messkampagnen zur allgemeinen Schneehydrologie und speziell zur Prozessanalyse. Im Mittelpunkt stehen

Untersuchungen zur Winddrift und zur Schneeverteilung in Wechselwirkung mit der Vegetation. Im Zusammenhang mit weiterführenden Szenarienrechnungen müssen Fragen der Anwendbarkeit und der Regionalisierung ausgewählter Schneeschmelzmodelle untersucht werden.

Das Messnetz im Hohen Atlas wurde im Herbst 2003 weiter ausgebaut. Mit Unterstützung von zwei erfahrenen Mitarbeitern des United States Department of Agriculture (USDA) wurden zwei snow pillows (Schneelysimeter) an den IMPETUS-Klimastationen Tichki (3260m) und Tounza (2960m) installiert. Die Datenerfassung des Schneegewichts bzw. des Schneewasseräquivalents erfolgt über die Datalogger der Klimastationen. Außerdem wurden zur Messung der Schnee- bzw. Bodenoberflächentemperaturen die drei höchsten Stationen M’Goun (3850m), Tichki (3260m) und Tounza (2960m) mit Infrarot-Sensoren und Schneepaketthermometern nachgerüstet. Diese Daten charakterisieren den Energiezustand der Schneedecke, der zusammen mit den atmosphärischen Bedingungen Hinweise auf die vorherrschende Prozesse (Schmelze, Sublimation) gibt und damit es ermöglicht, die Frage nach dem Verbleib des als Schnee gefallenen Niederschlags zu beantworten. Die Daten der neuen Instrumente sind einerseits Startwerte zur Modellierung und dienen andererseits zur Validierung des zeitlichen Verlaufs des Schneewasseräquivalents, der Schneeschmelze, der Sublimation und der Schneetemperaturen. Das in Kooperation mit B2-1 im Frühjahr 2004 an der Station Tichki (3260m) eingebaute elektronisch registrierende Lysimeter soll Hinweise auf die Höhe der Evapotranspiration unter dem Einfluss der Schneebedeckung bzw. ohne Schnee geben.

Die Daten der Klimastationen zeigen, dass im Vergleich mit dem Winter 2001/2002 der Winter des Jahres 2002/03 feuchter war. Die Jahressummen des hydrologischen Jahres 2002/03 (Oktober bis September) an den drei südexponierten Stationen im M’Goun-Gebiet zeigen 40 bis 100% mehr Gesamtniederschlag. Die Variabilität im Verhältnis von Schnee zu Regen zeigt für die beiden Vergleichsjahre Abb. B2-3.

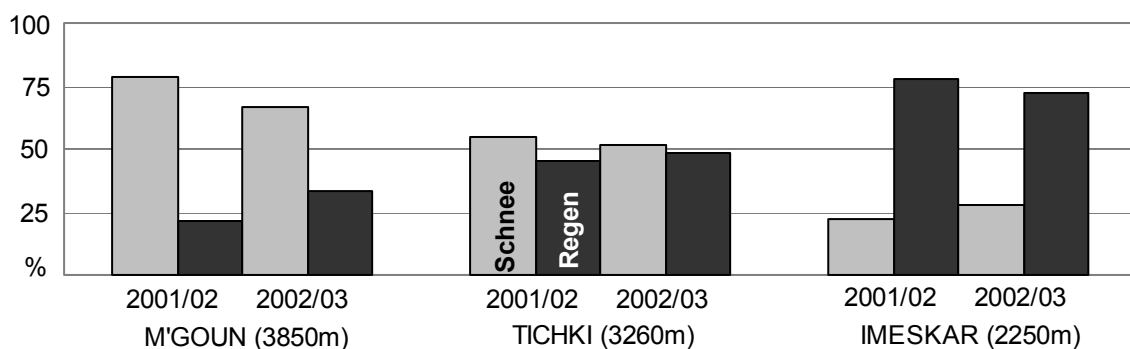


Abb. B2-3: Anteil von Schnee und Regen am Gesamtniederschlag (Oktober – September) für drei Stationen. Berechnung: Wasseräquivalent der Schneedecke: Neuschneehöhe (cm) mal Dichte (0,15); Flüssigniederschlag (ohne Schneeschmelze) plus 20%.

Mit Hilfe der Ergebnisse der snow pillows konnte nachgewiesen werden, dass im Vergleich zu den früheren Messungen die Höhe des Schneewasseräquivalents (SWE) an den drei windexponierten Klimastationen bisher unterschätzt wurde. Für die Ableitung des SWE aus den Messdaten der Schneehöhe ist die angenommene mittlere Dichte von Neuschnee für diese drei Stationen von $0,1 \text{ g/cm}^3$ auf $0,15 \text{ g/cm}^3$ zu erhöhen.

Die Messungen und Beobachtungen des Ausaperungsverlaufs im Winter 2003/04 dienen zur Parameterkalibrierung und Validierung der Schneeschmelzmodellierung mit dem Utah Energy Balance Model UEB (Tarboton & Luce, 1996). Für den Verlauf der Ausaperung an der Klimastation Tounza im Winter 2003/2004 zeigt das UEB Model für zwei Schneebedeckungsphasen mit jeweils zwei größeren Schneefallterminen eine gute Übereinstimmung zwischen Messung und Modellierung (Abb. B2-4).

Aus der modellierten Massenbilanz des Schneewasseräquivalents wird deutlich, dass während der beobachteten Wintermonate bei überwiegend hohem Dampfdruckdefizit und negativen Temperaturen der Luft die Sublimation des Schnees dominiert. Erst im März 2004 steigen die Temperaturen deutlich über die 0°C-Grenze, führen zur Isothermie der Schneedecke bei 0°C und verursachen Schneeschmelze. Die gemessene längere Andauer der Schneebedeckung und die vom Modell berechnete komplette Schmelze des Restschnees am 12. März lassen sich noch nicht zur Deckung bringen. Von den zwischen November und März an der Station Tounza gemessenen 180 mm Schneewasseräquivalent sind nach Modellrechnungen 100 mm sublimiert und verdunstet, das entspricht einem Anteil von 55%. Die Daten nach dem 31. März 2004 liegen noch nicht vor. Es ist zu erwarten, dass die Schmelze der letzten beobachteten Schneefälle im Frühjahr 2003 den prozentualen Anteil der Schneeschmelze erhöhen wird. Die Ergebnisse an der untersten Schneestation Imeskar dokumentieren ebenfalls einen großen wasserwirtschaftlichen Verlust durch Sublimation. Mit diesen Beobachtungen werden die bisherigen Einzelmessungen mit Schneeblechen im Umfeld der Station M'Goun bestätigt. Mit dem kalibrierten Modell können nunmehr die vergangenen Winter an den drei höchsten Stationen nachmodelliert werden. Außerdem soll ein vereinfachtes konzeptionelles Modell der Ausaperung getestet werden.

Mit Hilfe der Satellitenfernerkundung der Schneeverbreitung wurden die Entwicklung von Karten der Schneebedeckung für den Hohen Atlas mit MODIS-Szenen fortgesetzt. Für die Winter 2002/2003 und 2003/2004 konnten jeweils ca. 50 Szenen für das engere Arbeitsgebiet M'Goun genutzt werden. Etwa 5-10 Zyklen von Schneefall- und Ausaperung traten im M'Goun-Gebiet typischerweise auf. Allerdings kam es im Winter 2002/03 erstmals zu einer tiefreichenden Ausaperung so dass sowohl die süd- wie die nordexponierte Zone oberhalb von 3500 m mehrfach annähernd schneefrei war.

Durch partielle Wolkenbedeckung sind nicht alle Aufnahmezeitpunkte von Modis für das gesamte Drâa-Einzugsgebiet nutzbar. Bei den anstehenden Modellierungen für das Gesamtgebiet muss häufig zwischen den nächstliegenden Zeitpunkten interpoliert werden. Die Wahl des Schwellwertes 0,4 beim Normalised Difference Snow Index NDSI für Pixel mit mehr als 50% Schneebedeckung konnte durch eine unabhängige Analyse des Zusammenhangs von NDSI und Bedeckungsgrad mit Hilfe einer hochaufgelösten Aster-Szene (15m) bestätigt werden. Über diese binäre Klassifizierung hinaus, soll die Umsetzung zur Abschätzung der prozentualen Schneebedeckung nach der Methode von Salomonson & Appel (2004) untersucht werden. Dabei ist das Ziel, die häufig beobachtete, feiner als MODIS (500 m) aufgelöste fleckenhafte Schneebedeckung und Ausaperung bei der Analyse zu berücksichtigen.

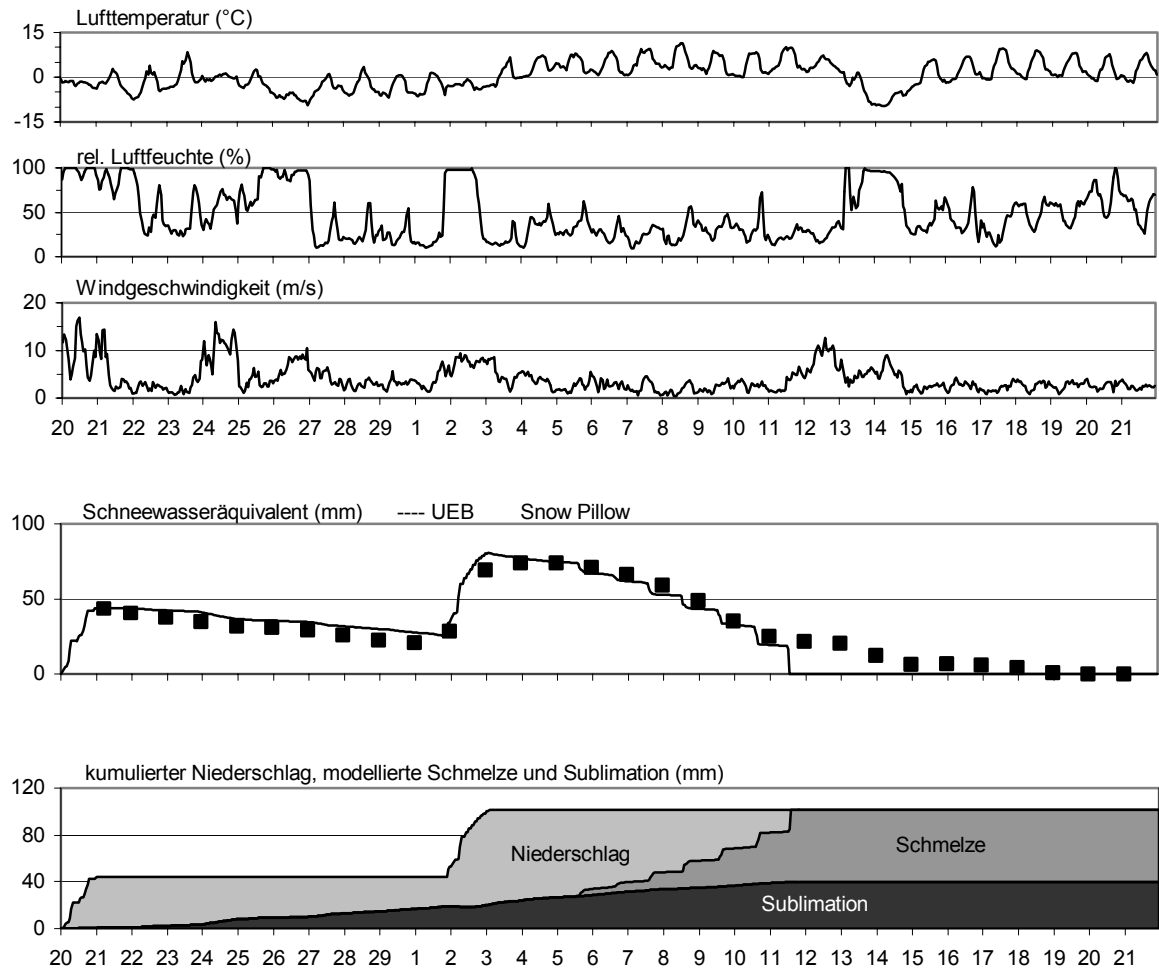


Abb. B2-4: Klimadaten sowie modellierte und beobachtete Schneewasseräquivalente, Schmelze und Sublimation an der Station Tounza (2960m) im Hohen Atlas vom 20.2. bis 21.3.2004. Schneewasseräquivalent UEB, Schmelze und Sublimation sind Modellergebnisse des Utah Energy Balance Models.

Workpackage B2-4: Bodeneigenschaften und Bodendegradation auf der regionalen Skala

Ziele des Teilprojektes B2-4 in der zweiten Projektphase sind die Entwicklung einer Karte der Bodeneigenschaften und von Karten zur Abschätzung des Bodendegradationsrisikos im regionalen Maßstab. Die in der ersten Phase erhobenen Bodendaten dienen als Grundlage für die Generierung von Karten der Bodeneigenschaften (Abb. B2-5). Als erster Teilschritt wurde ein Regionalisierungsansatz für die Ableitung der Bodeneigenschaften getestet. Außerdem wurde das Modell PESERA zur Abschätzung des Bodendegradationsrisikos ausgewählt. Allerdings kann dieses Modell nur die Erosion durch fließendes Wasser beschreiben und enthält keine Lösung zur Bestimmung der Winderosion.

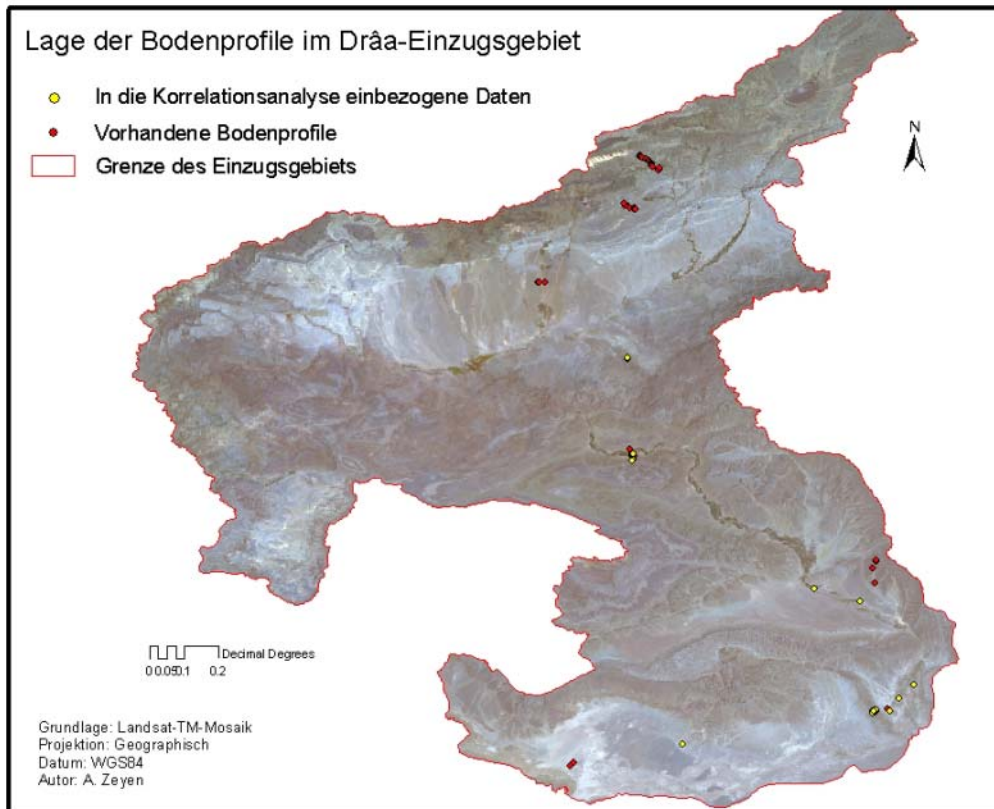


Abb. B2-5: Lage der Bodenprofile und insbesondere der für die Korrelationsanalyse genutzten Bodenprofile im Drâa-Einzugsgebiet.

Entwicklung einer Karte der Bodeneigenschaften im Einzugsgebiet des Drâa

In der Karte der Bodeneigenschaften werden Gebiete mit ähnlichen Bodeneigenschaften definiert. Als Grundlage für die räumliche Zonierung dienen Areale mit untereinander vergleichbaren klimatischen Bedingungen (Niederschläge und Temperaturen), sowie ähnlicher geologischer und geomorphologischer Ausstattung. Für diese Landschaftseinheiten werden dann über Korrelationsrechnungen Beziehungen zwischen dem digitalen Geländemodell und abgeleiteten primären (Hangneigung, Exposition, etc.), sekundären (topographischer Index, Streampower Index etc.) und tertiären (morphometrische Einheiten) Parametern und den Bodeneigenschaften (z.B. Mächtigkeit des A-Horizonts, Textur, Skelettgehalt etc.) berechnet. Auf diese Weise wird die Eignung solcher Parameter als Kovariable für die Bestimmung der Bodencharakteristika überprüft.

Mit Hilfe der von B. Chafik erhobenen Bodendaten und einem aus ASTER-Daten generierten DGM (Zellgröße 30*30 m) wurden Korrelationen zwischen Bodeneigenschaften und Reliefparametern berechnet (Tab. B2.1). Es ergaben sich zwischen den bisher einbezogenen Bodeneigenschaften und den Reliefparametern allerdings nur schwache Korrelationen. Die dunkelgrau hervorgehobenen Felder weisen einen Pearson-Koeffizient von $> 0,5$ auf. Aus der Matrix zeigt sich, dass vor allem die anorganische Komponente des Kohlenstoffs aus den Reliefparametern ableitbar ist. Darüber hinaus besteht eine schwache Korrelation zwischen Hangneigung und dem Sand- und Schluffgehalt (gemittelt über das gesamte Bodenprofil). Es wurden die Daten von

zunächst 29 Bodenprofilen einbezogen, in Zukunft muss der Umfang dieser Stichprobe deutlich vergrößert werden.

Tab. B2.1: Pearson-Korrelationskoeffizienten zwischen ausgesuchten Bodeneigenschaften und topographischen Parametern (n=29). a) für den A-Horizont, b) gewichtete Mittel aller Horizont. C_{org} = organischer Kohlenstoff, Ct = Kohlenstoff gesamt, Nt = Stickstoff gesamt, EC = elektrische Leitfähigkeit, SCI = Surface Curvature Index, Krü. = Krümmung, UA = upslope Area, LS = LS-Faktor nach der USLE, Krü. hor. = Krümmung horizontal, Krü. Hang = Krümmung in Hangrichtung, Neig. = Neigung, SPI = Streampower Index, TI = Topographic Wetness Index.

a)	Tiefe	Skelett- gehalt	Sand- gehalt	Schluff- gehalt	Ton- gehalt	pH-Wert	C _{org}	Ct	Nt	C / N	EC	CaCO ₃	Gips	Org. Subst.
Expos.	0.3175	-0.0877	-0.0257	-0.3116	-0.2296	-0.1032	-0.0011	0.0664	-0.0671	0.1027	-0.1308	0.1435	-0.3002	-0.0011
SCI	-0.2592	0.0993	0.3543	0.3070	0.3257	-0.1640	0.0457	0.2892	0.1424	0.3860	0.0045	0.5308	0.0593	0.0457
Krü.	-0.1638	0.0480	0.3439	0.3339	0.2973	-0.1484	-0.0119	0.1988	0.1005	0.2756	0.0119	0.4410	0.0835	-0.0119
Höhe	-0.1713	-0.1432	-0.0353	-0.2905	-0.0377	0.4812	0.0474	-0.2031	0.3112	-0.5422	-0.3061	-0.5514	-0.1887	0.0474
UA	-0.1016	-0.1544	-0.0106	0.0214	-0.0192	0.0415	-0.0167	-0.1050	0.1558	-0.2557	-0.0648	-0.3012	-0.0631	-0.0167
LS	0.1374	-0.0581	-0.4817	-0.4324	-0.3158	0.3458	-0.1903	-0.4525	-0.1046	-0.5192	-0.2608	-0.6294	-0.1354	-0.1702
Krü.hor.	-0.0318	-0.0052	0.3257	0.1765	0.2278	-0.0969	-0.1050	0.0442	-0.0201	0.1575	-0.0535	0.3475	0.0893	-0.1050
Krü. Hang	0.2118	-0.0694	-0.3130	-0.3750	-0.2881	0.1573	-0.0368	-0.2412	-0.1459	-0.3035	-0.0438	-0.4371	-0.0708	-0.0368
Neig.	0.1938	-0.0141	-0.3043	-0.4068	-0.1489	0.3436	-0.2043	-0.3570	-0.0865	-0.3352	-0.3245	-0.3646	-0.1797	-0.2043
SPI	-0.1508	0.0595	-0.1380	0.0878	-0.1057	0.0095	0.1296	-0.1263	0.1690	-0.3527	0.1573	-0.5538	-0.0994	0.1296
TWI	-0.1508	0.0595	-0.1380	0.0878	-0.1057	0.0095	0.1296	-0.1263	0.1690	-0.3527	0.1672	-0.5579	-0.0994	0.1296
b)	Tiefe	Skelett- gehalt	Sand- gehalt	Schluff- gehalt	Ton- gehalt	pH-Wert	C _{org}	Ct	Nt	C / N	EC	CaCO ₃	Gips	Org. Subst.
Expos.	0.2419	-0.1519	-0.1028	-0.1831	-0.1446	-0.1015	-0.2339	0.0182	-0.108	-0.059	-0.0589	0.1772	0.0004	-0.2339
SCI	0.3100	-0.1608	0.01552	0.0453	-0.02911	-0.2651	-0.0523	0.1146	-0.006	0.097	0.2076	0.2076	0.0964	-0.0523
Krü.	0.3149	-0.1254	0.0091	0.0527	-0.04621	-0.2175	-0.1358	0.0093	-0.004	0.0115	-0.0108	0.1472	0.1472	-0.1357
Höhe	-0.2333	0.1628	-0.1601	-0.4137	-0.2809	0.2456	-0.1916	-0.508	-0.156	-0.58	-0.3067	-0.5973	-0.1916	-0.1916
UA	-0.0175	-0.1641	-0.0388	0.1467	-0.0351	0.0797	0.08785	-0.122	0.2267	-0.203	-0.0627	-0.2368	-0.0951	0.0879
LS	-0.2181	0.1969	-0.5333	-0.5303	-0.3774	0.1658	-0.2867	-0.555	-0.203	-0.555	-0.2259	-0.6193	-0.186	-0.2867
Krü.hor.	0.1132	-0.1480	0.0196	-0.1123	-0.1639	-0.1156	-0.2217	-0.105	-0.239	0.0078	-0.0515	-0.0075	0.1926	-0.2217
Krü. Hang	-0.3807	0.0993	-0.0027	-0.1304	-0.0190	0.2439	0.0762	-0.0665	-0.116	-0.012	-0.0111	-0.1555	-0.107	0.0762
Neig.	-0.0338	0.2249	-0.5642	-0.5929	-0.3801	0.0878	-0.4102	-0.5572	-0.2306	-0.555	-0.2712	-0.5397	-0.1670	-0.4102
SPI	-0.3199	0.0132	0.0112	0.1566	0.0549	0.1061	0.3022	-0.0984	0.2199	-0.1679	0.1598	-0.3425	-0.2415	0.3022
TWI	-0.3199	0.0132	0.0112	0.1566	0.0549	0.1061	0.3022	-0.0984	0.2199	-0.1679	0.1598	-0.3425	-0.2415	0.3022

Bodendegradation und Sedimentation des Stauraumes el Mansour

Das Einzugsgebiet des Drâa ist stark vom Problem der Bodenerosion betroffen. Die Bodenerosion erreicht besonders hohe Werte im Becken von Ouarzazate und führt im Stauraum El Mansour Eddahbi zu grossen Raten der Sedimentation (LAHLOU, 1996). Der nördliche Teil des Drâa Untersuchungsgebietes ist etwa 15.000 km² groß. Bei Fertigstellung hatte der Stausee 1972 eine Kapazität von $592 \cdot 10^6$ m³ Wasser. Bis 1988 wurden bereits $63 \cdot 10^6$ m³ Sediment eingetragen, die Kapazität des Stausees ist um ca. 10% auf $529 \cdot 10^6$ m³ gesunken. Aus diesen Daten wurde für das Einzugsgebiet des Mansour Eddahbi ein jährlicher Sedimentertrag von ca. 400 t/km² berechnet (LAHLOU, 1996). MEDDI et al. (1998) entwickelten eine Regressionsgleichung, mit deren Hilfe sie die in Stauseen eingetragene Sedimentmenge aus der Größe des Einzugsgebiets und dem Zufluss abschätzen. Daraus ergab sich für die Jahre 1979-88 ein mittlerer jährlicher Eintrag von 340 t/km²/Jahr, d.h. eine Abweichung von 15% zu den von LAHLOU (1996) errechneten Werten. Von 1989 bis 2001 ergibt sich ein durchschnittlicher jährlicher Sedimenteintrag von 312 t/km²/Jahr. Diesen Berechnungen zufolge würden in den Jahren von 1972 – 2020 insgesamt $229 \cdot 10^6$ t Sediment eingetragen, was einem Kapazitätsverlust von etwa 26% entspricht (Abb. B2-6).

