



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## GLOWA – Globaler Wandel des Wasserkreislaufes / *GLOWA – Global Change and the Hydrological Cycle*



FORSCHUNG

Deutschland. Das von morgen.

## **Impressum**

### **Herausgeber/ *Published by***

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Publikationen; Internetredaktion  
11055 Berlin

### **Bestellungen/ *Orders***

schriftlich an den Herausgeber / *in writing to the publisher*

Postfach 30 02 35

53182 Bonn

oder per / *or by*

Tel.: 01805 - 262 302

Fax: 01805 - 262 303

(0,12 Euro/Min.)

E-Mail: [books@bmbf.bund.de](mailto:books@bmbf.bund.de)

Internet: <http://www.bmbf.de>

### **Redaktion/ *Edited by***

Jens Schönlau, Reichshof-Nosbach

Alma van der Veen (GLOWA-Volta)

### **Gestaltung/ *Layout***

Michaela Richter, Reichshof-Nosbach

### **Übersetzung/ *Translation***

Words-Worth Stocks & Stocks GbR, Bonn

### **Druckerei/ *Printed by***

Siebel Druck & Grafik, Lindlar

### **Bonn, Berlin 2005**

Gedruckt auf Recyclingpapier/ *Printed on recycled paper*

### **Bildnachweis/ *Photo credits***

siehe Seite 43/ *see page 43*



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

GLOWA – Globaler Wandel des Wasserkreislaufes /  
*GLOWA – Global Change and the Hydrological Cycle*

Der Globale Wandel, von dem der Klimawandel nur ein Teilphänomen ist, verändert die Rahmenbedingungen, unter denen die Menschen in Zukunft leben werden. Allgemein ist eine zunehmende Sensibilität gegenüber derartigen Veränderungen zu beobachten. Anpassungsvermögen und Vorsorgebereitschaft sinken. Dies gilt insbesondere für weniger entwickelte Länder. Wichtige Faktoren in diesem Zusammenhang sind der Bevölkerungszuwachs sowie die damit verbundene zunehmende Nutzung der natürlichen Ressourcen der Erde. Wasser ist hier an erster Stelle zu nennen.

Die internationale Staatengemeinschaft hat das Problem erkannt. So haben die Vereinten Nationen vor diesem Hintergrund den Zeitraum 2005 bis 2015 als „International Decade for Action: Water for Life“, beginnend mit dem Weltwassertag am 22. März 2005, proklamiert. Die Bundesregierung unterstützt diese Initiative ebenso wie das Millennium Entwicklungsziel, den Anteil der Weltbevölkerung, der keinen Zugang zu sauberen Trinkwasser besitzt, bis 2015 zu halbieren.

Die Sicherstellung der Versorgung der Weltbevölkerung mit ausreichend qualitativ gutem Wasser stellt ohne Zweifel eine der großen Herausforderungen der Zukunft dar. Schon heute leben fünfzig Prozent der Weltbevölkerung an grenzüberschreitenden Gewässersystemen. Die Tendenz zur Verstädterung nimmt weiter zu. So werden 2030 etwa 2/