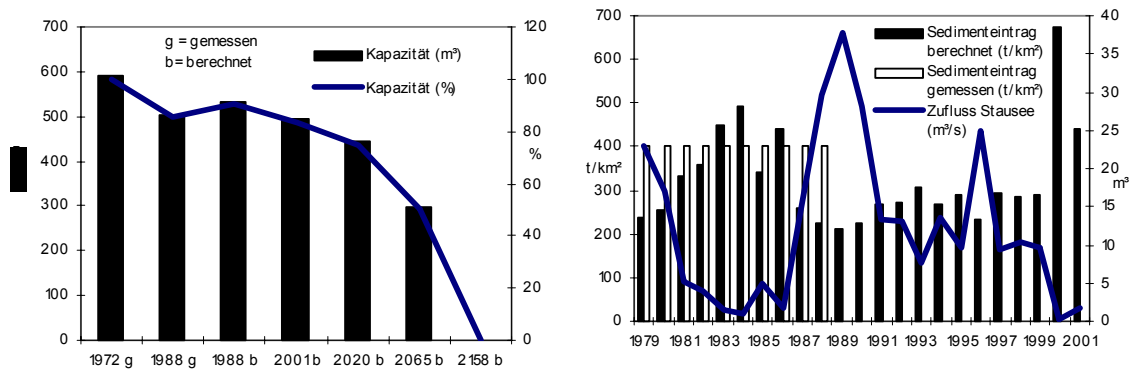


Abb. B2-6: a) Kapazitätsverlust des Stausees Mansour Eddahbi für ausgewählte Jahre. b) Sedimenteintrag in den Stausee Mansour Eddahbi von 1979 – 1988 gemessen und von 1979 – 2001 berechnet sowie Zufluss in den Stausee.

Modellierung der Bodenerosion

Für die Modellierung der Bodenerosion wird in Zukunft ein stärker physikalisch basiertes Modell eingesetzt: PESERA (Pan European Soil Erosion Risk Assessment). Dieses Modell wurde von IRVINE & KIRKBY (2003) im Rahmen des gleichnamigen Projektes entwickelt und ist angepasst an semi-aride Gebiete mit geringer Datenverfügbarkeit. Aktuell werden die dafür benötigten Informationen aufbereitet, so dass im nächsten Schritt Werte zur Bodenerosion berechnet und mit den Sedimentationsdaten des Stausees verglichen werden können.

Workpackage B2-5: Prognose des Grundwasserdargebotes im Drâa-Einzugsgebiet

Ziel des Workpackages ist die quantitative und qualitative Erfassung des Grundwasserdargebotes im geologisch und hydrogeologisch sehr heterogen und anisotrop aufgebauten Drâaeinzugsgebiet

und dessen Prognostizierung in verschiedenen Szenarien. Da die Entwicklung eines regionalen numerischen Grundwasserströmungsmodells aufgrund der Komplexität der Aquifersysteme und der nicht ausreichenden Datenlage wenig zielführend ist, wird für die Prognose des Grundwasserseingangs ein einfacher, niedrig parametrisierter Modellansatz zur Abschätzung der Speicher- und Durchflusseigenschaften der Aquifere gewählt.

Das Obere Drâaeinzugsgebiet ist durch die drei hydrogeologisch unterschiedliche Haupteinheiten Hoher Atlas, Vorlandbecken von Ouarzazate und Anti Atlas charakterisiert, die durch ein niedrig parametrisiertes Speicher-Kaskaden-Modell abstrahiert werden können (Abb. B2-7). Die einzelnen Einheiten sind eindeutig anhand der jeweiligen hydrogeologischen und geologischen Parameter definiert.

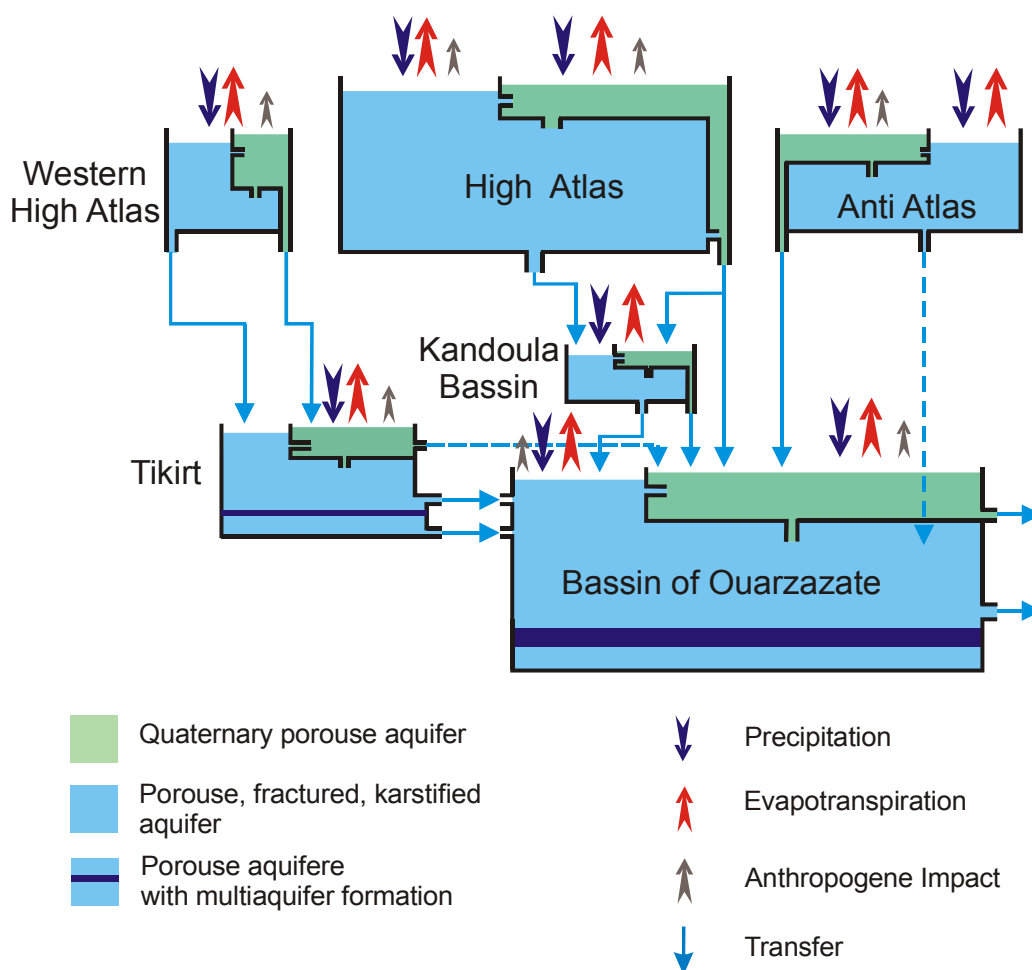


Abb. B2-7: Speicher-Kaskaden-Modell des oberen Drâaeinzugsgebietes.

Basierend auf dem konzeptionellen, mesoskaligen Modells des Assif n'Ait Ahmed Einzugsgebietes können die Speicher- und Durchflusseigenschaften des gesamten Kalk-Atlas zunächst grob abgeschätzt werden (Abb. B2-8). Das in der ersten Projektphase begonnene isotohydrologische Monitoring (monatliche Niederschlagsproben aus den IMPETUS-Klimastationen, sowie zweijährliche Übersichtbeprobungen ausgewählter Grund- und Oberflächenwässer) erlaubt eine erste Charakterisierung der Input- und Outputkonzentrationen

(Abb. B2-9). Für den erfolgreichen Einsatz eines Speicher-Durchfluss-Modells, das für die notwendige Quantifizierung verwendet werden soll, wird das Monitoring fortgesetzt, um die erforderliche Langfristigkeit der Beobachtungsreihe für eine Modelleichung zu erreichen. Eine Schlüsselfunktion im Hinblick auf die Inputfunktionen der Umwelttracer weist der Schneespeicher im Hohen Atlas auf. Im Frühjahr 2004 wurden gemeinsam mit dem Workpackage B2-2 horizontierte Schneeeproben entnommen, deren Analysen zur Zeit noch in Bearbeitung sind, um so die Änderung der isotopischen Signatur mit zunehmender Kompaktierung des Schnees zu erfassen und damit den Input von dem zwischengespeicherten Schneeabfluss zu quantifizieren. Zusätzliche Informationen zu den abflussfähigen und damit nachhaltig nutzbaren Grundwassermengen im Hohen Atlas wird von dem im Frühjahr 2004 installierten automatischen Probensammler erwartet. Auf der Basis von ausgewählten hydrochemischen sowie isotopischen Kennwerten können so über Hydrograph-Separationen quantitative hydrologische und hydraulische Kennwerte ermittelt werden.

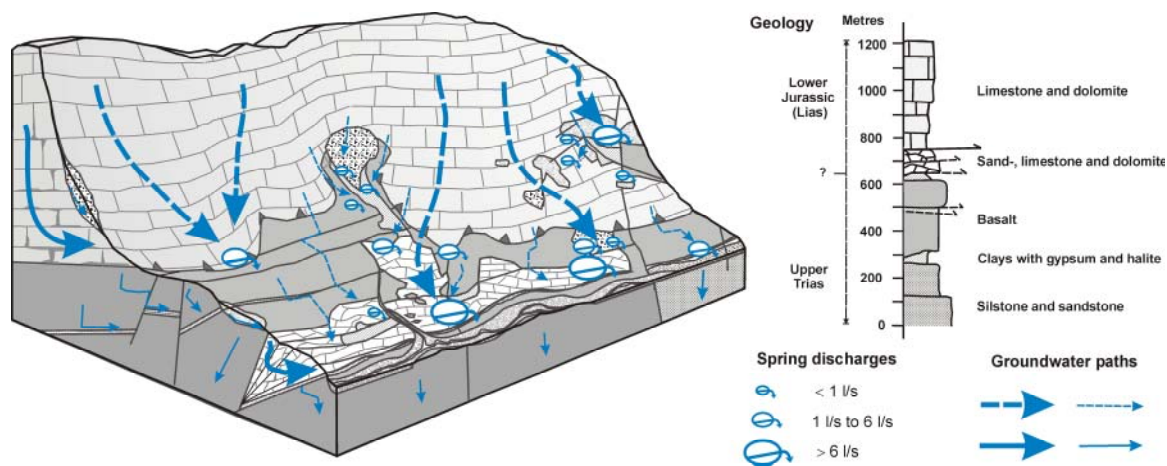


Abb. B2-8: Konzeptionelles hydrogeologisches Modell für das Einzugsgebiet von Assif-n-Ait-Ahmed.

Während für die Quantifizierung des Grundwasserdargebots des Hohen Atlas mit einem Speicher-Durchfluss-Modell ein sogenanntes Black-Box-Modell zum Einsatz kommt, ist für die zweite hydrogeologische Einheit, das mit mesozoischen bis quartären Sedimenten gefüllte Becken von Ouarzazate die Datenbasis ausreichend, um ein numerisches Modell (MODFLOW) anzuwenden. Das in mehrere Grundwasserstockwerke gegliederte Porenquifersystem kann strukturell hinreichend genau beschrieben werden. Mit dem in der ersten Phase begonnene Monitoring (physiko-chemische Parameter, Umweltisotope, Grundwasserstände) ist eine klare Unterscheidung der verschiedenen Komponenten möglich. Trotz Überlagerung durch Evaporationseffekte weisen die Isotopensignaturen der verschiedenen Beckenwässer deutliche Übereinstimmung mit den Wässern aus der angrenzenden Gebirge auf, so dass für die sehr jungen (rezent) bis älteren (400-1500 Jahre) Beckenwässer die Gebirge als Grundwasserneubildungsgebiete angesehen werden können. Zur Verifizierung dieser Grundwasserneubildung wurden im Frühjahr 2004 automatische Grundwasserstandsmesser installiert.

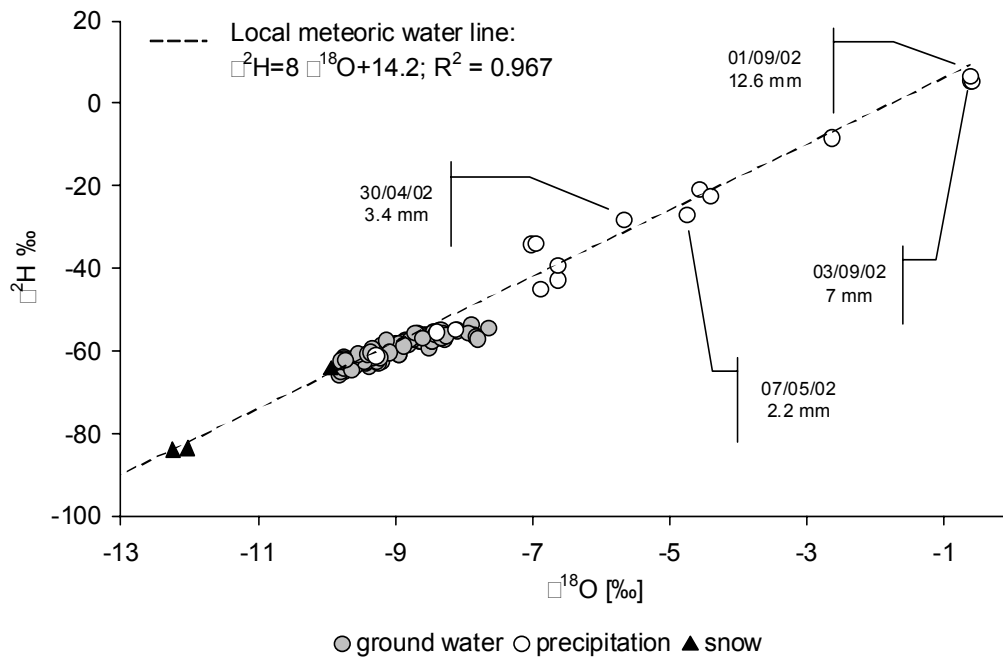


Abb. B2-9: $\delta^{18}\text{O}$ gegen $\delta^2\text{H}$ für Grundwasser, Regen und Schnee im Hohen Atlas. Die lokale, meteorische Wasserlinie wurde von regelmäßigen Niederschlagsproben an den IMPETUS-Stationen abgeleitet.

Vergleichbar mit dem Hohen Atlas erfolgt die Quantifizierung der Grundwasserressourcen für den Anti Atlas mit Hilfe eines Speicherdurchfluss-Modells. Die hydrogeologische Beschreibung des Anti-Atlas basiert auf den detaillierten Untersuchungen der IMPETUS-Testflächen Bou Skour, repräsentativ für den Präkambrischen Sockel und Argioum, als Beispiel für die gering deformierten paläozoischen Deckschichten, die im Kontext der ersten Projektphase durchgeführt wurden. Die für eine Bewertung der Speichereigenschaften des Anti Atlas wichtige Interaktion zwischen dem quartären Porenquifersystem des Wadi Drâa und den Festgesteinsgrundwasserleiter wird anhand von Untersuchungen in der Ktaoua Oase abgeklärt. Hydrochemisch eindeutig nachweisbar ist die Speisung des Porenquifers durch Festgesteinsgrundwasser aus dem Bani Quarzit (Abb. B2-10). Die im Vergleich zum Festgesteinsgrundwasser (z.B. $779 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) extrem hohe Mineralisierung mancher Porengrundwasser (z.B. $16.830 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) ist im Wesentlichen auf die Verdunstung des einsickernden Drâa-Wassers und die Auswaschung von Salzen in den alluvialen Sedimenten zurückzuführen. Aufgrund der jetzt durchgeführten Untersuchungen wird zurzeit der ursprüngliche Ansatz den gesamten Anti Atlas als einen Speicher mit einer definierten Input-Output-Beziehung zu beschreiben, überarbeitet.

Nach erfolgreicher Parametrisierung der verschiedenen Teileinheiten des Drâa Einzugsgebiets werden diese zu einer Speicherkaskade kombiniert, um so die Quantifizierung der abflussfähigen und damit nachhaltig nutzbaren Grundwassermengen sowie ihrer zeitlichen Variabilität für das Gesamteinzugsgebiet zu ermöglichen.

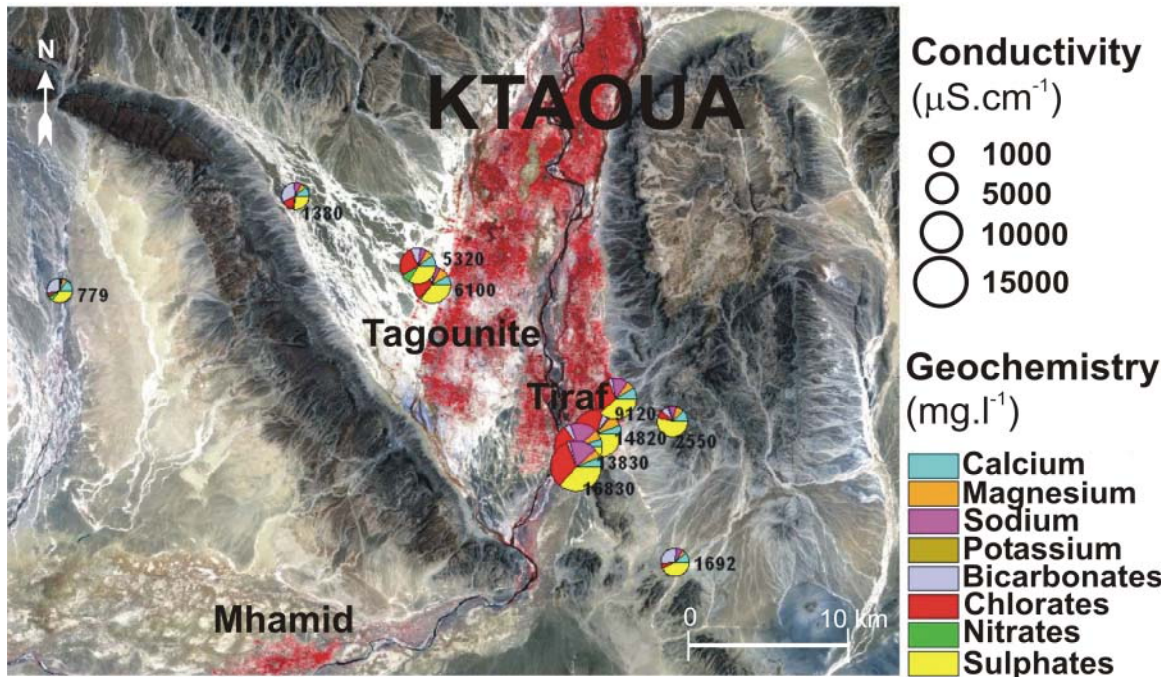


Abb. B2-10: Anti Atlas: chemische Komposition von unterschiedlichen Brunnen in der Ktaoua Palmerie. Die Brunnen zeigen eindeutig unterschiedliche Speisung durch ihre Mineralzusammensetzung und die Leitfähigkeiten.

Literatur

- Conacher, A.J. & Dalrymple, J.B. (1977): The nine unit landsurface model: an approach to pedogeomorphic research. *Geoderma* 18, S. 1-153.
- de Jong, C. Machauer, C., Reichert, B., Cappy, S, Viger, R. and Leavesley, G. im Druck An integrated geomorphological and hydrogeological MMS modeling framework for a semi-arid mountain basin in the High Atlas, southern Morocco. In *Complexity and Integrated Resources Management, Proceedings of the Meeting of the International Environmental Modelling and Software Society, iEMSs*.
- Irvin, B.J., Ventura, S.J. & Slater, B.K. (1995). Landform Classification for soil-landscape studies. 1995 User Conference Proceedings, Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Irvine, B. & Kirkby, M. (2003): Mapping of European Soil Erosion: The PESERA- RDI model. Proceedings of the 7th International Conference on GeoComputation University of Southampton, United Kingdom 8 - 10 September 2003
- Lahlou, A., (1996): Environmental and socio-economic impacts of erosion and sedimentation in North Africa. In: Walling & Webb, (1996): *Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives*. IAHS Publication no. 236.
- Meddi et al. (1998): Contribution à l'étude du transport solide en Algérie du nord. In: Summer, Klaghofer & Zhang (1998): *Modelling Soil Erosion, Sediment Transport and Closely Related Hydrological Processes*. IAHS Publications no. 249.
- Park, S.J., McSweeney, K. & Lowery, B. (2001): Identification of the spatial distribution of soils using a process-based terrain characterization. *Geoderma* 103, S. 249-272.
- Roberts, D.W., Dowling, T.I. & Walker, J. (1997): FLAG: A Fuzzy Landscape Analysis GIS Method for Dryland Salinity Assessment. CSIRO Land and Water Technical Report No. 8/97, July 97.
- Salomonson, V.V. & I. Appel (2004): Estimating fractional snow cover from MODIS using the normalized difference snow index. *Remote Sensing of Environment* 89, p. 351-360.
- Summerell, G.K. et al. (2003): Development of an objective terrain analysis based method for delineating the major landforms of catchments. Proceedings of the International Congress on Modelling and Simulation, MODSIM, 14-17 July 2003. <http://mssanz.org.au/modsim03/modesim2003.html>
- Tarboton, D.G. & C.H. Luce (1996): Utah Energy Balance Snow Accumulation and Melt Model (UEB), Computer model technical description and user's guide, Utah Water Research Laboratory and USDA Forest Service Intermountain Research Station (<http://www.engineering.usu.edu/dtarb>).

Teilprojekt B3**Steuerfunktionen der Vegetation für den Gebietswasserhaushalt
des Drâa-Catchments**

Antragsteller	Fach
Prof. D. N. Jürgens (Koordinator) Institut für Allgemeine Botanik, Universität Hamburg	Vegetationsökologie:
Prof. Dr. H. Goldbach / PD Dr. J. Burkhardt (Koordinator) Institut für Pflanzenernährung Universität Bonn	Ökophysiologie/Pflanzenernährung
Prof. Dr. G. Menz Geographisches Institut Universität Bonn	Geographie: Fernerkundung

Zusammenfassung

Im vegetationsökologischen Bereich lag der Arbeitsschwerpunkt im Projektzeitraum Mai 2003 bis April 2004 auf dem kontinuierlichen Monitoring der Dauerbeobachtungsflächen und ersten Auswertungen zu ihrer zeitlichen Dynamik. Parallel dazu wurde die floristische Analyse der Vegetationsaufnahmen vorangetrieben, eine erste Gliederung der Großvegetationseinheiten erarbeitet und begonnen, ökologisch-standörtliche Profile der Einheiten aufzubauen. Für ein Testgebiet am Rand des östlichen Hohen Atlas laufen derzeit Arbeiten zur raumbezogenen Vegetationsmodellierung. Um den Nutzungs -Einfluß auf die Steppenvegetation zu beschreiben, wird von unseren Kooperationspartnern derzeit im Hochtal von Taoujgalt die Brennholzentnahme aus den Artemisia-Steppen quantifiziert.

Im Bereich der Fernerkundung lag der Schwerpunkt der Arbeiten auf der Vorbereitung von Zeitreihenanalysen zur Vegetationsdynamik. Auf der Basis mehrjähriger Reihen von SPOT-Satellitendaten soll anhand von 10-Tages-Kompositen die Triggerwirkung von Klimaereignissen für die annuelle und interannuelle Vegetationsdynamik untersucht werden.

Zweiter Schwerpunkt der fernerkundlichen Arbeitsgruppe war die Erstellung eines digitalen Geländemodells (DEM) auf der Basis von Aster-Daten für das gesamte Projektgebiet. Damit konnte eine Informationslücke geschlossen werden, die bisher die raumbezogene Szenarienbildung von mehreren Arbeitsgruppen aus den Teilprojekten B2 und B3 noch behindert hat.

Die Arbeitsgruppe aus dem Institut für Pflanzenernährung hat sich im Berichtszeitraum auf die Quantifizierung des Wasserbedarfs der Hauptkulturpflanzen in den Gebirgsoasen Ameskar und Tichki konzentriert. Gaswechselformen an den wichtigsten Anbaukulturen und die Quantifizierung der Bewässerungsmengen anhand von Strömungsmessungen in den Bewässerungskanälen standen dabei im Mittelpunkt. Dazu kam die Aufnahme des Fruchtfolgesystems und eine erste ökonomische Evaluierung der Anbausysteme.

Die Modellierung von Pflanzenbeständen hinsichtlich Wasserverbrauch und Biomasseentwicklung auf lokaler und regionaler Ebene ist in Vorbereitung, derzeit laufen erste Arbeiten zur Parametrisierung der Modelle SAVANNA und DSSAT.

Folgende Ergebnisse wurden im Projektzeitraum Mai 2003 bis April 2004 in den einzelnen Workpackages erzielt:

Workpackage B3-1: Analyse und szenarienbasierte Modellierung der Vegetationsdynamik

Die raumbezogene Analyse der natürlichen Vegetationseinheiten und Ihrer Dynamik wurde trotz der Reisebeschränkungen in den Vegetationsperioden 2003 und 2004 mit Geländearbeiten fortgesetzt. Die Dauerbeobachtungsflächen sind bereits zum dritten Mal vollständig aufgenommen worden, die Zahl der Vegetationsaufnahmen beläuft sich derzeit (Mai 2004) auf ca. 950, von denen ca. bereits 750 in die Vegetationsdatenbank eingegeben sind. Die in der Arbeitsgruppe entwickelte Vegetationsdatenbanksoftware (Biotainput) ist operativ und ermöglicht raumbezogene Auswertungen und Exportschnittstellen zu gängigen GIS-Programmen, vegetationskundlicher Software und multivariaten Auswertungstools (Arc View, Arc GIS, Juice, Canoco, etc.).

Analysen zur Dynamik der Vegetation auf den Dauerbeobachtungsflächen und die floristische und ökologische Charakterisierung der Vegetationseinheiten des Drâa-Gebiets stehen derzeit im Mittelpunkt der Arbeiten, eine Arbeit zur räumlichen Modellierung der Vegetation in einem Testgebiet ist angelaufen.

Im Zuge der Analyse des Beweidungseinflusses auf die Vegetation wurden auf den Dauerbeobachtungsflächen Biomasseentwicklung, Keimungsraten und Keimlingsetablierung innerhalb und außerhalb der Weideausschlußzäune verfolgt. Die Biomasse wurde nicht-destruktiv ermittelt, indem sämtliche Individuen der Dauerbeobachtungsflächen jährlich vermessen wurden. Durch destruktive Biomassebestimmung von Individuen außerhalb der Dauerbeobachtungsflächen wurden größenklassenabhängige Gewichte pro Flächen- und Volumeneinheit der jeweiligen Arten ermittelt und diese auf die Vermessungsdaten übertragen. Im folgenden folgt eine kurze Charakterisierung von ausgewählten Testsites:

TS El Miyit

Die ausgedehnten, stärker von Schottern geprägten saharischen Wadis sind dem *Zizipho loti* – *Acacietum raddianae* zuzuordnen. Die Wadis werden neben *Acacia raddiana* von den Sträuchern *Ziziphus lotus* und *Retama retam* geprägt. In einer unteren Vegetationsschicht dominieren die Kleinsträucher *Convolvulus trautmanianus*, *Gaillonia reboudiana*, *Launaea arborescens* und *Hammada scoparia*. Die Vegetationsbedeckung in den Wadis beträgt zwischen 20 und 50 %, in Abhängigkeit vom niederschlagsbedingten Auftreten von *Anvillea radiata*, die bis zu 30 % zur Gesamtdeckung beitragen kann. Die Dynamik der Vegetation ist relativ hoch, allerdings ist kaum dauerhafte Keimlingsetablierung nachzuweisen (5 etablierte *Acacia*-Keimlinge/ 100 m², 1 *Convolvulus*, 2 *Gaillonia* nur in den Innenflächen). *Acacia raddiana* keimt zwar nach Nieder-

schlagen im Frühjahr (62 Keimlinge in Frühjahr 2002), überlebt aber niederschlagsfreie Sommer, auch unter Beweidungsausschluß, nur in sehr geringem Maße.

Im großen und ganzen scheint die Vegetation in den saharischen Wadis weniger degradiert zu sein, als diejenige im Becken von Ouarzazate. Mögliche Gründe dafür wären eine Präadaptation der schon leicht vom Sommerregengebiet beeinflussten Vegetation auf Beweidung, bedingt durch eine schnellere Reaktionsfähigkeit in jahreszeitlich zufällig verteilten hygrischen Gunstsituationen. Eine solche Fähigkeit würde den Pflanzen auch erlauben schneller auf einen Biomasseverlust durch Beweidung zu reagieren.

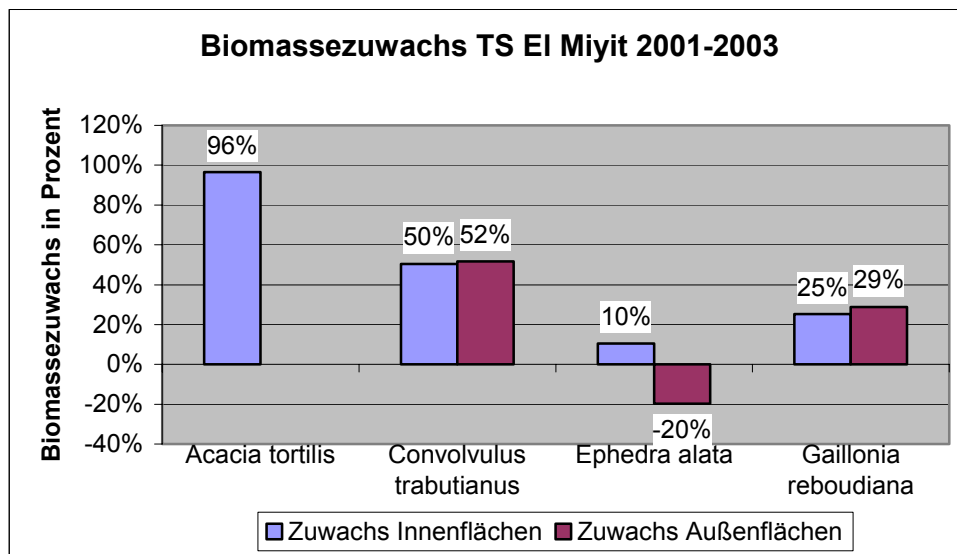


Abb. B3-1: Vergleich des Biomassezuwachses in gezäunten und ungezäunten Flächen der Testsite El Miyit.

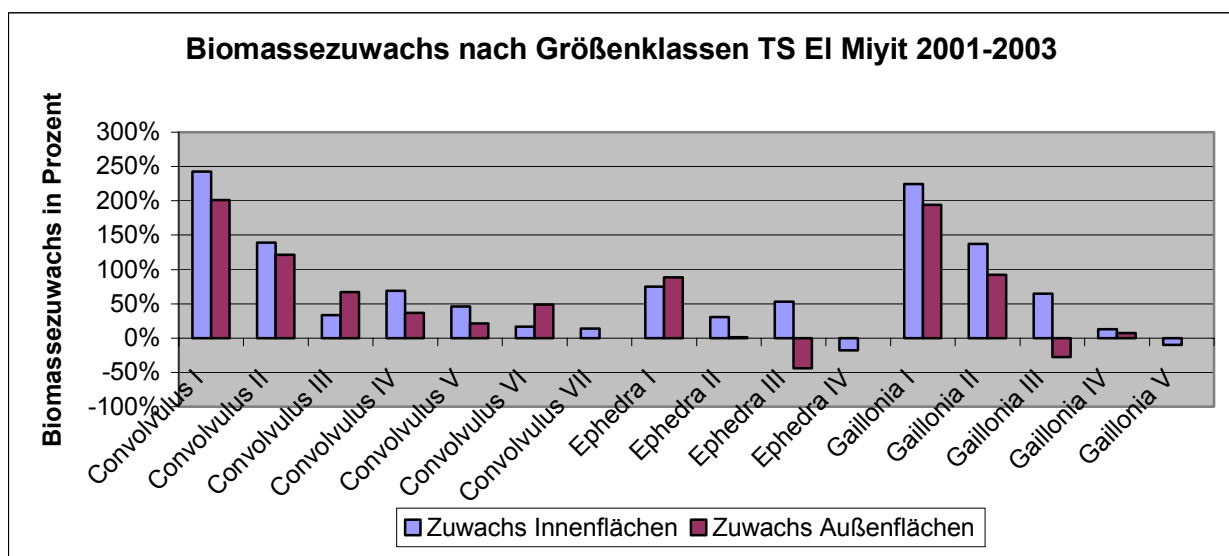


Abb. B3-2: Verteilung des Biomassezuwachses auf verschiedene Größenklassen (Con I: 0-10g; Con II: 10-50g; Con III: 50-100g; Con IV: 100-200g; Con V: 200-300g; Con VI: 300-500g; Con VII: >500g; Eph I: 0-10g; Eph II: 10-50g; Eph III: 50-100g; Eph IV: > 100g; Gai I: 0-10g; Gai II 10-50g; Gai III: 50-100g; Gai IV: 100-400g; Gai V:> 400g).

Bemerkenswert ist, dass der Biomassezuwachs in beweideten und unbeweideten Flächen für *Convolvulus* und *Gaillonia* annähernd gleiche Werte aufweist (Abb. B3-1), so dass wohl im Beobachtungszeitraum keine nennenswerte Beweidung stattgefunden hat. Lediglich die gänzlich unbewehrte und beweidungssensitive *Ephedra alata* zeigt einen Unterschied. Der Biomassezuwachs von *Acacia tortilis* ssp. *raddiana* in Abb. B3-1 bezieht sich auf Jungpflanzen und ist so nicht ohne weiteres auf größere Individuen zu übertragen.

Betrachtet man verschiedene Altersklassen in ihrem Biomassezuwachs zeigen sich deutliche Unterschiede, wie aus Abb. B3-2 zu entnehmen ist. Für *Gaillonia* und *Convolvulus* ergibt sich eine exponentielle Abhängigkeit von Größenklasse und Biomassezuwachs.

Testsite Bouskour

Die von Dorngebüschern dominierten Vegetationseinheiten tieferer Lagen sind am ehesten dem *Genisto myrianthae-Carthametum fruticosi* zuzuordnen. Diese Gesellschaft ist relativ substratindifferent und vermutlich als Degradationsstadium anderer Vegetationseinheiten zu sehen. Die Vegetation der Testsite Bou Skour zeichnet sich durch relativ hohe Deckungswerte (30-40 %) von *Convolvulus trautianus* aus. Die Gesamtdeckung erreicht rund 50 %, wobei *Hammada scoparia*, *Genista scoparia* ssp. *myriantha*, *Launaea acanthocalada*, *Launaea arborescens* und *Teucrium malenconianum* am häufigsten auftreten. Unter Beweidungsausschluss nehmen Annuellen wie *Stipa capensis*, *Cleome arabica* und *Erucastrum leucanthum* relativ hohe Deckungswerte ein (bis zu 30%), deren Bestandesabfall auch nach der Vegetationsperiode noch bodendeckend wirkt. Keimungsereignisse der perennierenden Arten sind relativ selten (*Convolvulus*: 13/100 m² innen; 5/100 m² außen – *Hammada* 1 außen; 1 innen; *Launaea acanthoclada* 1 innen) und die Veränderungsdynamik der Vegetation kann als gering angesehen werden.

Die Veränderung der Biomasse zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Innen- und Außenflächen (Abb. B3-3). So zeigen die nicht beweideten Bereiche im Vergleich zu den Beweideten eine deutlichen Biomassezuwachs von *Hammada scoparia* und *Launaea acanthoclada*, einen geringeren von *Convolvulus*.

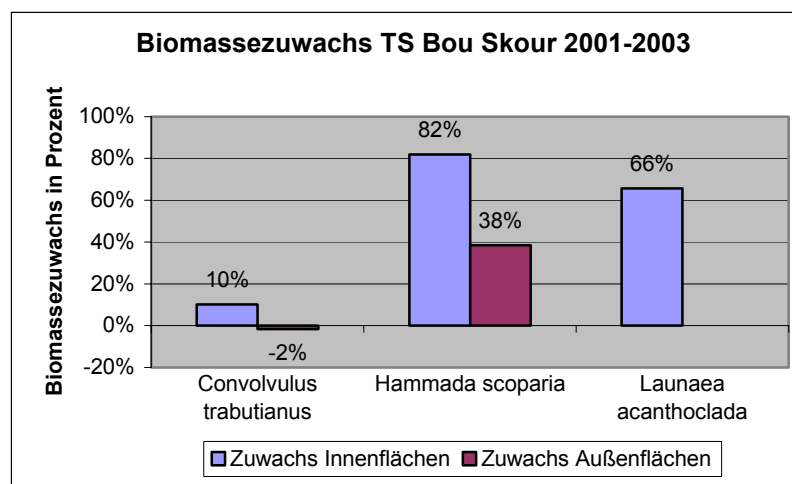


Abb. B3-3: Vergleich des Biomassezuwachs beweideter und unbeweideter Flächen der Testsite Bou Skour von 2001-2003.

TS Tizi -n- Tounza

Die individuenscharfe Erfassung der DB-Flächen ermöglicht die differenzierte räumliche Analyse von Etablierungsprozessen. Abb. B3-4 bildet die Verteilung von Keimlingen zweier wichtiger Dornpolsterarten an der Testsite Tizi -n- Tounza ab. Sehr klar ist in der Zäunungsfläche die im Vergleich zu außen um mehr als das fünffache erhöhte Keimlingszahl von *Alyssum spinosum* zu erkennen. *Vella mairei* verjüngt sich dagegen sehr viel stärker auf der beweideten Außenfläche.

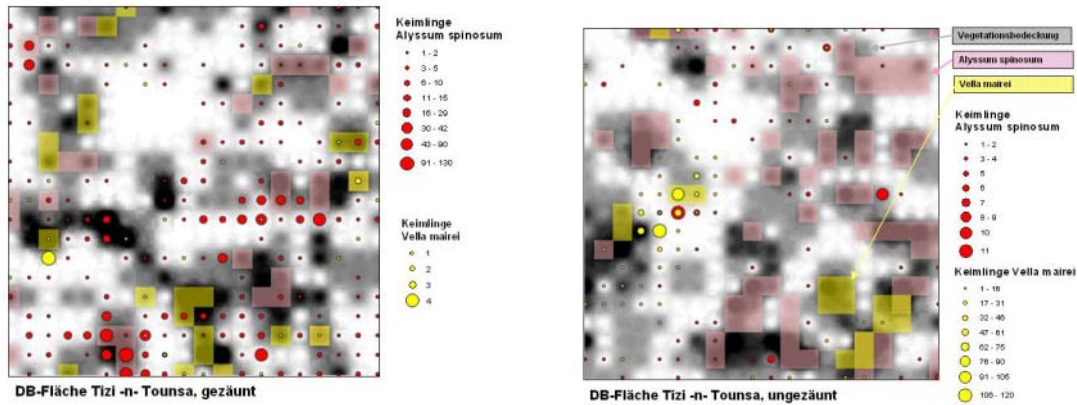


Abb. B3-4: Keimlingsmuster von *Alyssum spinosum* und *Vella mairei* an der TS Tizi -n- Tounza.

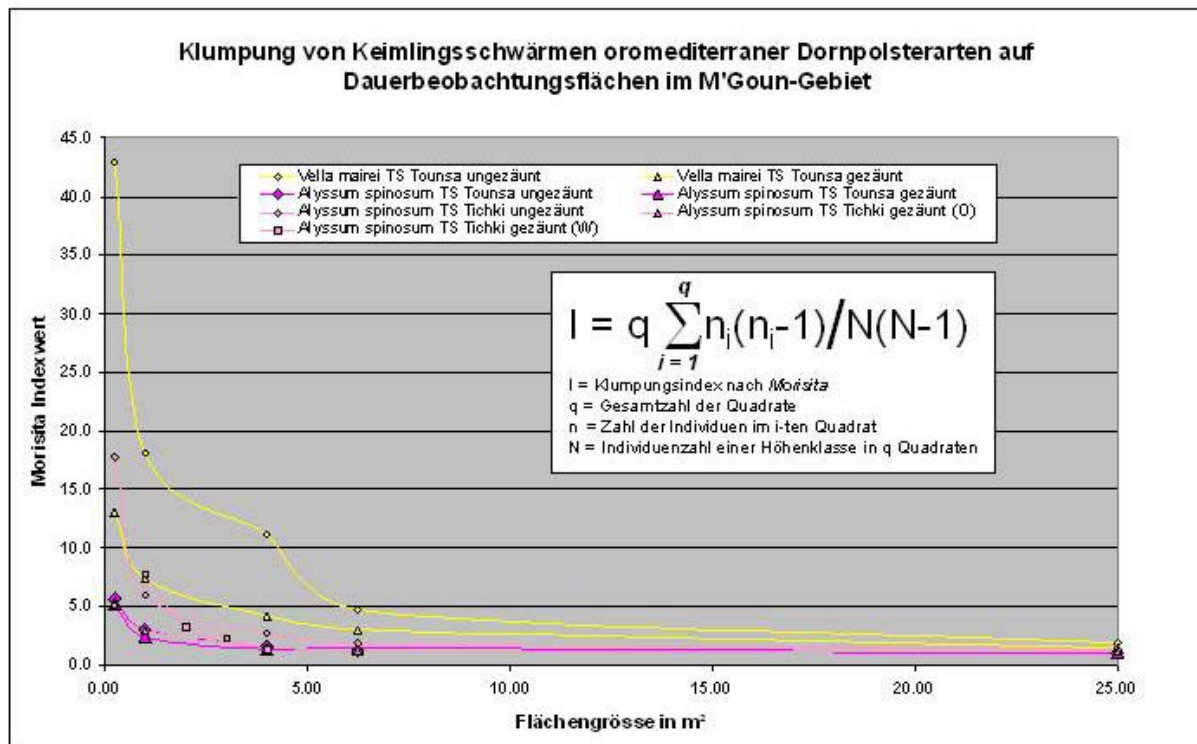


Abb. B3-5: Flächenabhängiger Verlauf des Morisita-Index von *Alyssum spinosum* und *Vella mairei* an den oromediterranen Testsites Tizi -n- Tounza und Tichki.

Die Analyse der Keimlingsschwärme mittels Berechnung des flächenbezogenen Morisita-Index zeigt deutliche Unterschiede zwischen den beiden Arten (Abb. B3-5). *Alyssum spinosum* zeigt auf allen fünf oromediterranen Plots maximale Klumpung in sehr kleinen Clustergrößen und eine kontinuierliche Abnahme der Indexwerte bei größeren Flächenmaßen. Dies spiegelt die bei dieser Art vorherrschende Keimlingsetablierung am Rand der Muttersträucher.

Vella mairei zeigt dagegen auf der ungezäunten Fläche eine deutlich erhöhten Indexwert noch bei einer Flächengröße von 4 m², Hinweis auf die bevorzugte Besiedlung mittelgroßer Störstellen, z.B. durch Brennholzgewinnung oder Dromedarbeweidung. Die unterschiedlichen Etablierungsstrategien der einzelnen Arten könnten also eine wichtige Rolle bei Szenarien der Vegetationsentwicklung unter verschiedenen sozioökonomischen Randbedingungen spielen. Der weitere Etablierungserfolg der beobachteten Keimlingsschwärme muss allerdings noch abgewartet werden.

Standortökologische Charakterisierung der flächenrelevanten Vegetationseinheiten im Drâa-Catchment und ihrer aufbauenden Arten

Ein erster Datensatz von ca. 500 Vegetationsaufnahmen aus dem gesamten Untersuchungsgebiet wurde mittels multivariater Auswerteverfahren auf seine floristische Gliederung hin untersucht.

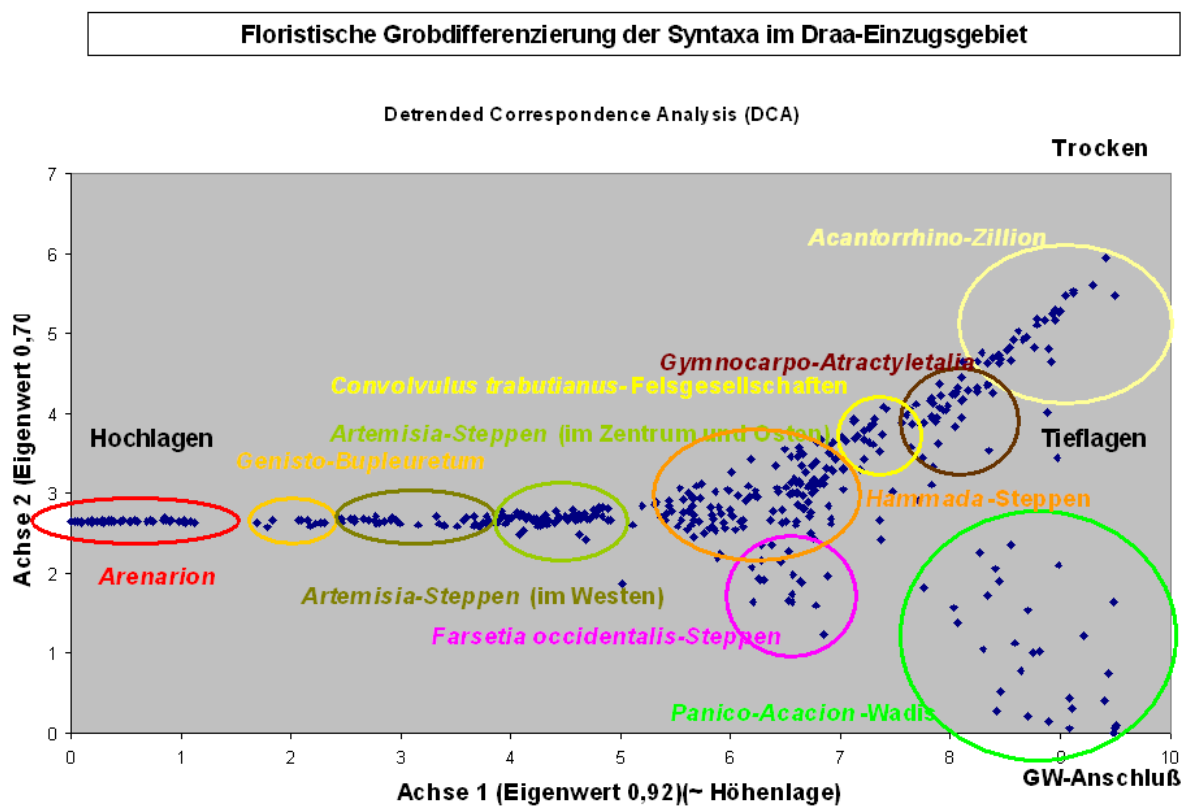


Abb. B3-6: Detrended Correspondence Analysis zur floristischen Auflösung der Großvegetationseinheiten im Drâa-Catchment (nur zonale naturnahe Vegetationseinheiten).

Abb. B3-6 zeigt die Ergebnisse einer DCA, die deutlich die Abhängigkeit der Großvegetationseinheiten von Höhenlage und, besonders in den arideren Tieflagen, der Erreichbarkeit eines permanenten Grundwasserkörpers spiegelt. Auch der Einfluss des Ausgangssubstrats auf die Vegetation kommt in den deutlich abgegrenzten Gruppen z.B. der Felsgesellschaften deutlich zum Vorschein.

Abb. B3-7 zeigt den räumlichen Vorkommensbereich der unterschiedenen Vegetationseinheiten entlang des IMPETUS-Transekts. Deutlich wird der scharfe Übergang vom mediterranen (*Erinacetalia*-Gesellschaften, *Junipero-Quercion*) über den iberomaurischen (*Artemisia*-Steppen) zum saharischen Vegetationskreis (*Gymnocarpo-Atractyletalia*, *Panico-Acacion*). Es soll im Folgenden versucht werden, die von Michael Schmidt in der ersten Projektphase entwickelte Landbedeckungskarte mit Vegetationseinheiten zu füllen, um flächig GIS-basierte Szenarien der Vegetationsdynamik entwickeln zu können.

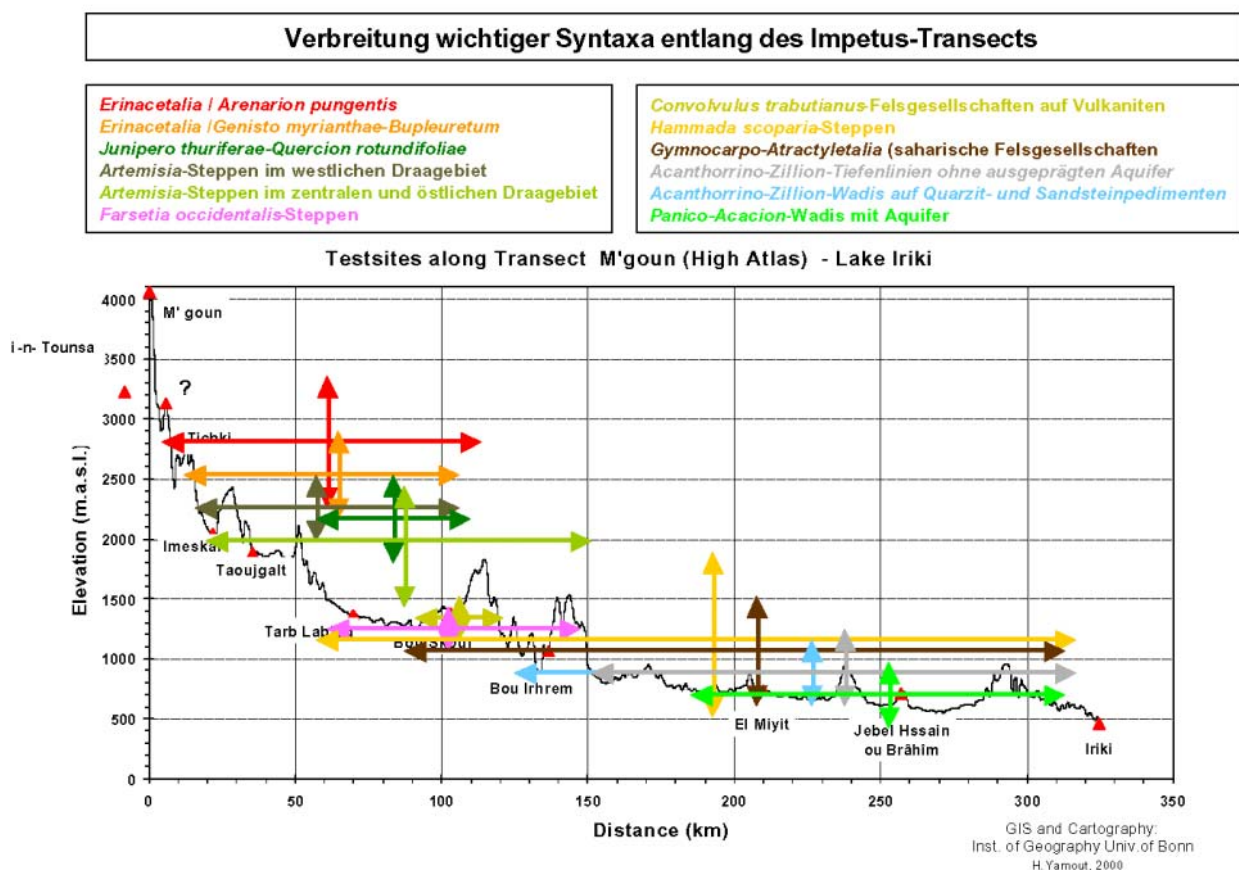


Abb. B3-7: Höhen- und Nord-Süd-Verbreitung der Großvegetationseinheiten entlang des IMPETUS-Transekts.

Modellanpassung und Szenarienentwicklung durch B3

Eine Pilotstudie zur räumlichen Modellierung der Vegetation wird derzeit im Rahmen der Diplomarbeit von Jens Oldeland erstellt. In einem knapp 900 km² grossen Testgebiet am Südrand des östlichen Hohen Atlas (M'Goun-Gebiet) wird versucht, das Areal der flächenrelevanten Vegeta-

tionseinheiten anhand ökologischer Vorhersagefaktoren (Klimaparameter, Topographie, geologisch-geomorphologische Einheiten, ...) zu modellieren. Die Ergebnisse der Modellierung sollen an den bereits existierenden Vegetationsdatensätzen validiert werden.

Workpackage B3-2: Raumzeitliche Muster der Bestandes-Evapotranspiration

Ergebnisse zusammengefasst mit Workpackage B3-4, siehe dort.

Workpackage B3-3: Sensitivitätsstudien zur Wechselwirkung zwischen Vegetationsentwicklung, Wasserhaushalt und Bodenversalzung mit Fernerkundung

In der zweiten Projektphase sollen mit Hilfe multitemporaler sowie multisensoraler Fernerkundungsdaten Studien der großflächigen Vegetationsentwicklung im Einzugsgebiet des Drâa für verschiedene Zeiträume von 1972 bis 2005 durchgeführt werden. Entscheidend sind hierbei die Wasserverfügbarkeit (Bewässerungskampagnen aus dem Stausee El-Mansour-Eddahbi), meteorologische (anuelle sowie interanuelle Temperatur- und Niederschlagsentwicklung) und pedologische Parameter (Grad der Bodenversalzung).

Die anstehenden Untersuchungen gliedern sich besonders im Hinblick auf die den Projektanforderung entsprechende Schwerpunktsetzung auf Szenarienbildung und Modellierung wie folgt:

- Erhebung von Primär- und Geländedaten für die Bildauswertung
- (Vor-)Prozessierung der Fernerkundungsdaten
- Zeitreihenanalyse der Vegetationsentwicklung
- Verknüpfung der Bildanalysen mit Sekundärdaten (Niederschlagsentwicklung, etc...)
- Szenarienbildung

Aufgrund fehlender Primärdaten (Digitales Höhenmodell, Testflächen der Bodenversalzung) für einzelne Arbeitsschritte der Analyse mussten zunächst während zwei Feldkampagnen (Herbst 2003 und Frühjahr 2004) diese Daten erhoben respektive weiterverarbeitet werden. Speziell für die Ableitung eines Digitalen Höhenmodells aus ASTER-Satellitendaten für das gesamte Einzugsgebiet waren intensive Feldarbeiten mit einer anschließenden Prozessierung der Daten notwendig. Weiterhin wurden Testflächen einzelner Vegetationseinheiten für die anstehende Zeitreihenanalyse mit SPOT-Vegetation-Daten digital aufgenommen und in ein GIS integriert sowie kleinräumige Detailstudien zur Bodenversalzung im südlichen Drâatal (Oase Ktaoua) durchgeführt.

Für die Detektion der Bodenversalzung wurden im Frühjahr 2004 Testflächen in der südlichen Drâaoase Ktaoua ausgesucht und auf Feldern der Dörfer Tiraf und Blida insgesamt 110 Messpunkte (Abb. B3-8) genommen. Mit Hilfe von Messungen der elektrischen Leitfähigkeit der gesättigten Bodenlösung wurde der Versalzungsgrad der Böden an den einzelnen Standorten ermittelt. Die in ein GIS integrierten Proben stellen die Grundlage für eine Erkennung des Versalzungsgrades mit Hilfe von Hyperspektraldaten des Sensors HYPERION auf der Plattform EO-1 dar. Auswertung dieser Daten noch erfolgen wird.

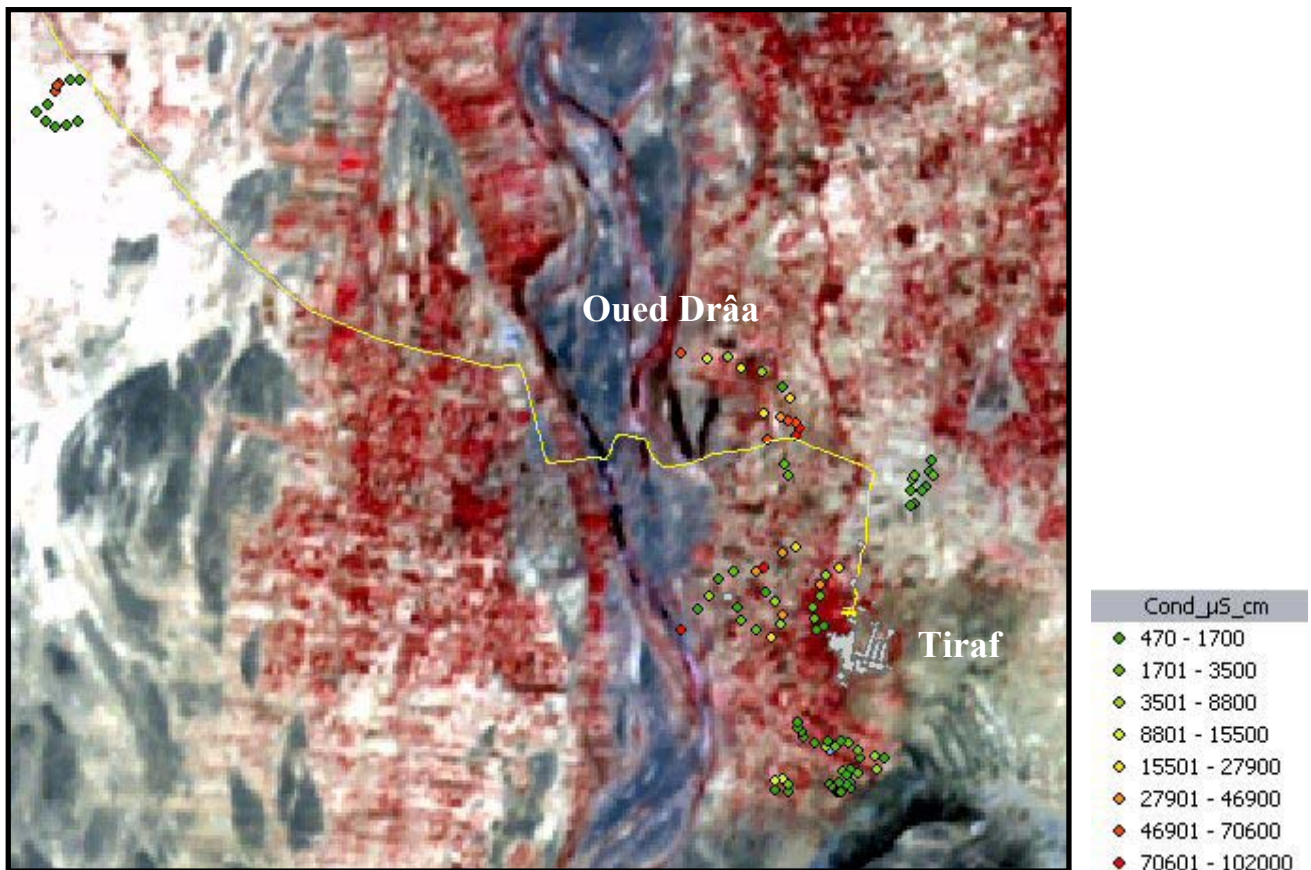


Abb. B3-8: ASTER-Teilszene aus Ktaoua in Kanalkombination 3-2-1 sowie Messpunkte der elektrischen Leitfähigkeit.

Die großflächige Vegetationsdynamik im Drâa-Einzugsgebiet wird durch NDVI-Daten (Normalized Differential Vegetation Index) aus 10-Tages-Kompositen des Sensors SPOT-Vegetation in einer Auflösung von 1 km erfasst. Die Daten liegen lückenlos vom April 1998 bis heute vor und werden aktuell weiterhin aufgenommen, so dass z.Zt. eine sechsjährige Zeitreihe vorhanden ist.

In einem ersten Schritt der Vorprozessierung wurden die Daten auf das Einzugsgebiet angepasst sowie für die Weiterverarbeitung mit statistischer Analysesoftware vorbereitet. Mit Hilfe der im Feld aufgenommenen Testflächen sollen einzelne Vegetationseinheiten in der Zeitreihenanalyse erkannt sowie deren Dynamik mit Hilfe von meteorologischen Daten verknüpft werden. Für den aktuellen und zukünftigen Zeitraum (ab 2004) soll eine Anknüpfung an Daten des Sensors METEOSAT Second Generation als Basis für ein Monitoring sowie für die Szenarienbildung erfolgen. Die Überwachung der Vegetationsdynamik in Verknüpfung mit der Temperatur- sowie Niederschlagsverteilung bringt hier grundlegende Erkenntnisse über die „Trigger-Funktion“ von Niederschlägen zu unterschiedlichen Jahreszeiten.

Auf Grundlage der aus der ersten Phase vorhandenen Landnutzungsklassifikation aus LANDSAT-Daten werden Änderungen mittels fernerkundlicher Change-Detection-Verfahren im DrâaTal für einen Zeitraum von 1972 bis heute untersucht. Insbesondere die dynamische Entwicklung im Bezug auf neue Anbauflächen durch die Nutzung von Brunnen und Motorpumpen kann mit Hilfe der flächenhaften Fernerkundungsdaten in einer Auflösung vom 30m sehr genau erkannt werden. Die Ausweisung solcher „Hot-Spots“ der Veränderungen dient besonders zur Erklärung der daraus resultierenden Probleme speziell in Hinsicht auf Bodenversalzung und Grundwasserabsenkung.

Für die Generierung des DGMs aus Fernerkundungsdaten des ASTER-Sensors mussten mit Hilfe eines differentiellen GPS-Gerätes 241 Ground Control Points mit einer Genauigkeit von mög-

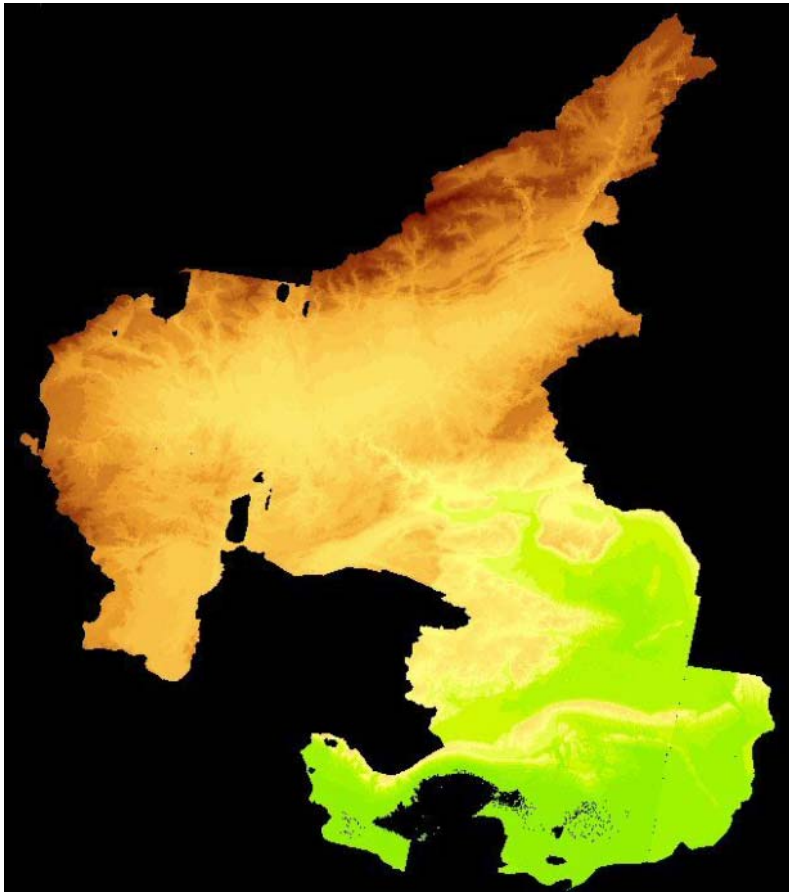


Abb. B3-9: DGM-Mosaik auf zusammengesetzten DGM's für das Einzugsgebiet.

lichst weniger als 2m in x, y und z-Richtung aufgenommen und in den einzelnen Satellitenszenen identifiziert werden. Mithilfe photogrammetrischer Verfahren konnten dann aus den ASTER-Stereobildern aufgrund des unterschiedlichen Aufnahmewinkels digitale Höhenmodelle sowie Orthobilder der einzelnen Szenen berechnet werden. In einem abschließenden Schritt wurde dann aus 20 einzelnen ASTER-DGMs ein Mosaik (Abb. B3-2) für das gesamte Einzugsgebiet erstellt. Fehlende Bereiche (schwarze Flecken) resultieren hierbei aus Bereichen mit Wolkenbedeckung und können später durch neue, wolkenfreie Szenen ersetzt werden.

Workpackage B3-4: Wasserbedarf und Produktivität der Bewässerungslandwirtschaft im Tal-Einzugsgebiet des Assif -n- Ait Ahmed

Wasserbedarf von Kulturpflanzen der Gebirgsoasen

Das Jahr 2003 wurde dazu genutzt, die in den letzten Jahren teilweise erhobenen Kenntnisse über Wassernutzung und Produktivität der Hochgebirgsoasen im Tal-Einzugsgebiet Assif – n - Ait Ahmed zu vertiefen. Dazu wurden in Zusammenarbeit mit Dr. H. Kirscht (TP B5) Felderhebungen einer auf Befragungen und Messungen ausgelegten Diplomarbeit über Produktivität, Kulturpflanzenanbau, Düngungsregime, lokale Bewässerungsregime, Erntetechniken, Bodenqualitäten und Vermarktungsgewohnheiten durchgeführt, in deren Rahmen mittels GPS alle Felder der Hochgebirgsoase Tichki katalogisiert (Fruchtfolge, Besitzer, Feldgröße) wurden. Mit Hilfe des dGPS (Trimble-GPS) wurden die Bewässerungskanäle 1. und 2. Ordnung und die Ausdehnung der gesamten Hochgebirgsoase Tichki kartiert. Zur Charakterisierung des täglichen Wasserverbrauchs der wichtigsten Kulturarten wurden zunächst an *Zea mais* und *Daucus carota* Gaswechsellmessungen und Biomassebestimmungen durchgeführt.

Zur Detektierung lokaler Unterschiede wurden die landwirtschaftlichen Befragungen, Gaswechselfmessungen und Biomassebestimmungen (nur *Zea mays*) auch in der Hochgebirgsoase Ameskar durchgeführt.

Ergänzende Bewässerungsmengenermittlung mit Hilfe des Verfahrens der Strömungsmessung wurden zu verschiedenen Zeiten in der Hochgebirgsoase Tichki durchgeführt. Durch diese Messungen in Verbindung mit einer Registrierung der Bewässerungsgewohnheiten und –dauer der Einzelparzellen sollen zeitlich bezogene Bewässerungsquantifizierungen und deren Variabilitäten erfasst werden.

Ergänzend zu den Fragestellungen des Themenschwerpunktes Assif – n - Ait Ahmed wurden Gaswechselfmessungen und Biomassebestimmungen auf ausgewählten Standorten entlang des IMPETUS-Testsite Transektes durchgeführt. Diese Daten sollen die Messungen der 1. IMPETUS-Projektphase komplettieren und helfen die Variabilitäten und Abhängigkeiten des Zykluses Wasser-Boden-Pflanze besser zu verstehen.

Gaswechselfmessungen wurden im Assif – n – Ait Ahmed an den dort wichtigsten bestandesbildenden Pflanzenarten der beobachteten Jahreszeit durchgeführt (Oasen von AMESKAR: *Zea mays*, *Populus canescens*; Oase von TICHKI: *Zea mays*, *Daucus carota*).

Abb. B3-10 zeigt den Wasserverbrauch von *Zea mays* der beiden Hochgebirgsoasen Tichki und Ameskar in den Jahren 2002 und 2003. Die Werte sind miteinander vergleichbar, die größeren Schwankungen in Tichki 2003 sind durch eine wesentlich größere transpirierende Biomasse zu erklären (siehe Tab. B3.2). Trotz der größeren transpirierenden Biomasse stand nicht wesentlich mehr Wasser zur Verfügung, was zum einen die höhere Schwankungsbreite, zum anderen das gedrungene Höhenwachstum erklärt. Auffällig ist, dass die Sonderkulturen (Karotten, Pappeln, ...) einen wesentlich höheren Wasserverbrauch zeigen (Tab. B3.1). Ursache dafür ist der späte Messzeitpunkt von Mais (Mais wurde 2-3 Wochen nach den Messungen geerntet, zu diesem Zeitpunkt ist die Transpirationsleistung der Pflanze bereits herabgesetzt). Die Sonderkulturen befanden sich allerdings noch immer in der Hochphase der Entwicklung und somit auch der Transpiration. Beobachtet wurde zudem, dass den Gemüsesonderkulturen zu diesem Zeitpunkt mehr Aufmerksamkeit von Seiten der Landwirte geschenkt wurde.

Tab. B3.1: Wasserverbrauch einiger wichtiger Kulturpflanzenarten im Vergleich zwischen Herbst 2002 und Herbst 2003.

Ort	Pflanzenart	Datum	Wasserverbrauch (L/m ² Blattfläche)		
			Tag (6 – 18 h)	Nacht (18 – 6 h)	Gesamt
Tichki	<i>Zea mays</i>	24.10.2002	0,40	0,29	0,69
		25.10.2002	0,96	0,08	1,03
		26.10.2002	1,13	0,15	1,28
		03.11.2003	0,44	0,18	0,62
	04.11.2003	0,26	0,09	0,36	
	Daucus carota	05.11.2003	3,64	0,71	4,36
Ameskar	<i>Zea mays</i>	03.11.2002	0,63	0,07	0,70
		04.11.2002	0,85	0,11	0,96
		21.10.2003	0,54	0,15	0,69
	<i>Populus canescens</i>	05.11.2002	2,00	0,52	2,52

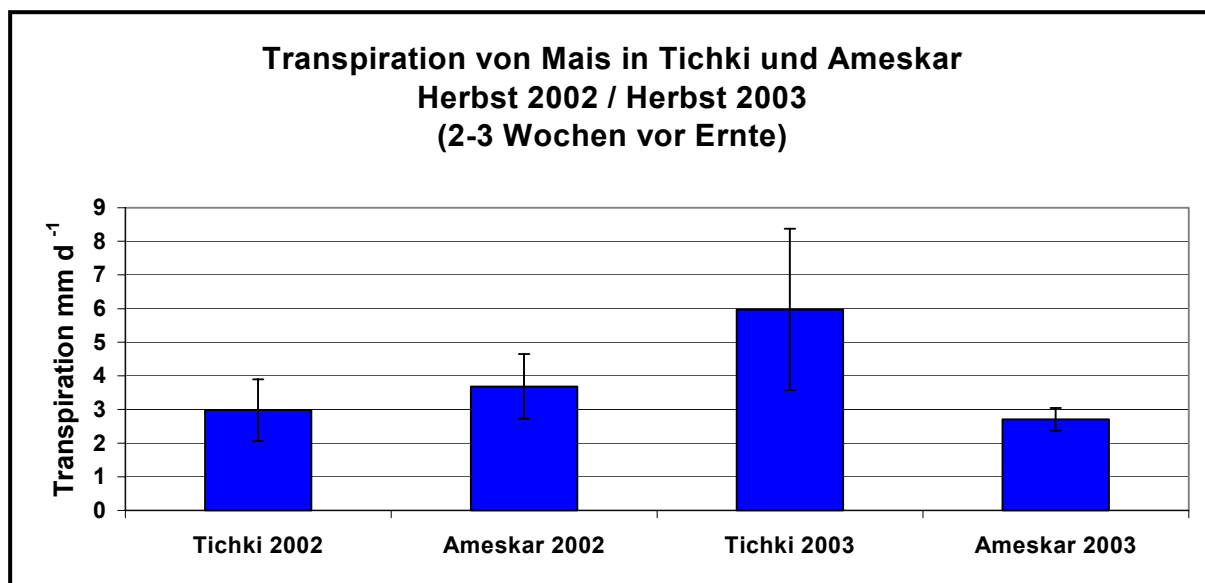


Abb. B3-10: Transpiration von *Zea mays* in den Hochgebirgsoasen Tichki und Ameskar.

Um von den gewonnenen Gaswechsellmessdaten auf Wasserverbrauch eines Individuums bzw. eines Gebietes zu schließen, ist eine möglichst genaue Biomassebestimmung notwendig.

Tab. B3.2: Transpirierende Biomasse wichtiger Kulturpflanzenarten im Vergleich zwischen Herbst 2002 und Herbst 2003.

		m ² Blattfläche/	Pflanzen/ha	Blattfläche/ha (m ²)
Pflanzenart		m ² Anbaufläche		
	Herbst 2002			
<i>Zea mays (Tichki)</i>		2,98	1,97*10 ⁵	2,98*10 ⁴
<i>Zea mays (Ameskar)</i>		4,45	1,82*10 ⁵	4,45*10 ⁴
	Herbst 2003			
<i>Zea mays (Tichki)</i>		12,25	4,76*10 ⁵	12,25*10 ⁴
<i>Zea mays (Ameskar)</i>		3,93	3,24*10 ⁵	3,93*10 ⁴
<i>Daucus carota (Tichki)</i>		2,66	10,50*10 ⁵	2,66*10 ⁴
<i>Brassica rapa L. emend.</i> <i>Metzg. ssp. rapa (Tichki)</i>		1	5,30*10 ⁵	1,00*10 ⁴

Die Verteilung der Biomasse wurde auf Pflanzen- und Quadratmeterniveau nach dem Prinzip der destruktiven Biomassebestimmung aufgenommen und später in die Fläche transponiert (Tab. B3. 2).

Den größten Anteil an der Oasengesamtfläche stellt Mais (*Zea mays*) (in der ersten Jahreshälfte: Gerste (*Hordeum vulgare*)) mit ca. 70 % Flächenanteil. Die übrigen Kulturen (in der Reihenfolge abnehmender Flächenanteile: Gemüsekulturen (Kartoffel, Karotte, Steckrübe, Zwiebel, Kürbis), Pappel, Apfel, Walnuss, Mandel), stellen flächenmäßig untergeordnete Kulturen dar, sind aber für die Ernährungssicherung äußerst bedeutsam. Getreide und Gemüsearten werden nur in Jahren des Produktionsüberschusses vermarktet, die eigentlichen „Cash Crops“ stellen die Baumkulturen und deren Früchte dar. Hierbei ist zu vermerken, dass der Apfel als „Cash Crop“ in den letzten Jahren an Bedeutung stark zugenommen hat und in nächster Zeit die bedeutsamste „Cash Crop“ für dieses Gebiet darstellen wird. Zum Beispiel wurden von ca. 500 Apfelbäumen 7 t Äpfel produziert und zu einem durchschnittlichen Preis von 1€ pro Kg vermarktet. Selbstverständlich hängt der Preis auch hier von Qualität und Sorte ab. Ursachen für die starke Bedeutungszunahme des Apfels sind die einfache Handhabung und die lukrativen Preise auf den lokalen und regionalen Märkten. In letzter Zeit hat sich in dieser Region zusätzlich zur Direktvermarktung der Produzenten ein gut organisierter Vermarktungsmechanismus mit Zwischenhändlern, Transporteuren und Endvermarktung entwickelt. Äpfel dieser Region werden inzwischen bis nach Agadir und Marrakech verkauft.

Ein wichtiger Faktor zur Beurteilung von landwirtschaftlichen Flächen ist die Charakterisierung der Böden. Hierzu wurde in erster Annäherung eine Befragung der Landwirte vor Ort durchgeführt, mit dem Ziel eine Einschätzung der Bodenqualitäten durch die lokale Bevölkerung zu bekommen. Dies wurde zunächst in der Hochgebirgsoase Tichki durchgeführt. Das Ergebnis waren fünf verschiedene Bodentypen die daraufhin durch Profilgrabungen beschrieben wurden. Diesen Bodentypen konnten Fruchtfolgeregime zugeordnet werden:

- A. Gerste - Brache (Einjahreszyklus) auf Bodentyp 5
- B. Gerste - Mais (Einjahreszyklus) auf Bodentyp 2-4
- C. Gerste – Mais – Gerste – Kartoffel – Gerste – Mais – Gerste - Karotte/Steckrübe (Vierjahreszyklus) auf Bodentyp 1
- D. Baumkulturen (Apfel, Wallnuss, Mandel; permanent) auf Bodentyp 2-4
- E. Holz- kombiniert mit Futtergrasproduktion (permanent) auf Bodentyp 5

Schlechte Bodentypen (z.B. Bodentyp 5 und neu angelegte Felder) werden teilweise bis zu 5 Jahre mit Luzerne bestellt. Die mit Luzerne kultivierten Flächen werden in dieser Region bis zu 4 mal pro Jahr geschnitten. Luzerne dient als Zusatzfutter für die Tierhaltung und wird teilweise auf den lokalen Märkten verkauft (pro Bündel (ca. 500 g TM) bis zu 0,25€).

In Jahren mit genügenden Niederschlägen und somit ausreichender Wasserverfügbarkeit wird das Fruchtfolgeregime C zugunsten der Gemüsekulturen abgeändert. Dann werden auf Bodentyp 1 keine zwei Fruchtarten pro Jahr sondern meist in größerem Ausmaße Kartoffeln, Karotten oder Steckrüben produziert. Die Produktionsüberschüsse werden dann ebenfalls lokal vermarktet. Dies hat zur Folge, dass die Böden einerseits längere Zeit brach liegen und einer verstärkten Erosion und Verschlammung/Verkrustung unterliegen. Andererseits können die Böden sich etwas länger regenerieren und somit leistungsfähiger werden.

Im Jahr 2004 sollen die Datengrundlagen weiterhin verbessert und die Erhebungen in der Hochgebirgsoase Ameskar intensiviert werden. Dafür müssen einige Wiederholungsmessungen an den bereits bearbeiteten Pflanzenarten durchgeführt werden, um saisonale Varianzen besser bewerten zu können. Ebenso sollen im Bezug auf die Fragestellung der Ernährungssicherung weitere Kulturpflanzenarten wie z.B. Gerste und Kartoffeln in die Betrachtung einbezogen werden. Dazu gehört auch eine Intensivierung der Bewässerungsmengenmessungen in beiden Hochgebirgsoasen.

Modellierung von Pflanzenbeständen hinsichtlich Wasserverbrauch und Biomasseentwicklung

Wichtige Zielsetzungen für die zweite Phase von IMPETUS sind Modellierung und Szenarientwicklung. Dabei liegt der fachspezifische Schwerpunkt auf der Modellierung von Pflanzenbeständen hinsichtlich Wasserverbrauch und Biomasseentwicklung auf lokaler und regionaler Ebene. Statusindikatoren für die Szenarientwicklung der Erträge der wichtigsten Nutzpflanzen in Abhängigkeit verschiedener Einflussgrößen sollen bereitgestellt werden.

Zur Erlangung der genannten Projektziele für den Projektbereich Marokko werden verschiedene Modelle herangezogen. Das Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT)

beinhaltet das Pflanzenwachstumsmodell CERES, für Mais und Gerste. Dieses Modell soll in den terrassierten Hochoasen, beispielsweise Tichki und Ameskar, angewendet werden. Durch das Spektrum verschiedener Modellkomponenten zu Managementalternativen, Düngergaben, Nährstoffkreisläufe, Bewässerung und Klimavariabilitäten ist DSSAT als Werkzeug für Szenarien entwickelt und vielfach angewandt worden. Das räumliche Ökosystem-Modell SAVANNA wird zur Modellierung relevanter funktionaler Pflanzengruppen sowie des Beweidungseinflusses in den Rangelands eingesetzt.

Für eine Modellierung und Szenarienentwicklung der Ertragsleistung relevanter Pflanzenarten ist die Ermittlung notwendiger modellspezifischer Input- und Kalibrierungsparameter zwingend. Die in der ersten Projektphase ermittelten Daten werden hierfür herangezogen und entsprechende Kampagnen weitergeführt.

Weitere wichtige Eingabeparameter für die Modellierung werden von verschiedenen Teilprojekten (B1 Klimadaten, B2 Bodendaten, B3 Fernerkundung/Geländemodell, B5 Anbaumethoden, Humandaten) bezogen. Dieses Vorgehen liefert entsprechende Datensätze auch für die spätere Regionalisierung. Da die Modellergebnisse idealerweise raum-zeitliche Aussagen über Wasserverbrauch und Biomasseentwicklung der Pflanzen liefern, muss diesen Modellen ein Muster des Raumes zugrunde liegen. Diese Verteilung landwirtschaftlich genutzter Flächen wird einerseits aus Fernerkundungsdaten abgeleitet und über ein Geländemodell gelegt, andererseits aus amtlich statistischen Daten ermittelt. Im nächsten Schritt wird die Entwicklung geeigneter Regionalisierungsmethoden mit den zur Verfügung stehenden Datengrundlagen erfolgen.

Zur Ermittlung der modellspezifischen Inputparameter wurde in einem ersten Arbeitsschritt im Arbeitsgebiet das Untersuchungsgebiet Tichki ausgewählt, da hier einerseits die in DSSAT enthaltenen Früchte Mais und Gerste angebaut werden, andererseits auf ein gutes Datenarchiv aus der ersten Projektphase zurückgegriffen werden kann. Im nächsten Schritt wurde ein Minimum Dataset (MDS) für DSSAT aus der Literatur ermittelt und mit den erhobenen Daten abgeglichen, um mögliche Datenlücken zu schließen. Gleiches gilt auch für die Rangelandmodellierung mit SAVANNA. Das MDS wird benötigt um einen ersten Modell-Lauf durchzuführen. Des weiteren sind darin geeignete Kalibrierungsparameter enthalten. Mit den Daten die während der ersten Projektphase erhoben worden sind und den nun zu erhebenden Daten wird das Modell für den Standort Tichki kalibriert. Das Dataset umfasst hierbei Bodenparameter, Managementdaten, Bewässerungen, phänologische Daten und Klimadaten.

Nach der Überprüfung der Daten, die in der ersten Projektphase in Bezug auf Biomasseentwicklung und Wasserverbrauch der Pflanzen erhoben wurden, gilt es, entsprechend den Erfordernissen des MDS, vorhandene Datenlücken zu schließen. Die Erhebung von Bodendaten in Ameskar und Tichki fand durch den Doktoranden Andreas Roth im November 2003 statt. Nach den Berichten der Bevölkerung Tichkis liegen in der Oase fünf unterschiedliche Bodenarten vor. Ihrer Charakterisierung entsprechend werden auf ihnen verschiedene Feldfrüchte angebaut. Jeder dieser Bodenarten wurde in zwei Wiederholungen, mit Profilansprache beprobt. Zur Analyse der Düngegaben wurden auch hiervon Proben mitgenommen. Die Analyse der Proben ist bis zum Berichtszeitpunkt noch nicht abgeschlossen. Als weiterer wichtiger Arbeitsschritt für die Zusammenstellung des MDS wurde der Klimadatensatz durch eine einfache Klimastation (Regenmesser, Min/Max-Thermometer, 2 Piche-Evaporimeter und 3 Bodentemperaturlogger) direkt auf

einem Feld in Tichki erweitert. Darüber hinaus ermittelt noch die etwas weiter entfernte IMPETUS-Wetterstation Tichki vollständige Klimawerte.

Eine wichtige Datengrundlage zur Modellierung der Flussoasen bilden die „Cartes des Cultures“ der Drâa Oasen im Maßstab 1:5000 der ORMVAO, die eingescannt und referenziert wurden.

Bei einem zweiten Forschungsaufenthalt von Andreas Roth im März und April 2004 wurde der DSSAT Datensatz erweitert. GIS-, Boden- und Managementdaten wurden aufgenommen. Die phänologische Entwicklung von Getreide, Biomassenentwicklung, LAI, Kornfüllungsrate, Durchwurzelungstiefe und –dichte als wichtige DSSAT Modellparameter werden während der gesamten Vegetationsperiode erhoben. und zu einem geeigneten MDS für DSSAT zusammengestellt.

In Verbindung mit der IMPETUS-Konferenz fand für SAVANNA eine Einführung und Sichtung der vorhandenen und noch benötigten Datensätze durch Michael Coughenour, den Modellentwickler von SAVANNA statt. Während des Feldaufenthaltes wurden Identifizierung und Erfassung der notwendigen Modellparameter für SAVANNA weiter fortgeführt. Dazu wurde an den Testsites Trab Labied, El Miyet und Taujgalt Biomasse entnommen und das Verteilungsmuster verschiedener Pflanzengattungen bestimmt. Diese Datensätze sollen zu einer ersten Kalibrierung des Moduls Vegetation von SAVANNA herangezogen werden. Weitere wichtige Input-Daten können aus anderen Projekten wie z.B. ROSELT/OSS (Arbeitsbereiche Biodiversität, Transhumanz, Sozio-Ökonomie, Tierproduktion) übernommen werden, was ebenfalls ein Ergebnis der Konferenz in Ouarzazate ist.

Workpackage B3-5: Auswirkungen von Weide-Managementmassnahmen auf die natürliche Pflanzendecke

Die Arbeiten in diesem Workpackage wurden durch die Stellenkürzung im Teilprojekt beeinträchtigt. Dennoch konnte mit einigen Untersuchungen aus diesem Workpackage begonnen werden:

Derzeit wird mit den Gemeinden Tichki und Ouzighimt über die Anmietung von Versuchsflächen zur Erprobung kontrollierter Beweidungsvarianten verhandelt. Wir hoffen die Verhandlungen bald abschließen zu können und die Flächen in der nächsten Herbstkampagne einzurichten.

Zur Quantifizierung des lokalen Energiebedarfs und des Einflusses der Brennholznutzung auf die Steppenvegetation im Hochtal von Taoujgalt läuft derzeit eine Examensarbeit unserer Kooperationspartner vom Institut Agronomique et Vétérinaire. Die Geländearbeiten mit Ermittlung des durchschnittlichen Haushaltsbedarfs in sieben Dörfern, der Quantifizierung der gelagerten Brennholzvorräte, der Abgrenzung der Sammelgebiete und der Abschätzung der stehenden Biomasse auf ausgewählten Flächen sind abgeschlossen, Auswertungsergebnisse sind für die nächsten Monate zu erwarten.

Teilprojekt B4**Modellierung von Landnutzungsveränderung vor dem Hintergrund knapper Ressourcen und globalisierter Agrarmärkte**

Antragsteller:	Fach
Dr. I. Evers (<u>Koordinator</u>) Institut für Agrarpolitik, Marktforschung und Wirtschaftssoziologie, Universität Bonn	Politikinformationssysteme
Prof. Dr. T. Heckelei Institut für Agrarpolitik, Marktforschung und Wirtschaftssoziologie, Universität Bonn	Politikinformationssysteme

Zusammenfassung

Das agrarökonomische Teilprojekt B4 ist in der zweiten Projektphase hinzugekommen und bildet ein Bindeglied zwischen naturwissenschaftlicher und ökonomischer Forschung in IMPETUS. Zu den Hauptaktivitäten im Berichtszeitraum zählten die inhaltliche Konzipierung und die Datensammlung, vor allem bei Behörden in Marokko, sowie die Datenverarbeitung. Daneben wurden Vorbereitungsarbeiten für die Szenarienbildung durchgeführt. Insbesondere wurden wichtige Einflussfaktoren für die zukünftige wirtschaftliche einschließlich der landwirtschaftlichen Entwicklung identifiziert und erste Szenarienberechnungen durchgeführt. Weiterhin wurden einige der bereits für das Teilprojekt A4 entwickelten Modelle und Instrumente für Marokko angepasst, die in Anlehnung an das für das Teilprojekt A4-3 entwickelte Modellsystem BenIMPACT Bestandteil des Maroc Integrated Modelling System for Policy Analysis, Climate and Technology Change, kurz MarIMPACT, sind. Zu nennen sind hier insbesondere der Crop Water Requirements Calculator sowie das Informationssystem MarocInfo, von denen bereits funktionsfähige Versionen verfügbar sind. Ein weiteres Element von MarIMPACT ist das Modèle Intégré de la Vallée du Drâa (MIVaD), welches auf dem vom International Food Policy Research Institute entwickelten River Basin Modell basiert. Mit Hilfe von MIVaD werden hydrologisch-ökonomische Szenarien der Region erstellt.

Das agrarökonomische Teilprojekt B4 hat in der zweiten Projektphase seine Tätigkeit aufgenommen und hat mit der Einstellung von Frau Tanja Schmidt als Doktorandin im Dezember 2003 die Forschungstätigkeit intensiviert. Seit März 2004 ist Herr Markus Koll als Diplomand in B4 engagiert. Neben der inhaltlichen Konzipierung standen im Berichtszeitraum vor allem die Überprüfung der Datenlage sowie die Erweiterung der Datenbasis im Vordergrund. Die Teilnahme an der internationalen Konferenz in Ouarzazate am 1. und 2. April 2004 mit einem Vortrag und einem Poster wurde ebenso vorbereitet.

Um Synergieeffekte zu nutzen, werden die bereits für das Teilprojekt A4 (Benin) entwickelten Modelle und Instrumente zum Teil auch für das Untersuchungsgebiet in Marokko angewendet. So wurden für den Crop Water Requirements Calculator und MarocInfo bereits funktionsfähige Versionen erarbeitet.

Mit dem so genannten Modèle Intégré de la Vallée du Drâa (MIVaD), das auf dem am International Food Policy Research Institute (IFPRI) entwickelten River Basin Model basiert, können hydrologisch-ökonomische Aspekte der Drâa-Region modelliert werden.

Im Hinblick auf die Szenarienbildung wurde mit der Identifizierung von Einflussfaktoren für mögliche Entwicklungspfade begonnen. Als wichtige Einflussfaktoren zu nennen sind insbesondere:

- Wasserverfügbarkeit: Die Wasserbilanz der Region südlich des Atlas weist für 1990 ein Defizit von 350 Mio. m³ auf. Für das Jahr 2020 wird ein Defizit von 270 Mio. m³ prognostiziert (Debbaarh und Badraoui 2002).
- Bodendegradation (z.B. Versalzung): In den drei südlichsten Oasen des Drâatals (Fezouata, Ktaoua und M'Hamid) sind mehr als 40 % der Oberfläche von Versalzung betroffen, wobei die Versalzung von Jahr zu Jahr zunimmt (ORMVAO o.J.).
- Entwicklung des Tourismus: Der Tourismus, der eine der Säulen der Wirtschaft in der Projektregion darstellt, weist starke Wachstumsraten auf. So stieg die Zahl der ankommenden Touristen in der Provinz Ouarzazate zwischen 1998 und 2000 um 25 %, die Zahl der Übernachtungen sogar um 28 % (Centre Régional d'Investissement-Agadir o.J.).
- Errichtung einer Freihandelszone mit der EU bis zum Jahr 2010: Es wird befürchtet, dass nur die Regionen mit moderner, exportorientierter Landwirtschaft von der Freihandelszone profitieren werden, und dass der Abstand zwischen diesen und den weniger entwickelten ländlichen Regionen wächst (Martins et al. 2002).

Im Einzelnen wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

Datensammlung

Die Datensammlung stellt eine entscheidende Voraussetzung für die agrarökonomische Modellierung dar. Aus diesem Grund bildeten im Berichtszeitraum die Sammlung, Digitalisierung (sofern erforderlich) und Verarbeitung von Daten die wichtigsten Tätigkeiten. Frau Schmidt reiste im Dezember 2003 nach Montpellier, um am dortigen Institut Agronomique Méditerranéen (IAMM) nach verfügbarer Literatur sowie Statistiken in französischer und englischer Sprache zu recherchieren. Weiterhin erfolgten umfangreiche Recherchen im Internet.

Während der Aufenthalte von Herrn Dr. M'barek in Ouarzazate sowie Frau Schmidt und Herrn Koll in Ouarzazate und Rabat wurden vom Teilprojekt B4 erste Kontakte zu verschiedenen marokkanischen Institutionen geknüpft und Datenmaterial gesammelt. Zu nennen sind insbesondere folgende Institutionen: ORMVAO (Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Ouarzazate), ONEP (Office National de l'Eau Potable) und ONE (Office National de l'Electricité) in Ouarzazate sowie die Direction Générale de l'Hydraulique und das Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Eaux et Forêts in Rabat.

Bei ORMVAO wurden in erster Linie Daten zur Pflanzenproduktion, zur Tierhaltung und zur Vermarktung sowie Literatur, insbesondere zum Thema Wasser bzw. Bewässerung, beschafft. Bei ONEP wurden Zahlen zu Produktion und Verbrauch von Trinkwasser besorgt und bei ONE Daten zur Stromproduktion. Von der Direction Générale de l'Hydraulique wurden uns Literatur

sowie die Datenbank PAGER (Programme nationale d'Approvisionnement Groupé en Eau potable des populations Rurales) für die Provinz Zagora mit sozioökonomischen Daten sowie Daten zur Wasserversorgung der einzelnen Dörfer zur Verfügung gestellt. Das Agrarministerium stellte Daten aus dem Agrarzensus von 1996 für die Provinz Ouarzazate bereit.

Modellsystem MarIMPACT

In Anlehnung an das Modellsystem BenIMPACT des Teilprojektes A4-3 Benin und zur Nutzung von Synergieeffekten wurde für Marokko ein ähnliches System mit dem Namen MarIMPACT (**Maroc Integrated Modelling System for Policy Analysis, Climate and Technology Change**) erarbeitet.

MarIMPACT setzt sich aus folgenden Modellkomponenten zusammen:

- Crop-Water-Requirements-Calculator (CWR-Calculator)
- Modèle Intégré de la Vallée du Drâa (MIVaD)
- Water Poverty Index (WPI-Maroc)
- Maroc Mapping Tool (MarocInfo)

Der CWR-Calculator berechnet auf der Basis von meteorologischen Parametern die Referenzevapotranspiration und Wasserbilanzen. In einer vorläufigen Version wird Marokko von einem 0,5° Gitternetz abgedeckt, mit Daten von 1961-1995. Die Daten (maximale und minimale Temperatur, Sonnenscheindauer in Stunden, Windgeschwindigkeit, relative Luftfeuchtigkeit, Niederschläge) wurden von Heiko Paeth, Institut für Meteorologie an der Universität Bonn, bereitgestellt (CRU-Datensatz). Sobald Daten in einer höheren räumlichen Auflösung und einem längeren Zeitraum (bis 2020) verfügbar sind, können Szenarien bezüglich der Wasserverfügbarkeit berechnet werden.

Die nachfolgende Abbildung (Abb. B4-1) zeigt beispielhaft vorläufige Berechnungen der täglichen Referenzevapotranspiration in Marokko für den Monat Mai. Die hellblauen Linien markieren die Provinzgrenzen.

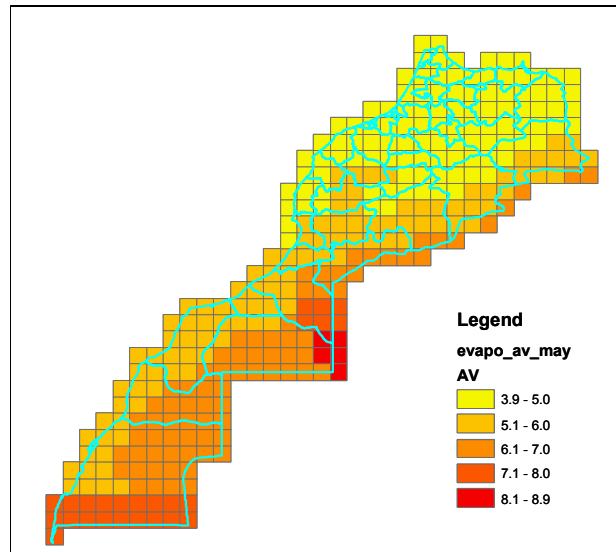


Abb. B4-1: Tägliche Referenzevapotranspiration in Marokko für den Monat Mai (Mittel 1961-1995).

Um dem täglichen Verlauf der Referenzevapotranspiration Rechnung zu tragen, werden mit einem speziellen Modul aus den monatlichen Werten tägliche Werte interpoliert, wie in Abb. B4-2 ersichtlich.

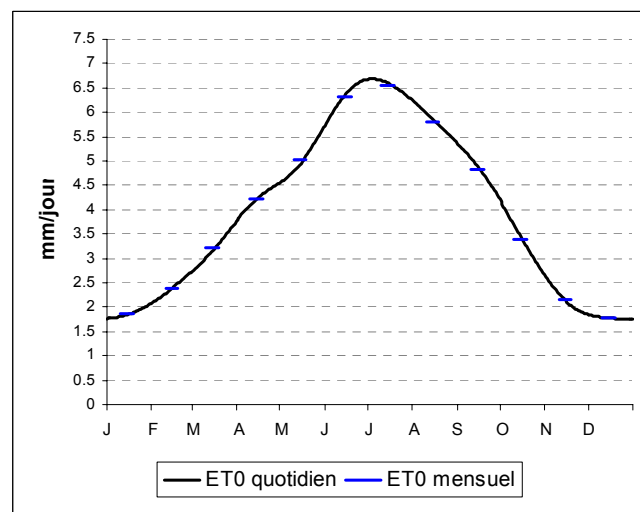


Abb. B4-2: Interpolation der täglichen und monatlichen Referenzevapotranspiration in der Provinz Ouarzazate (Mittel 1961-1995).

Das interaktive und internetkompatible Geografische Informationssystem MarocInfo, entwickelt am Institut für Agrarpolitik, Universität Bonn, ist in einer vorläufigen Version verfügbar. MarocInfo basiert auf einem in Java programmierten Code und kann über eine Schnittstelle umfangreiche Datensätze aus Sekundärstatistiken, Erhebungen und Simulationsläufen der Modelle abrufen und Daten sowie Ergebnisse benutzerfreundlich der interessierten Öffentlichkeit bereitstellen.

In der jetzigen Version deckt MarocInfo das Land auf Provinzebene ab und beinhaltet vor allem Daten aus dem Landwirtschaftssektor über einen Zeitraum von bis zu 10 Jahren. In einem nächsten Schritt wird eine Karte für das Drâa-Einzugsgebiet erstellt, die vielfältige Informationen über die Landwirtschaft auf Ebene der CMV's (Centres de Mise en Valeur Agricole) und die Ergebnisse des River Basin Modells (MIVaD) graphisch darstellen kann.

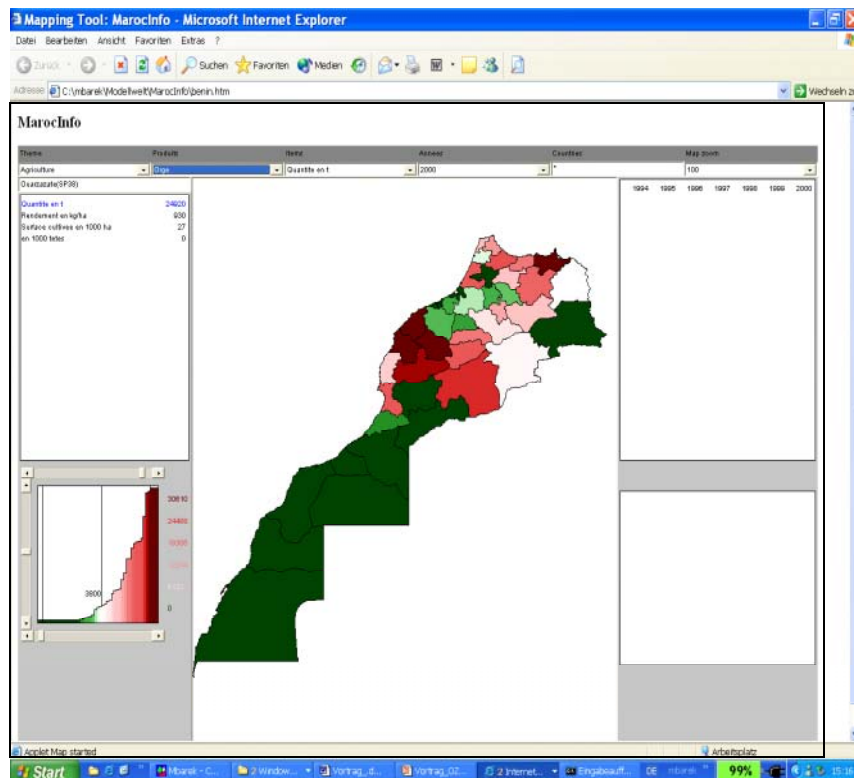


Abb. B4-3: Geografisches Informationssystem MarocInfo.

Modèle Intégré de la Vallée du Drâa (MIVaD)

Das Modèle Intégré de la Vallée du Drâa (MIVaD) dient der Abschätzung der physischen und monetären Erträge der verschiedenen Wassernutzer basierend auf dem landwirtschaftlichen und städtischen Wasserverbrauch entlang der Zuflüsse des Staudamms Mansour Eddahbi sowie der unterhalb gelegenen Oasen und der Stadt Zagora. Unter Berücksichtigung der Konkurrenzbeziehungen zwischen unterschiedlichen Anbauverfahren und unterschiedlichen Wassernutzern wird die optimale Ressourcenallokation errechnet. Hierbei werden auch unterschiedliche klimatische und sozioökonomische Szenarien angewandt.

Als Grundlage des Modells dient das River Basin Model für den Maipo-Fluss in Chile, das am IFPRI entwickelt wurde. Das reale Umfeld wird im Modell als ein Knotennetzwerk abgebildet. Die Knoten wiederum repräsentieren im Modell zum einen die Abnahmepunkte für den ländlichen oder städtischen Wasserbedarf (Nachfrageknoten), zum anderen die Quelle für den Zufluss zum nächsten Knoten (Quellknoten). So werden die natürlichen Bedingungen simuliert, die der ökonomischen Modellkomponente als Restriktionen dienen. Abbildung B4-4 zeigt das Knotennetzwerk für die Region um Ouarzazate, die dem Modell zugrunde liegt. Die Wasserentnahme an den einzelnen Knoten wird über die Profitabilität der Verwendung bestimmt.

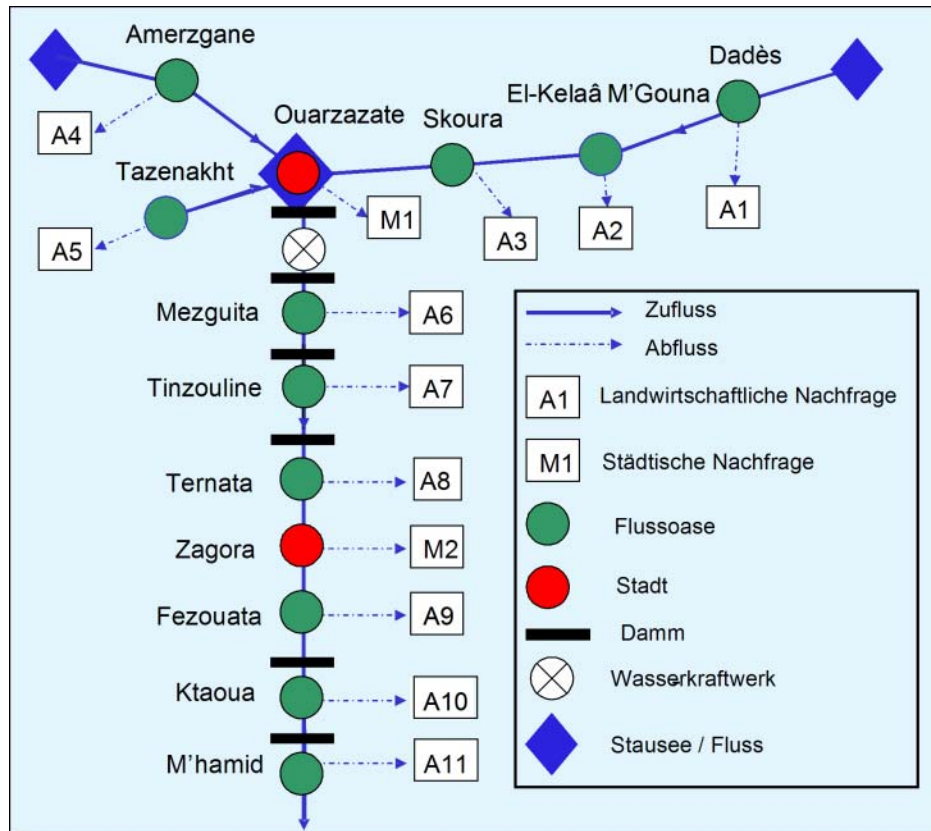


Abb. B4-4: Knotennetzwerk des MIVaD.

Das MIVaD ist somit ein Hybridmodell; es enthält zum einen Optimierungselemente für die Wasserallokation mit den Erträgen aus der Wasserverwendung als Zielwert, aber ebenfalls Simulationselemente für die natürlichen Bedingungen.

Szenarienbildung

Für die wirtschaftliche einschließlich der landwirtschaftlichen Entwicklung wurden auf nationalem Niveau erste Szenarien bis zum Jahr 2020 entworfen. Hierfür wurden aus den World Development Indicators (World Bank 2003) der Weltbank wichtige Indikatoren ausgewählt und mittels linearer Regression Trendberechnungen durchgeführt. Für den Bereich des Drâatals wurden die im Bereich der wirtschaftlichen und landwirtschaftlichen Entwicklung wichtigen Einflussfaktoren identifiziert. Zu nennen sind hier insbesondere das hohe Bevölkerungswachstum/Migration, Wasserknappheit, Degradation der Böden, Überweidung (Ministère de la Communication o.J.a) sowie eine zunehmende Bedeutung des Tourismus (Ministère de la Communication o.J.b). Weiterhin wurde damit begonnen, Literatur auszuwerten und Daten zur wirtschaftlichen Situation zusammenzustellen, um im nächsten Schritt Szenarien entwickeln zu können.

Literatur

- Centre Régional d'Investissement - Agadir o.J.: Données économiques régionales: Tourisme (www.cri-agadir.ma/pages/DonnesReg_tourisme.htm [26.02.2004])
- Debbarh, A. und Badraoui, M. 2002: Irrigation et environnement au Maroc: situation actuelle et perspectives. Actes de l'atelier du PCSI, Montpellier, France, 28-29 mai 2002. (www.picsi.info/sempicsi2/communications/Debbarh.pdf)
- Martins, C, Faltermeier, G, Triemer, S. 2002: Experiences in fostering rural economic development-nine case studies. Hrsg. GTZ. (www.gtz.de/agro-based-development/papers/presentation/Nine_CaseStudies%20_GTZ_.pdf)
- Ministère de la Communication, o.J.a: Les contraintes Majeures et Les Principaux Dysfonctionnements (www.mincom.gov.ma/french/reg_vil/regions/Souss-Massa_Drâa/contraintes.html [07.05.2003])
- Ministère de la Communication, o.J.b: Les problèmes liés au processus d'urbanisation (www.mincom.gov.ma/french/reg_vil/regions/Souss-Massa_Drâa/prob_urbanisation.html [07.05.2003])
- ORMVAO o.J.: Fragilité de l'environnement dans la zone d'action de l'ORMVA de Ouarzazate. Ouarzazate.
- Rosegrant, M., Ringler, C., McKinney, D., Cai, X., Keller, A., Donoso, G. 2000: Integrated economic-hydrologic water modeling at the basin scale: the Maipo River Basin. EPTD Discussion Paper 63. International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- World Bank 2003: World Development Indicators 2003 on CD-ROM. Washington.

Teilprojekt B5**Soziokultureller Wandel und Wassernutzung im Einzugsgebiet des Drâa**

Antragsteller:	Fach
Prof. Dr. M. Rössler (Koordinator) Institut für Völkerkunde, Universität zu Köln	Ethnologie: Ökonomisch, soziopolitisch, kognitiv
Prof. Dr. M. J. Casimir Institut für Völkerkunde, Universität zu Köln	Ethnologie: Ökonomisch und kognitiv,

Zusammenfassung

Schwerpunkt aller in B5 angesiedelten Untersuchungen ist der soziokulturelle und der institutionelle Wandel, der innerhalb der Entwicklung von Szenarien als maßgebliche Antriebskraft identifiziert wurde. Wasserverfügbarkeit und Wassernutzung stehen im Einzugsgebiet des Drâa in Wechselwirkung mit differenzierten sozialen und kulturellen Institutionen. Die ethnologischen Untersuchungen im Drâa-Tal fokussieren deshalb auf indigenen Vorstellungen und Strategien des Zugangs und der Nutzung von Wasser sowie auf die Einbindung dieser Strategien in religiöse, wirtschaftliche und sozio-politische Prozesse. Die für die Szenarientwicklung wichtigen untersuchten Bereiche sind:

- *Unterschiedliche Bewässerungssysteme und ihre Bedeutung für die Verfügbarkeit und Nutzung des Wassers bei verschiedenen bäuerlichen Gemeinschaften.*
- *Die Eingebundenheit dieser Systeme in den Bereich rechtlicher und religiöser Vorstellungen.*
- *Das Verhältnis zwischen sesshaften Gruppen und viehzüchtenden Nomaden.*
- *Soziale und politische Institutionen sowie wirtschaftliche Strategien hinsichtlich der Nutzung und Verteilung von Wasser.*
- *Arbeits-Migration und die damit verbundenen Prozesse sozialen und kulturellen Wandels.*
- *Die Bedeutung indigener Wissenssysteme und Überzeugungen für den Umgang mit natürlichen Ressourcen.*
- *Neu hinzu gekommen sind Studien zur Bevölkerungsdynamik die eine wesentliche Antriebskraft innerhalb sozioökonomischer Szenarien bildet.*

In der zurückliegenden Forschungsphase verteilten sich die Aktivitäten dabei auf zwei Bereiche: die Ausarbeitung der theoretischen Fragestellungen, wozu vor allem die Szenarientwicklung gehört, sowie die Aufarbeitung der Feldforschungsergebnisse im disziplinären und interdisziplinären Kontext. Zu den Aufgaben gehörte auch die Ausarbeitung eines neuen Kooperationskonzepts mit unseren marokkanischen Partnern. Dieses wurde während mehrerer Treffen in Marokko diskutiert. Resultat war die Erneuerung der Kooperationsverträge mit den Universitäten von Agadir und Rabat.

Workpackage B5-1: Wasserverteilung, -rechte und -konflikte

Die Analyse des Umgangs mit der Ressource Wasser kann wichtige Aufschlüsse über gesellschaftliche Bedingungen und ihre Veränderungen liefern. Die Dürre der letzten Jahre führte zu einer immer größer werdenden Verknappung der Wasserressourcen sowie zu einer zunehmenden Degradierung von Böden und Vegetation. Die Konkurrenz um die immer karger werdenden Ressourcen stellt ein erhebliches Konfliktpotential dar und bedeutet eine Bewährungsprobe für bestehende Wassermanagement und -verteilssysteme.

Entwicklung der Wasserversorgung in der Ktaoua-Oase

Neben der Teilnahme an internen Diskussionen und Workshops in Deutschland, wurden von Barbara Casciarri zwei Feldforschungsaufenthalte in Marokko durchgeführt: Vom 11. September bis 18. Oktober 2003 und vom 30 März bis zum 24. April 2004. Ziel der Untersuchungen waren, wie bereits in der vergangenen Forschungsphase, die Ait Unzâr-Nomaden und das *douar* Tiraf in der Ktaoua-Oase im südlichen Teil des mittleren Drâa-Tals.

Wassermanagement

Die Trinkwasserversorgung im Untersuchungsgebiet erfuhr in den letzten vier Jahren deutliche Veränderungen. So verbesserte sich die Trinkwasserversorgung des regionalen Zentrums Tagounite deutlich. Gab es vor 2002 lediglich alle 24 Stunden für eine kurze Periode Wasser, verbesserte sich die Versorgung im Jahre 2003 auf mehrere Stunden Wasser pro Tag und in 2004 gab es bereits einen halben Tag Wasser für die ans Versorgungsnetz angeschlossenen Haushalte. Die Verbrauchsschätzungen der ONEP (*Office Nationale d'Eau Potable*) zeigen, dass trotz dieser Ausweitung der Versorgung der Wasserverbrauch der Haushalte in Tagounite deutlich hinter dem anderer urbaner Siedlungen in Marokko liegt. Im Zuge der verbesserten Wasserversorgung wurden Spannungen mit der in *Tal Maidrin* lebenden nomadischen Bevölkerung, die durch die intensive Ausbeutung der Brunnen für die Trinkwasserversorgung der urbanen Zentren entstanden waren, abgebaut. Trotz dieser positiven Entwicklung bleibt die Versorgungslage für die am rechten Drâa-Ufer gelegenen *douars* schwierig. Hier mangelt es an salzarmen Aquiferen, die sich zur Trinkwasserversorgung eignen. Die am linken Drâa-Ufer gelegenen Dörfer profitieren hingegen durchweg von der Fertigstellung des Wasserturms im Norden der Ktaoua-Oase. Seit Sommer 2003 wird über dieses Bauwerk die Versorgung der begünstigten Dörfer mit Trinkwasser sichergestellt. In einer ersten Phase wurden in jedes Dorf Wasserleitungen mit kollektiv nutzbaren Wasserhähnen (*saqqaya*) verlegt. Seit Frühjahr 2004 werden Pläne für eine individualisierte Wasserversorgung umgesetzt. In jedem Haus soll ein Wasseranschluss installiert und der Wasserverbrauch pro Nutzer abgerechnet werden.

In Tiraf führte die Installation öffentlicher Wasseranschlüsse zu einer deutlichen Verbesserung der Qualität des häuslich genutzten Wassers. Der Salzgehalt des bis dahin genutzten Grundwassers lag bei recht hohen 10µS im Durchschnitt. Da bei der Installation der Wasseranschlüsse im Dorf auf die bestehenden Gruppenstrukturen Rücksicht genommen wurde, konnten die Prinzipien der lokalen Verwaltung auch auf die Verwaltung und Instandhaltung der neuen Infrastruktur

angewendet werden. Es ist allerdings interessant festzuhalten, dass die Bevölkerung beim Einsetzen der heißen Jahreszeit 2004, trotz der Verbesserungen bei der Wasserversorgung, die traditionellen Wasserstellen, besonders die überdachten Zisternen (*matfia*) noch nicht aufgegeben hatte. Obwohl die Wasserqualität der *matfias* schlecht ist, bleiben diese unverzichtbar, um bei den durch Störungen der eingesetzten Technik bedingten Unterbrechungen der "modernen" Wasserversorgung die Grundversorgung mit Trinkwasser zu gewährleisten.

Wasser für die Feldbewässerung über das traditionelle *segua*-System stand, wegen der anhaltenden Dürre, bis zum Sommer 2003 praktisch nicht zur Verfügung. Zwischen Oktober 2003 und April 2004 konnten die *suagi* (pl. von *segua*) insgesamt viermal für eine Bewässerung der Felder benutzt werden; zweimal aufgrund natürlichen Wasserzuflusses und zweimal durch Wasser aus dem Staudamm bei Ouarzazate. Dabei zeigte sich, dass das alte System von Wasserrechten und Wasserverteilung nach ethnischer oder Lineagezugehörigkeit weiterhin besteht und angewendet wird. Die Bewässerung von Feldern durch Brunnen mit Motorpumpen spielt in Tiraf weiterhin keine Rolle; seit 2000 gibt es im gesamten *douar* lediglich eine Motorpumpe. Die mit einer Individualisierung der Wassernutzung einhergehende "Revolution der Bewässerung" durch die Einführung von Motorpumpen, die in anderen Teilen des Drâa-Tals zu einschneidenden Veränderungen führte, ist an Tiraf spurlos vorüber gegangen. Durch die Regenfälle und die anschließende Bewässerung der Felder im Herbst 2003 hat sich die Lage in der Landwirtschaft generell verbessert. Noch im Herbst desselben Jahres war wegen der anhaltenden Dürre die Ernte der Haupthandelsfrucht, der Dattel, fast vollständig ausgefallen.

Auch für die Nomaden bedeutete die Dürre weitgehende Einschränkungen ihrer gewohnten Wirtschaftsstrategien. Die verstärkte Sesshaftwerdung von Nomaden, vor allem nach einem Verlust der Herden, war ein Indiz dafür. Die mit den Regenfällen 2003/2004 verbundene Regeneration der Vegetationsdecke erlaubt es den Nomaden, den Viehbestand wieder aufzubauen und die Herden zu vergrößern. Die im Frühjahr 2004 zu beobachtende "Re-Nomadisierung" einiger Familien bestätigen die Hypothese, dass die Sedentarisierung als eine Reaktion auf die Dürrekrise und als temporäre Notlösung angesehen wird.

Die Schwierigkeiten der zurückliegenden Jahre führten dazu, dass viele Männer gezwungen waren, das Dorf auf der Suche nach Lohnarbeit zu verlassen. Die Arbeitsmigration blieb aber immer eine temporäre und saisonale. Im Gegensatz zu anderen *douars* in Drâa-Tals gibt es in Tiraf keinen einzigen Migranten, der in Europa arbeitet. Die entsprechenden Geldrückflüsse fehlen, was mit ein Grund dafür sein könnte, dass man in Tiraf keine Motorpumpen anschaffen konnte.

Eine Kategorie von Bewohnern in Tiraf, die Nomaden, befolgen eine ganz andere Strategie der Einkommensgenerierung. Sie ziehen den Dienst beim Militär der Arbeitsmigration in die Städte vor. Beiden Strategien ist gemeinsam, dass sie die Migration bzw. den Militärdienst als temporäre Situation begreifen und das Ziel die Rückkehr ins Dorf bzw. zum nomadischen Viehzüchtertum ist. Migration bildet deshalb keinen Faktor, der zur ökonomischen Diversifikation oder zu einer Zerstörung sozialer Systeme führt.

Workpackage B5-2: Klassisches islamisches Wasserrecht

Die islamischen Schriften

In Marokko wird der malikitischen Rechtsschule gefolgt. Im Rahmen der Arbeiten zur Nutzung und zur Rechtssituation wurden die klassischen arabischen Wasser- und Landrechte, wie sie die arabischen aber auch frühe europäische Quellen wiedergeben, untersucht. Dazu gehören unveröffentlichte Handschriften, die anhand einschlägiger Kataloge durchgesehen wurden. Auch naturwissenschaftliche Abhandlungen vor allem zur Hydrologie (z.B. *al-Karaji*¹), aber auch zu Landwirtschaft, Chemie, Mathematik und Mechanik wurden gesichtet.

In Marokko weisen zahlreiche Bibliotheken umfangreiche Handschriftensammlungen auf, teilweise sogar mit veröffentlichten Katalogen. Gleichzeitig lassen sich zahllose unbekannte und dementsprechend unbearbeitete Manuskripte in anderen Handschriften- und Dokumentenarchiven, aber auch in Privathaushalten finden (vgl. Boushouk, in: Roper 1993²; Benjelloun-Laroui 1990³). Die Bibliothek der *zawiya an-Nasiriya* in Tamgrout soll neben einer umfangreichen Handschriftensammlung ein Archiv mit Dokumenten, zur Wasserverteilung beherbergen. Die Manuskripte sind in einem Katalog (Al-Mannuni 1985⁴) zwar umfassend, aber ohne Inhaltsangabe oder Index verzeichnet. Die Erstellung eines Glossars zu wasserrelevanten Termini wurde begonnen.

Stellen aus Koran und den anerkannten Hadith-Sammlungen (Prophetenaussprüche und -Traditionen) zu Land- und Wasserrecht dienen durch Jahrhunderte und Literaturgattungen hindurch als Argumente für die unterschiedlichsten Rechtsmeinungen. Selbst innerhalb einer Rechtsschule bestehen dabei nicht immer einheitliche Auffassungen. Im Koran lässt sich die zentrale Bedeutung von Wasser als Gottes Gabe für Mensch, Tier und Vegetation/Land an zahlreichen Versen erkennen (z.B. 21:30; 30:24; 13:4). Damit verbunden sind jedoch keine juristisch relevanten Stellen.

Auch die Überlieferungen bieten ein uneinheitliches Bild. So war es durchaus üblich, dass Landeigentümer und Pächter gemeinsam vom Ernteertrag profitieren und dem Landeigentümer der Ertrag eines bestimmten Feldes und damit ein unsicherer Pachtzins zustand. Der Prophet hingegen sprach sich für das unentgeltliche Überlassen von Land aus, wenn der Besitzer es nicht selber bebaut. Wer Brachland ohne bekannten Eigentümer bebaut, hat ein Anrecht auf dieses Land.

Auch das Wasserrecht ist nicht einheitlich geregelt. Grundsätzlich wird nach islamischer Rechtsauffassung Privateigentum geschützt, gleichzeitig aber mit sozialer Verpflichtung verbunden. Wer durstenden Menschen oder Tieren Wasser vorenthält, wird von Gott bestraft, während für das Tränken Durstender, sogar von Hunden, Sünden vergeben werden. Private Eigentumsrechte können u. a. durch die Aufwendung menschlicher Leistung entstehen, so z. B. an Wasser

¹ - Al-Karaji, Abu Bakr Muhammad Ibn al-Hasan: Kitab inbat al-miyah al-khafiya. Ed. Baghdad Abdalmun'im. Kairo 1997.

² - Boushouk, Al-Mustafa Ben Abd Allah: Morocco, in: Roper, Geoffrey (Ed.): World Survey of Islamic Manuscripts. London 1993. Vol. II:299-344.

³ - Benjelloun-Laroui, Latifa: Les bibliotheques au Maroc. Paris 1990.

⁴ - Al-Mannuni, Muhammad: Dalil makhtutat Dar al-Kutub an-nasiriya bi-Tamgrout. Rabat 1985.

durch Brunnenbau oder das Schöpfen aus einer öffentlichen Quelle. Ansonsten gilt Wasser als Allgemeingut, das jeder nutzen kann, solange er andere nicht beeinträchtigt.

Workpackage B5-3: Wissenssysteme und sozioökonomische Bedingungen der Wassernutzung

In diesem Workpackage wurde mit Blick auf die Szenarientwicklung untersucht, welche Rolle sozio-ökonomische Hierarchien, Gruppenidentitäten, das Geschlechterverhältnis sowie indigene Wissenssysteme für den Verbrauch und die Verteilung von Wasser spielen. Im Zentrum der Arbeiten von B5-3 standen neben der Untersuchung von Migrationsbewegungen und deren Einfluss auf Prozesse des sozialen Wandels die Analyse des lokalen landwirtschaftlichen Wissens. Die Verteilung der Ressourcen – vor allem von Wasser – wird nicht nur sozial ausgehandelt, sondern immer auch entlang indigenen Wissens und auf der Basis überlieferter Tradition kulturell bewertet. Die beiden Mitarbeiter des Workpackages, Christina Rademacher und Holger Kirscht, konnten jeweils zwei Feldaufenthalte im Herbst 2003 und im Frühjahr 2004 durchführen. Dabei wurden von Frau Rademacher die im mittleren Drâa-Tal begonnenen Studien fortgesetzt, während Holger Kirscht seine Arbeiten auf das Ameskar-Tal in Hohen Atlas konzentrierte. Dort wurden zusammen mit Kollegen des Teilprojektes B3 Untersuchungen zur Landwirtschaft und zum Wassermanagement durchgeführt. Neben den ethnologischen Forschungsarbeiten von Holger Kirscht entstand während des Aufenthaltes im Frühjahr ein Dokumentarfilm über die Wasserproblematik im Drâa-Tal.

Wasserproblematik in der Landwirtschaft

Im Untersuchungsgebiet im Hohen Atlas, dem Assif n'Ait Ahmed, gibt es fünf Dörfer, von denen bisher zwei, das obere Ameskar und das obere Tichki, näher untersucht wurden. Zwischen beiden Orten verläuft eine linguistische und politische Grenze, was die Untersuchung beider Orte besonders interessant macht. Trotz der damit verbundenen Zugehörigkeit zu verschiedenen tribalen Gruppierungen unterscheiden sich die Anbausysteme und die Bewässerungsmethoden nur unwesentlich. Beides sind kleine Dörfer mit ca. 200 Einwohnern. Die Haushalte in beiden Dörfern sind deutlich kleiner als die in vergleichbaren Orten im mittleren Drâa-Tal. Zum Zeitpunkt der Erhebung lag die durchschnittliche Haushaltsgröße in Tichki beispielsweise bei ca. 7,5 Personen pro Haushalt. Von den 28 Haushalten des Ortes hatten neun Haushalte fünf oder weniger Mitglieder, und nur zwei können mit ihren 15 und 23 Mitgliedern als große Haushalte bezeichnet werden. Die Hälfte der Haushalte hatte zwischen vier und sechs Mitgliedern.

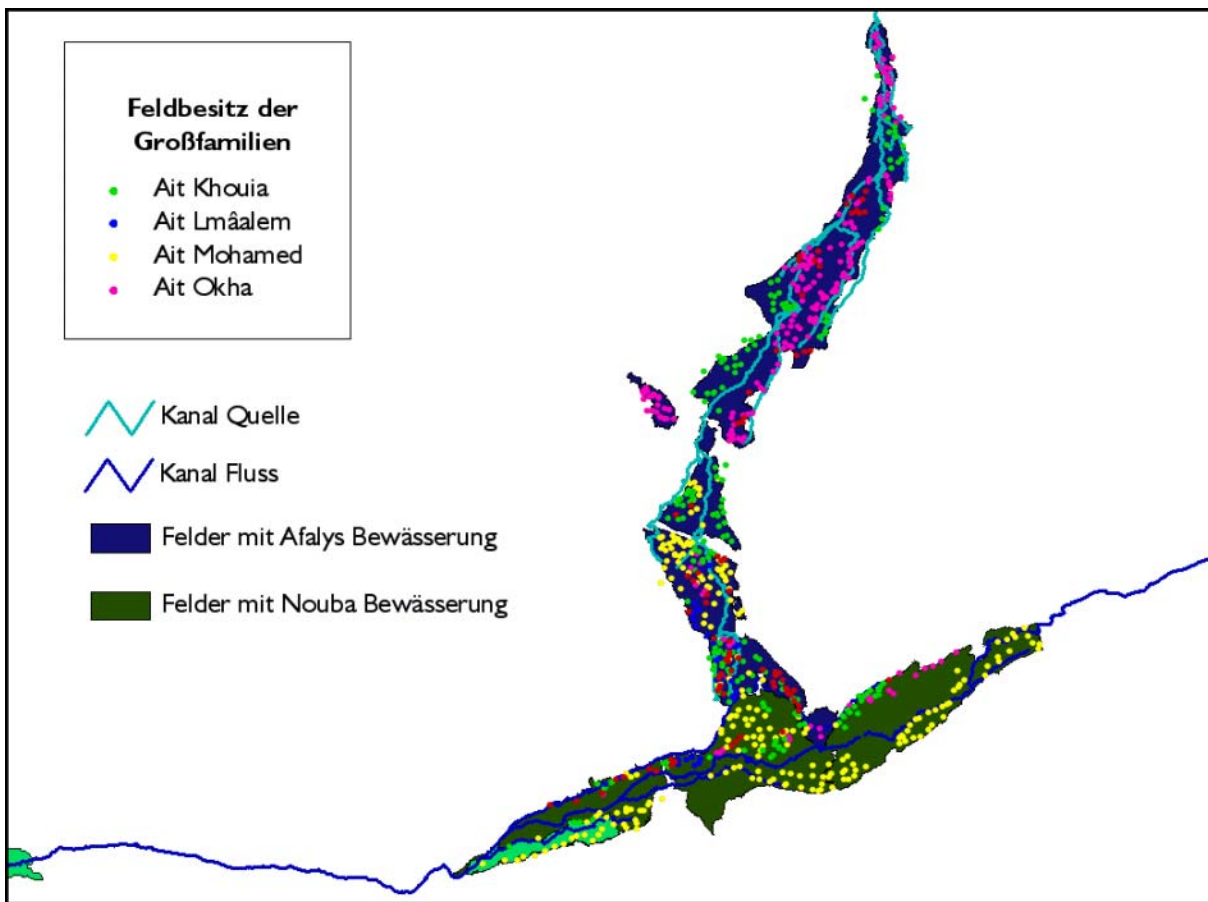


Abb. B5-1: Felder der Großfamilien in den Gebieten mit Afalys- und Nouba-Bewässerung

In Tichki gehören die Haushalte vier „Grandes Familles“ an, die als ursprüngliche oder Erstsiedler angesehen werden. In Ameskar gibt es nur drei „Grandes Familles“, der Ort gilt als alt. Tichki in der momentanen Form, als eine vom Ackerbau geprägte Siedlung, ist relativ jung. Bis in die 70er Jahre des letzten Jahrhunderts lebten noch mehrere Familien im Tighimt, der heute verfallenen Schutzburg am Ortseingang. Die ursprünglichen Siedler waren transhumante Viehzüchter der Toughza Fraktion der Ait Toumert, die hier einige Monate im Jahr verbrachten. Mit dem Ort Toughza, der am Südabhang des Jebel Aselda liegt, bestehen auch heute noch enge verwandtschaftliche und wirtschaftliche Beziehungen. Viele Familien aus Tichki besitzen auch Felder in Toughza und umgekehrt. Zwei Familien verbringen lediglich die Sommermonate in Tichki und kehren während der kalten Jahreszeit nach Toughza zurück.

Die Prinzipien des Anbaus und der Bewässerung unterscheiden sich in Ameskar und Tichki nur unwesentlich. Der markanteste Unterschied besteht darin, dass die Bevölkerung in Tichki für die Bewässerung nicht nur auf das Wasser des Ait Ahmed-Flusses angewiesen ist, sondern einen bedeutenden Teil der Felder aus mehreren Quellen eines Seitentales bewässert. (Siehe Abb. B5-1). Die Verteilung des Bewässerungswassers für die Felder im Flusstal wird nach einem klassischen Nouba-System geregelt. Familien – früher nur die vier „Grandes Familles“ - besitzen das Recht, Wasser für eine bestimmte Zeitspanne zur Bewässerung ihrer Felder zu benutzen. Eine Nouba dauert 24 Stunden, danach bewässert die nächste (Groß)-Familie ihre Felder. Heute gibt

es fünf Noubas in Tichki, d.h. nach jeweils zehn Tagen beginnt der Bewässerungszyklus von vorn.

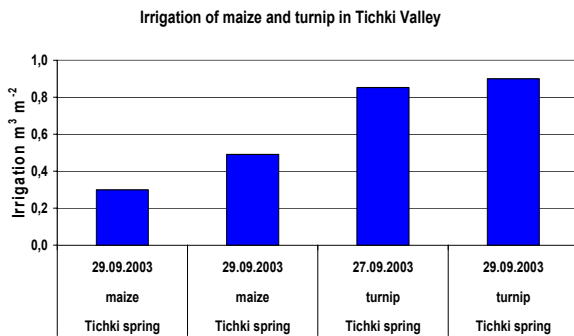


Abb. B5-2: Wasserverbrauch von Mais und Rüben

Im Seitental wird das so genannte Afalys-System praktiziert. Die Bewässerung erfolgt hier nicht nach Familienzugehörigkeit, sondern nach Lage der Felder. Die Bewässerung beginnt bei den höchstgelegenen Feldern und endet nach 12 Tagen bei den am unteren Ende des Seitentals gelegenen. Nach Aussage der Bauern ermöglicht die relativ regelmäßige Schüttung der Quellen dieses Vorgehen.

Erste Messungen zur verfügbaren Wassermenge und zum Bedarf für die Feldbewässerung wurden in Zusammenarbeit mit den Kollegen des Teilprojektes B3 durchgeführt. Zur Zeit werden weitere Vergleichsdaten erhoben. Der Wasserbedarf pro Quadratmeter Feldfläche lag gegen Ende der Vegetationsperiode im Herbst 2003 zwischen 0,3 und 0,9 m³ Wasser pro m². Neben der Bodenqualität ist vor allem die angebaute Feldfrucht für den Wasserbedarf ausschlaggebend. So verbraucht Getreide deutlich weniger Wasser als Gemüse.

Die hier beschriebenen Wassermanagementsysteme – Nouba und Afalys – bieten die Möglichkeit, die Verteilung einer knappen Ressource zu regulieren. Nach guten Regen- und Schneefällen während des Winters 2003/2004 und anhaltenden feuchten Wetters während des Frühjahres 2004 wurden beide Wassermanagementsysteme nicht angewandt. Es stand immer ausreichend Wasser zur Verfügung, damit "jeder nehmen konnte was er braucht".

Migration und sozioökonomischer Wandel

Während Feldforschungsaufenthalten im Herbst 2003 und Frühjahr 2004 wurde die GPS-Kartierung des Dorfes Ouled Yaoub abgeschlossen. Inzwischen sind sämtliche Feld- und Dorfbrunnen, die Grenzen der landwirtschaftlichen Anbaufläche sowie die Häuser des Dorfes kartiert. Diese raumbezogenen Daten werden momentan mit durch Befragungen erhobenen Informationen zur traditionellen Bewässerung, zum Besitz der landwirtschaftlichen Parzellen, den Anbauprodukten sowie Erb- und Landrechtskonflikten korreliert und in ein GIS-System eingegeben (Siehe Abb. B5-3).

Die Untersuchung des häuslichen Wasserverbrauchs, die Angaben zum Wasserverbrauch für die Küche, Trinkwasser, Wasser für Dusche/WC, Wasser zum Wäschewaschen sowie den Bedarf der im Haushalt gehaltenen Tiere beinhaltet, wurde in 8 ausgewählten Haushalten unterschiedlicher Größe bislang zweimal durchgeführt. (Siehe Tab. B5.1).

Erhebungszeitraum	Haushalt (HH)	Verbrauch Liter/HH
Januar/Februar 2003	Kleiner Haushalt (2-5 Personen)	39, 99
	Mittlerer Haushalt (6-10 Personen)	160, 32
	Großer Haushalt (14-22 Personen)	214, 71
März 2004	Kleiner Haushalt	64, 67
	Mittlerer Haushalt	128, 66
	Großer Haushalt	267, 71

Tab. B5.1: Häuslicher Wasserverbrauch in Oulad Yaoub.

Das Dorf ist seit November 2003 an das ONEP-System angeschlossen und bezog für 2-3 Stunden pro Tag Wasser aus der Leitung. Seit Mitte März 2004 wurde die Versorgung wieder eingestellt, da sich im Wasserturm fast kein Wasser mehr befand. Zur 2. Untersuchung bezogen die Familien ihr Wasser wie auch in der 1. Untersuchung aus privaten oder kollektiven Brunnen bzw. über Leitungssysteme aus den Gärten. Es bestätigte sich die vermutete Zunahme des Wasserverbrauchs zu Beginn der heißen Jahreszeit. In allen Haushalten werden die höchsten Verbrauchswerte bei den Arbeiten in der Küche und dem Wäschewaschen beobachtet.

Des Weiteren wurden Daten zum landwirtschaftlichen Wasserverbrauch durch Messungen der Pumpenbewässerung und Ermittlung von Feldgrößen erhoben. Hier steht eine genaue Analyse noch aus. Beim letzten Aufenthalt im Dorf konnte eine *Lâché* (ein Wasserablass aus dem Staudamm zum Zweck der Bewässerung) und die traditionelle Bewässerung durch die *Seguia* beobachtet werden. Abhängig von der vorhandenen Wassermenge tritt ein kompliziertes Verteilungssystem in Kraft, bei dem jeder Bauer entsprechend seiner Wasserrechte zu einem genau festgelegten Zeitpunkt und einer begrenzten Zeitdauer seine Parzellen bewässern darf.

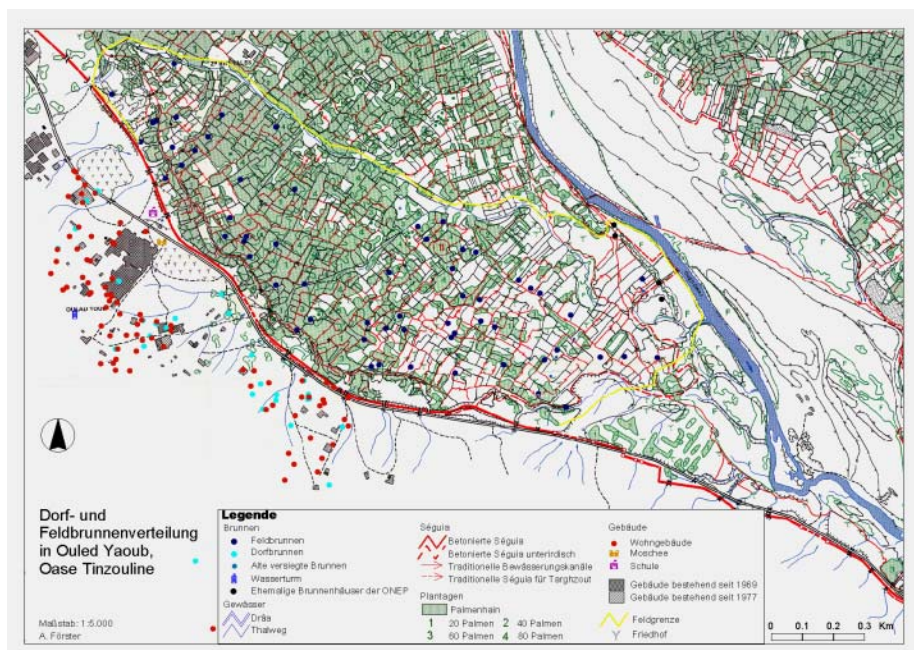


Abb. B5-3: Dorf- und Feldbrunnenverteilung in Ouled Yaoub.

Außerdem wurden im Oktober 2003 und Ende März 2004 Wasserproben ausgewählter Dorf- und Feldbrunnen genommen, um in Zusammenarbeit mit Sébastien Cappy (Teilprojekt B2) Aufschlüsse über die Wasserqualität und die mögliche Veränderung zu verschiedenen Zeiten (nach Regenfällen oder Lâchers) zu erhalten. Die gewonnenen Daten werden mit Aussagen der Brunnenbesitzer zur Wasserqualität etc. korreliert.

Den zweiten Forschungsschwerpunkt bildet die Migration vor allem junger Männer und deren Auswirkungen auf die dörfliche und familiäre Ebene in Ouled Yaoub. In der Regel kommen Migranten nur ein bis zweimal pro Jahr zum großen Opferfest und im Sommer nach Hause. Zwei Feste wurden genutzt, um Interviews mit Migranten zu führen. Darüber hinaus wurden drei Reisen in die bevorzugten Zielorte der Migranten unternommen, um die Akteure an ihren Lebens- und Arbeitsplätzen beobachten und befragen zu können. Diese Vorgehensweise hat sich als sehr ergiebig herausgestellt, da die Männer außerhalb des Dorfes weitaus gesprächsbereiter und offener sind und in vielen Fällen ein Interesse hatten, ihre zumeist problematische Arbeitssituation und die beengten Wohnverhältnisse in den Städten darzustellen. Dabei konnten Erkenntnisse nicht nur über die Lebenssituation gewonnen, sondern auch Aussagen über Bindungen ans Dorf, Geldüberweisungen an die im Dorf lebenden Familien sowie über Investitionen gewonnen werden.

Zu einem geringen Teil leben diese Migranten mit ihren Kernfamilien in den Städten. Alle Frauen bevorzugen das Leben in der Stadt, haben aber ihren Kontakt zum Herkunftsort bewahrt. Sie fühlen sich als Teil des nationalen Netzwerks der MigrantInnen von Ouled Yaoub. Es gibt nach wie vor einen regen Informationsaustausch zwischen Dorf und Stadt. Im Gegensatz dazu zeigt die in der Stadt aufgewachsene junge Generation fast kein Interesse an ihren Wurzeln und beschreibt das Leben im Dorf als rückständig und schwierig.

Für verwitwete oder geschiedene alleinerziehende Frauen, die für den Lebensunterhalt ihrer Familien allein zuständig sind, bietet das Stadtleben im Gegensatz zum Dorf die Möglichkeit, ohne soziale Stigmatisierung einer Arbeit nachzugehen und ihre Kinder selbstbestimmt aufwachsen zu sehen.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass Migration eine Überlebensstrategie der Bevölkerung gerade während der Dürreperioden darstellt, da die landwirtschaftliche Produktion zur Subsistenz nicht ausreicht. Laut Aussagen der Betroffenen wird ein Großteil des Lohns an die im Dorf lebende Familie geschickt, der heutzutage in der Regel jedoch nur zur Deckung der primären Bedürfnisse reicht. Allein bei den wenigen Fällen internationaler Migration und bei den Männern, die schon in den 60er und 70er Jahren migrierten, verstärkte Investitionen gerade im landwirtschaftlichen Sektor zu beobachten. Der Geldrückfluss und auch die Horizonterweiterung durch Migration haben vielfältige Veränderungen nicht nur auf familiärer Ebene, sondern auch im Hinblick auf die hierarchisch gegliederte Gesellschaftsstruktur, die Geschlechterbeziehungen und die landwirtschaftliche Produktion nach sich gezogen.

Workpackage B5-4: Bevölkerungsdynamik im Einzugsgebiet des Drâa

Die Arbeiten und die Aufgabenstellung dieses Workpackages lehnten sich eng an die des Workpackage B5-3: "Wissenssysteme und sozioökonomische Bedingungen der Wassernutzung" an. Für die Szenarientwicklung sind Bevölkerungsentwicklung und -verteilung entscheidende Parameter. Mit ihren lokalen kulturellen Determinanten haben sie erheblichen Einfluss auf die Verfügbarkeit von Wasser. Obwohl die Datenrecherchen in Marokko und die differenzierte Erfassung von Mustern der Fertilität, Mortalität und Migration auf lokaler und regionaler Skala erst im Herbst 2003 begannen und sich die verantwortliche Mitarbeiterin Regine Penitsch noch in Marokko befindet, liegen bereits erste Ergebnisse vor.

Demographische Untersuchungen im Drâa-Einzugsgebiet

Die Untersuchung findet in drei Schritten statt, von denen die beiden ersten bereits weitgehend abgeschlossen werden konnten:

- Das Sammeln von bereits vorhandenen Sekundärdaten in Marokko
- Ein *survey* in 15, über das gesamte Einzugsgebiet verteilten Dörfern mit Hilfe marokkanischer Assistenten
- Eine vertiefende Untersuchung zu Auswirkungen der Trockenheit auf die häusliche Trinkwasserversorgung

Zum Zweck der Sammlung von vorhandenen Sekundärdaten zur Demographie, ihrer Sichtung und der Diskussion über Konzepte und Methodik ihrer Erstellung, wurden die entsprechenden staatlichen Stellen in Rabat (Statistikamt – *Direction de la Statistique du Ministère de la Prévision Economique et du Plan*, Gesundheitsministerium – *Direction de la Population du Ministère de la Santé*) sowie in Ouarzazate aufgesucht. Darüber hinaus gab es Kontakte und Informationstreffen bei halb- und nichtstaatlichen Institutionen (zum Beispiel der LDDF – *Ligue Démocratique pour les Droits de la Femme* und der AMPF – *Association Marocaine de Planification Familiale*), da bei diesen Institutionen Informationen ergänzend oder sogar in besserer Qualität vorliegen als bei den staatlichen Stellen. Letzteres trifft vor allem dann zu, wenn es um Themen geht, die im öffentlichen und staatlichen Diskurs tabuisiert sind, wie Daten zu sexuell übertragbaren Krankheiten.

Das Statistikamt (*Direction de la Statistique*) in Rabat stellte Veröffentlichungen zur demographischen Lage Marokkos und insbesondere der Region Sous-Massa-Drâa zur Verfügung. Diese Studien wurden staatlich beauftragt und umfassen Themen wie Familienplanung, reproduktive Gesundheit, rurale Entwicklung⁵. Vom Beauftragten für die Zensusdurchführungen wurden auf

⁵ Darunter sind Titel wie

(1989) *Education et Changements Démographiques au Maroc*. Rabat : C.E.R.E.D.

(1994) *Manuel d'Analyse Démographique. Guide Pratique*. Rabat : C.E.R.E.D.

(1995) *Croissance Démographique et Développement du Monde Rural*. Rabat : C.E.R.E.D.

(1997) *Actes : Population, Environnement et Pauvreté. Symposium International, 28-29 Octobre 1997 à Rabat*. Rabat : C.E.R.E.D.

(1998) *Population et Environnement au Maroc*. Rabat : C.E.R.E.D.

(1999) *Aspects Démographiques et Socio-Economiques de la Région de Souss-Massa-Drâa*. Rabat : C.E.R.E.D.

Anfrage die Daten des letzten nationalen Zensus von 1994 auf Dorfebene bereitgestellt. Ausgewählt wurden dafür zunächst die Dörfer, in denen in den letzten Jahren ethnologisch gearbeitet wurde: Amskare-Elthtani, Amskare-Foukani und Tichki im Hohen Atlas, Oulad Ayoub, Oulad Sliman, Blida und Tiraf im Drâa-Tal.

Diese offiziellen Daten sind sehr lückenhaft und stellen teilweise nur sehr grobe Schätzungen dar. Der Beauftragte für die Zensusdurchführung wies selbst darauf hin, dass die Daten auf Dorfebene nicht verwertbar sind. Die kleinste Einheit, die methodisch als repräsentativ gelten kann, sei die *commune*. Die Ergebnisse werden dann vom Statistikamt auf Dorfebene heruntergerechnet. Selbst dies ist bei manchen Angaben kaum nachzuvollziehen. Teilweise scheinen die Daten rein erfunden zu sein. Zum Beispiel wird für das Dorf Tichki als Information über den Familienstand der ab 15-Jährigen ausgesagt, dass jeweils ein Drittel (33,3%) der männlichen Bevölkerung ledig, verheiratet bzw. verwitwet ist; für die weibliche Bevölkerung werden 0 % ledig, ein Drittel verheiratet, ein Drittel geschieden und ein Drittel verwitwet angegeben (unveröffentlichte Angaben der *Direction de la Statistique*).

Die mangelhafte Qualität der erhaltenen Informationen auf der Ebene der Dörfer bestätigt die Notwendigkeit, selbst Daten auf Mikroebene zu erheben. Um an bessere Daten zu kommen, um die demographische Situation im gesamten Drâa-Tal einschätzen zu können, wird mit Hilfe mehrerer Assistenten momentan eine Untersuchung in insgesamt 15 Dörfern durchgeführt. Ziel ist zunächst, die generelle demographische Lage zu erfassen. Des Weiteren werden Themen wie die Versorgung mit Wasser, die Organisation der Wasserversorgung, das Lebensniveau (Lebenshaltungskosten, Besitz), die Bildungsmotivation, der Gütertransfer zwischen den Generationen und allgemein die Zufriedenheit des Lebens erfasst – alles Fragen, die um die Auswirkung der Trockenheit auf die Haushalte kreisen. Dabei werden unabhängig von der Größe des Dorfes zehn Haushalte erfasst, die zufällig ausgewählt werden. Diese Haushaltsanzahl repräsentiert je nach Dorfgröße zwischen 2,5% und 50% des gesamten Dorfes.

Als dritter Forschungsteil wurde eine vertiefte Untersuchung zur Auswirkung der Trockenheit auf Haushaltsebene hinsichtlich der Trinkwasserversorgung und des demographischen Wandels im Drâa-Tal begonnen. Dabei werden alle drei Faktoren des demographischen Wandels Fertilität, Mortalität und Migration berücksichtigt. Ziel ist, die Verwobenheit demographischer Prozesse mit dem spezifischen lokalen soziokulturellen Kontext sowie dem Zugang zu einer natürlichen Ressource wie Wasser zu erkennen.

Hierfür wurde das Dorf Beni Zoli ausgewählt, das 18 km nördlich von Zagora liegt. Ausgewählt wurde das Dorf zum einen aus dem forschungspraktischen Grund, möglichst schnell Zugang zu Familien zu erhalten. Durch den Verein *Association Féminine de Développement et de Solidarité* wird dies gewährleistet. Darüber hinaus ermöglichen die Aktivitäten des Vereins einen öffentlichen Diskurs über mögliche Veränderungen.

Projektbereich C

Integration, Organisation und Datenmanagement

Teilprojekt C2**Datenmanagement und übergeordnete Arbeiten**

Antragsteller	Fach
Prof. Dr. P. Speth Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln	Sprecher
Prof. Dr. B. Diekkrüger Geographisches Institut, Universität Bonn	Stellvertretender Sprecher

Zusammenfassung

Die Datenerhebung in IMPETUS wird in Feldkampagnen und mit Hilfe der IMPETUS-Messnetze, die zu Beginn der zweiten Projektphase erweitert wurden, kontinuierlich fortgeführt. Weitere umfangreiche Datenbestände wurden von lokalen Kooperationspartnern akquiriert. Ein großer Teil der in IMPETUS erhobenen oder akquirierten Datensätze wurde in der Metadatenbank, die über das Internet öffentlich zugänglich ist, dokumentiert. Zum Teil können die zugehörigen Datensätze direkt herunter geladen werden. Das Teilprojekt C2 pflegt die Internetpräsentation von IMPETUS und redigiert den seit Mai 2003 monatlich erscheinenden internen Mitteilungsbrief, dessen Ziel es ist, den fachlichen Austausch über die Teilprojekte und Fachdisziplinen hinaus zu fördern.

Datenlage

Die in der ersten Projektphase installierten Messnetze in Benin und in Marokko mit Klimastationen, Abflusspegeln, usw. werden in der zweiten Phase kontinuierlich weiter betrieben. Zum Teil wurden zu Beginn der zweiten Phase weitere Messstationen ergänzt, so z.B. fünf Pluviographen im Oberen Ouémé-Einzugsgebiet in Benin und zwei Snow-Pillows zur Messung des zeitlichen Verlaufs des Auf- und Abbaus der Schneedecke im Hohen Atlas in Marokko. Die Tabellen C2-1 und C2-2 geben einen Überblick über die aktuell installierten Messstationen in den beiden IMPETUS-Einzugsgebieten.

Auch in der zweiten Projektphase wird die Datenerhebung an den Messstationen und im Rahmen von Feldkampagnen fortgeführt. Neben den direkt von IMPETUS betriebenen Messstationen werden noch zahlreiche weitere Messdaten anderer Organisationen regelmäßig beschafft und ausgewertet. IMPETUS steht auch weiterhin ein umfangreiches hydro-meteorologisches Netzwerk im oberen Ouémé-Tal in Zentral-Benin zur Verfügung. Die Messungen werden von der *Direction Météorologique Nationale* (DMN, Benin), *Direction de l'Hydraulique* (DH, Benin) und dem *Institut de Recherche pour le Développement* (IRD, Frankreich) betrieben.

In Marokko wurden im vergangenen Jahr – vorwiegend von der *Direction Regionale de l'Hydraulique* (DRH, Agadir, Marokko) umfangreiche Datensätze zur Verfügung gestellt: Niederschlags- und Abflussmessungen an verschiedenen Stationen im Drâa-Tal, Daten zum zeitlichen Verlauf der *lâchers* des Staudamms Mansour Eddahbi sowie Ergebnisse der grundlegenden

Bestandsaufnahme des Programms PAGER (Programme nationale d'Approvisionnement Groupé en Eau potable des populations Rurales) für die Provinz Ouarzazate. Letztere umfassen umfangreiche Datenbanken zu Dörfern, Haushalten und Wasserstellen.

Metadatenbank

Nachdem zu Beginn des Jahres 2003 die IMPETUS-Metadatenbank neu strukturiert wurde, ist der Testbetrieb erfolgreich verlaufen. Bis Mitte April 2004 wurden von den IMPETUS-Mitarbeitern 235 Datensätze in der Metadatenbank dokumentiert. 36 Datensätze sind bisher dezentral zum download bereitgestellt und können – in Abhängigkeit von der Zugangsberechtigung – heruntergeladen werden. Für nicht öffentlich frei gegebene bzw. derzeit nicht zum Download bereitgehaltene Daten kann über ein Anfrageformular Kontakt zum jeweiligen Ansprechpartner und zum Datenmanagement aufgenommen werden

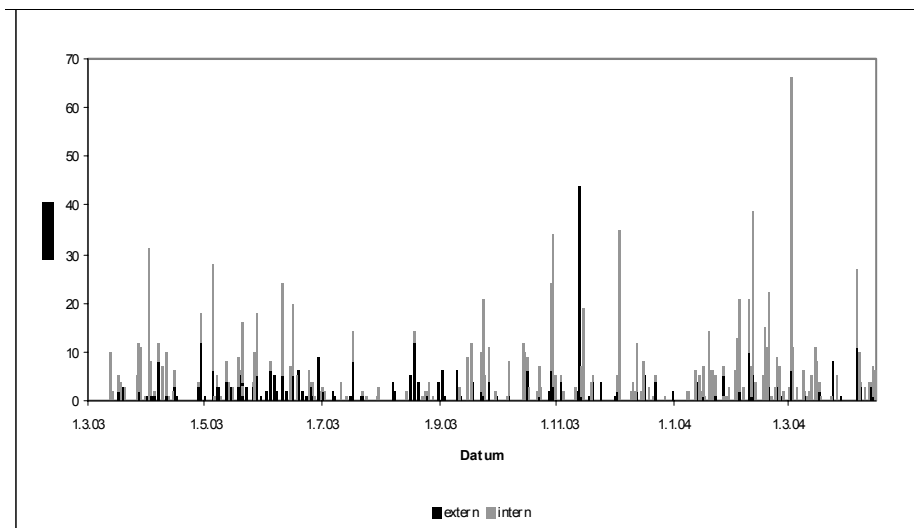


Abb. C2-1: Tägliche Metadatenaufrufe (intern/extern) seit 12.3.2003.

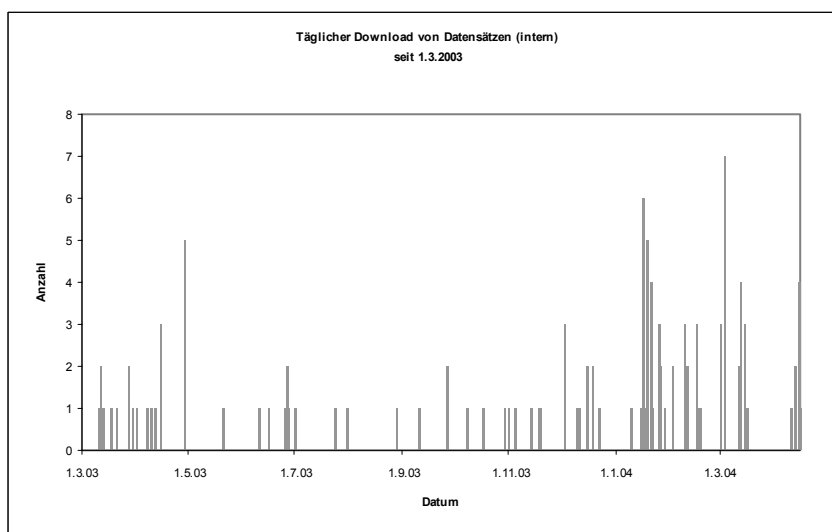


Abb. C2-2: IMPETUS interner Daten-Download über die Metadatenbank.

Die Metadatenbank wird regelmäßig zu Datenrecherchen von internen und externen Interessenten genutzt (Abb. C2-1). Die Zahl der Downloads (Abb. C2-2 und Tab. C2.1) ist derzeit aufgrund der geringen Zahl an Datensätze, die zum Download bereitstehen noch gering, wird aber zukünftig deutlich ansteigen. Ein großer Teil des Datenaustauschs innerhalb von IMPETUS läuft zur Zeit auf direktem Weg zwischen den einzelnen Wissenschaftlern und wird daher von der hier aufgeführten Auswertung nicht berücksichtigt.

Tab. C2.1: Download (intern) von Datensätzen über die IMPETUS-Metadatenbank.

<i>Datensatz</i>	<i>Downloads</i>
<i>12 hourly rainfall data</i>	<i>1</i>
<i>A Social Sciences Bibliography of Wadi Drâa, Rural Morocco and the Maghreb – In relation with water resources management</i>	<i>5</i>
<i>Administrative boundaries</i>	<i>3</i>
<i>CRU CL 2.0 global 10' monthly climatology (1961-1990)</i>	<i>1</i>
<i>Daily maximum temperatures (BDMET)</i>	<i>2</i>
<i>Daily meteorological observations</i>	<i>4</i>
<i>Daily minimum temperatures (BDMET)</i>	<i>2</i>
<i>Daily precipitation</i>	<i>1</i>
<i>Daily rainfall (BDMET)</i>	<i>3</i>
<i>Daily Runoff data</i>	<i>3</i>
<i>Landsat V Image Eastern Morocco</i>	<i>4</i>
<i>Mean daily vapour pressure (BDMET)</i>	<i>3</i>
<i>Mean daily wind speed</i>	<i>1</i>
<i>Meteorological measurements</i>	<i>12</i>
<i>Meteorological measurements Oued Mird</i>	<i>2</i>
<i>Monthly means of meteorological data</i>	<i>4</i>
<i>Monthly precipitation data of different drainage basins</i>	<i>4</i>
<i>Monthly rainfall data</i>	<i>2</i>
<i>Precipitation intensity (BDLAB)</i>	<i>1</i>
<i>Propagation speed of Mansour Eddahbi reservoir discharge (lâchers)</i>	<i>2</i>
<i>Soil maps of Benin: Cartes Pédologiques de Reconnaissance (1:200.000), ten sheets digitalized.</i>	<i>1</i>
<i>Third general population and habitation census of Benin 2002 - Results</i>	<i>2</i>
<i>Third general population and habitation census of Benin 2002 - synthesis of results</i>	<i>4</i>
<i>Village and Water Point Database of the Province of Ouarzazate (PAGER)</i>	<i>1</i>
<i>Water resources in Low Ktaoua and surrounding grazing lands</i>	<i>1</i>
<i>Water sources and pathogens</i>	<i>4</i>

Tab. C2.2: Überblick über die installierten Messstationen des Projektbereiches A in Benin.

Teilprojekt	Messgerät/Art der Messung	Messgrößen	Standort	Geogr. Länge °E	Geogr. Breite °N	Messung seit	Betreiber
A1	Regenmesser	Regenintensität, Regenmenge	IMPETUS-Doguè	1.92339	9.09278	15.01.02	A. Fink
	Regenmesser	Regenintensität, Regenmenge	Adjimon	2.02944	9.13092	16.01.02	A. Fink
	Regenmesser	Regenintensität, Regenmenge	Kpaawa	2.05497	9.15517	16.01.02	A. Fink
	Regenmesser	Regenintensität, Regenmenge	Bassila	1.67142	9.00778	17.01.02	A. Fink
	Regenmesser	Regenintensität, Regenmenge	Wari-Marò	2.16389	9.16658	2/2004	A. Fink
	Regenmesser	Regenintensität, Regenmenge	Oubèrou	2.05242	9.02903	2/2004	A. Fink
	Regenmesser	Regenintensität, Regenmenge	Manikri	1.71925	8.97581	2/2004	A. Fink
	Regenmesser	Regenintensität, Regenmenge	Igbèrè	1.96167	8.99258	2/2004	A. Fink
	Regenmesser	Regenintensität, Regenmenge	Igbomakoro-Appi	1.82190	9.04869	2/2004	A. Fink
	Strahlung	Kurzweilige Globalstrahlung, reflektierte kurzweilige Strahlung, langweilige Strahlung	Parakou	2.61228	9.35672	03.10.01	A. Fink
	Strahlung	Kurzweilige Globalstrahlung, reflektierte kurzweilige Strahlung, langweilige Strahlung	Cotonou	2.383	6.35	28.06.01	A. Fink
	Windmesser	Windgeschwindigkeit, Windrichtung	Gaya (Niger)	11.8833	3.45	19.01.02	A. Fink
	Windmesser	Windgeschwindigkeit, Windrichtung	Parakou	2.61	9.35	24.07.02	A. Fink
A2	Klimastation 1	Lufttemperatur, Luftfeuchte, Taupunkt, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Niederschlag, Luftdruck, kurzweilige Globalstrahlung, Strahlungsbilanz, Bodentemperaturen, Bodenfeuchte, Bodenwärmestrom	Aguima Mont GdG	1.91017 1.90412	9.12783 9.13156	7/2001	S. Giertz
	Klimastation 2	Lufttemperatur, Luftfeuchte, Taupunkt, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Niederschlag, Luftdruck, kurzweilige Globalstrahlung, Strahlungsbilanz, Bodentemperaturen, Bodenfeuchte, Bodenwärmestrom	Aguima Savanne	1.90397 1.91015	9.13178 9.13023	7/2001	S. Giertz
	21 TDR-Rohre 15 TDR-Rohre	Bodenwassergehalt, Bodenfeuchte	Aguima-Einzugsgebiet	verschiedene Standorte		6/2001 10/2001	T. El-Fahem
	BWS 1: TDR, Tensiometer, Saugkerzen	Bodenwassergehalt, Bodenfeuchte, Bodensaugspannung	Aguima Savanne	1.90740	9.12534	7/2001	S. Giertz T. El-Fahem
	BWS 2: TDR, Tensiometer, Saugkerzen	Bodenwassergehalt, Bodenfeuchte, Bodensaugspannung	Aguima Feld Gaulle	1.94321	9.10380	7/2001	S. Giertz T. El-Fahem
	3 Multiparameter-sonden	Trübung, Leitfähigkeit, Temperatur	Aguima-Unterlauf Igbomakoro (Terou) Donga/Afon (Donga)	1.95962 1.900 2.096	9.12775 9.068 9.729	3/2004	C. Hiepe
	5 Pegelmesser	Wasserstand, Abflussmenge	Aguima-Oberlauf Aguima-Mittellauf Aguima-Unterlauf Niaou-Oberlauf (Niaou-Unterlauf)	1.91240 1.92480 1.95962 1.94816 (1.96201)	9.13090 9.13482 9.12775 9.10600 (9.12781)	7/2001 (4/2002 - 4/2004)	S. Giertz
A3	Klimastation 3	wie Klimastation 1 und 2	Doguè	1.94336	9.10381	13.04.01	J. Burkhardt
	Saftflussmessgerät	Wasserverbrauch einer Pflanze oder von Teilen von Pflanzen	Doguè	1.94336	9.10381	4/2001 – 9/2002	J. Burkhardt

Tab. C2.3: Überblick über die installierten Messstationen des Projektbereiches B in Marokko.

Teilprojekt	Messgerät / Art der Messung	Messgrößen	Standort	Geogr. Länge °E	Geogr. Breite °N	Höhe ü. NN	Messung seit	Betreiber
B 2	Pegelmesser	Wasserstand, Abflussmenge	Arguioûn	-6.31670	30.65000	1020	11.01.01	B. Weber
	Pegelmesser		Jebel Hssain	-5.62867	29.93670	725	11.01.01	B. Weber
	Pegelmesser		Bou Skour	-6.33983	30.95167	1420	11.01.01	B. Weber
	Pegelmesser		El Miyit	-5.62900	30.36367	792	11.01.01	B. Weber
	Klimastation 1	Lufttemperatur, Luftfeuchte, Taupunkt, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Niederschlag, Luftdruck (nur an Station 3), kurzweilige Globalstrahlung, reflektierte Strahlung (nur an Stationen 1, 4, 5, 8, 9 und 10), Strahlungsbilanz, Erdbodentemperaturen, Bodenfeuchte (Stationen 1, 4, 8, 9 und 10), Bodenwärmestrom (Stationen 1, 4, 5, 8, 9 und 10), Schneehöhe (Stationen 2, 3, 5 und 7), Schneewasseräquivalent, (Station 9, 11), Schneeoberflächentemperatur, Schneetemperaturprofil (Stationen 9, 10, 11)	Lac Iriki	-6.34903	29.97308	445	18.10.01	O. Schulz
	Klimastation 2		Jebel Hssain	-5.62867	29.93670	725	09.04.01	O. Schulz
	Klimastation 3		El Miyit	-5.62900	30.36367	792	16.11.00	O. Schulz
	Klimastation 4		Arguioûn	-6.31670	30.65000	1020	09.04.01	O. Schulz
	Klimastation 5		Bou Skour	-6.33983	30.95167	1420	23.10.01	O. Schulz
	Klimastation 6		Trab Labied	-6.57850	31.17100	1383	09.04.01	O. Schulz
	Klimastation 7		Taoujgalt	-6.32203	31.38994	1900	21.10.01	O. Schulz
	Klimastation 8		Imeskar	-6.24755	31.50145	2245	04.04.01	O. Schulz
Klimastation 9	Tichki		-6.30287	31.53744	3165	03.04.01	O. Schulz	
Klimastation 10	M' Goun		-6.45102	31.50225	3900	08.10.01	O. Schulz	
Klimastation 11	Tizi-n-Tounza		-6.29695	31.56927	2960	18.10.01	O. Schulz	
Klimastation 12	Asrir		-5.83622	30.35706	732	18.09.01	O. Schulz	
B 3	Hygrometer, Thermometer	Luftfeuchte, Blatt-Temperatur	Vallée du Drâa	Verschiedene Standorte			Aug. 2001	F. Gresens
	Photosynthese	Transpiration, CO2-Konzentration, PAR	Vallée du Drâa	Verschiedene Standorte			Sept. 2001	F. Gresens
	Dauerbeobachtungfl. Vegetation	Veränderungen der Vegetation	Lac Iriki	-6.34903	29.97308	445	17.04.01	M. Staudinger & M. Finckh
	Dauerbeobachtungfl. Vegetation	Veränderungen der Vegetation	Jebel Hssain	-5.62867	29.93670	725	24.04.01	
	Dauerbeobachtungfl. Vegetation	Veränderungen der Vegetation	El Miyit	-5.62900	30.36367	792	25.04.01	
	Dauerbeobachtungfl. Vegetation	Veränderungen der Vegetation	Bou Ihrrem	-6.31670	30.65000	1020	28.04.01	
	Dauerbeobachtungfl. Vegetation	Veränderungen der Vegetation	Bou Skour	-6.33983	30.95167	1420	10.04.01	
	Dauerbeobachtungfl. Vegetation	Veränderungen der Vegetation	Trab Labied	-6.57850	31.17100	1383	07.04.01	
	Dauerbeobachtungfl. Vegetation	Veränderungen der Vegetation	Taoujgalt	-6.32203	31.38994	1900	25.10.01	
	Dauerbeobachtungfl. Vegetation	Veränderungen der Vegetation	Imeskar	-6.24755	31.50145	2245	12.05.01	
	Dauerbeobachtungfl. Vegetation	Veränderungen der Vegetation	Tichki	-6.30287	31.53744	3165	10.05.01	
	Dauerbeobachtungfl. Vegetation	Veränderungen der Vegetation	Tizi-n Toundsa	-6.29695	31.56927	2960	01.11.01	

Internet

Das Teilprojekt C2 betreut die Internet-Präsenz von IMPETUS. Über die Adresse www.impetus.uni-koeln.de sind Darstellungen von IMPETUS und seinen Teilprojekten, Mitarbeiter- und Instituts-Listen, Kontakt-Informationen, Publikationen, Veranstaltungen und Wettermeldungen aus West-Afrika in drei Sprachen öffentlich zugänglich. Auch die IMPETUS-Metadatenbank ist über diese Seite zu erreichen. Die Internetseiten von IMPETUS werden regelmäßig aktualisiert.

Auf den internen Seiten stehen allen IMPETUS-Mitarbeitern Informationen zu Reisen, Fahrzeug-Einsatzpläne in den Untersuchungsgebieten, Mitteilungsbriefe, Formulare u.a. zur Verfügung.

Im Jahr 2003 wurde die Webseite von GLOWA (www.glowa.org) neu gestaltet. Hierzu wurden Informationen über IMPETUS in deutsch und englisch zur Verfügung gestellt. Änderungen werden regelmäßig dem Betreuer der GLOWA-Seiten mitgeteilt.

Mitteilungsbrief

Seit Mai 2003 gibt die Geschäftsstelle von IMPETUS monatlich einen internen Mitteilungsbrief heraus, der per Email an alle IMPETUS-Mitarbeiter verschickt wird und zusätzlich auf den internen Seiten der IMPETUS-Homepage zum Download bereit steht. Das Teilprojekt C2 übernimmt die redaktionelle Betreuung des Mitteilungsbriefs.

Zentrale Aufgabe der IMPETUS-Mitteilungen ist es, den fachlichen Austausch über die Teilprojekte und Fachdisziplinen hinaus zu fördern. Jeden Monat erscheinen in der Regel ein bis zwei fachliche Beiträge über Methoden oder Ergebnisse aus den Teilprojekten, z.B. „Basfonds – eine Besonderheit der afrikanischen Tropen“ oder „Von der Rolle des Geschlechts in der Existenzsicherung (Benin)“. Außerdem wird im Mitteilungsbrief regelmäßig über neue interessante Datensätze, Internet-Links, Termine sowie über Organisatorisches aus der Geschäftsstelle berichtet.

Zukünftig sollen interessante fachliche Beiträge ins Französische übersetzt und in Form eines offiziellen Mitteilungsbriefs in Benin und Marokko verteilt werden.


IMPETUS – Mitteilungen

Juni 2003

Liebe IMPETUS-Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter,

schon wieder ist ein Monat vergangen. Die erste Ausgabe des Mitteilungsbriefs ist auf viel positive Resonanz gestoßen, worüber wir uns sehr gefreut haben.

Wir hoffen auch weiterhin auf Ihr Interesse und freuen uns über viele interessante Beiträge von Ihnen.

Viel Spaß bei der Lektüre,
Ihre *IMPETUS-Geschäftsstelle*

Das Geheimnis des Marabut

Befremdete Blicke begegnen uns Vegetationsökologen, seit wir mit dem I.A.V. Hassan II in Rabat die Mambul-Friedhöfe des Beckens von Ouarzazate und seinem Randgebirgen untersuchen. Die Assoziationen der Gesprächspartner reichen von „spärlichen Blümschen-zählern“ über „Erfahnten im interkulturellen Porzellan-laden“ zu „nekrophil veranlagt“... Aber warum arbeiten wir auf Friedhöfen?

Eine zentrale Aufgabe des Teilprojekts B3 ist es, die langfristige zeitliche Dynamik der Vegetation im Driagebiet unter den Randbedingungen klima- oder landnutzungsgetriebener Szenarien realistisch zu modellieren. Wer nun die aktuelle Steppenvegetation des Gebietes zum ersten Mal sieht, neigt zur Einschätzung „da wächst nichts, da wuchs nichts und da wird auch nichts wachsen“. Die von uns eingerichteten Weideausschlussflächen an den IMPETUS-Testsites sind bisher auch nicht dazu angetan, diesen Eindruck zu entkräften. Die Pflanzenlecke ist in den vergangenen 2 Jahren bestenfalls etwas dichter, etwas höher und etwas grüner geworden, aber von spektakulären Veränderungen kann (bisher) keine Rede sein. Wozu also das Ganze?

Diese Einschätzung verkennt, dass die Vegetation eines Raums ein langfristiges Integral über die herrschenden natürlichen und anthropogenen Umwelteinflüsse darstellt. Jahrhunderte von pastorale Nutzung und Brennholzentnahme haben die Vegetation dieses Raumes zugunsten von Holzgewächsen und zugunsten von verbistoleranten, bewehrten oder giftigen Weidespezialis-

ten umgeformt. Diese sehr weitgehende Umgestaltung und ihre Reversibilität abzuschätzen, dient die Kombination von aktuellen Weideausschlussflächen mit Untersuchungen auf Friedhöfen.

Die Nutzung der Friedhöfe unterliegt im ländlichen Raum in Marokko traditionell religiösen Tabus, sie werden nicht systematisch beweidet (wer mag schon auf dem Umweg über Futterpflanzen seinen Großvater in der Tajine verspeisen) und auch die Brennholzentnahme ist stark reduziert (das Hacken auf den nur schwach abgedeckten Gräbern gilt als höchst unheim). Dies führt dazu, dass die Vegetation der Friedhöfe in ihrer Struktur, ihrer Artenzusammensetzung und ihrem Deckungsgrad oft extrem von der umgebenden Steppe abweicht (Abb. 1).



Abb. 1: Blick über die Friedhöfebauern.

Auf Friedhöfen haben sich nicht die widerstandsfähigen Arten durchgesetzt, sondern die unter aridem Klima besonders konkurrenzstarken Arten. Sie stellen – wenn auch anthropogen modifizierte – Relikte der ursprünglichen Steppenvegetation dar. Bisherige Ergebnisse zeigen z.B. höhere Deckungsgrade von Horstgräsern und Sträuchern.

• 1 •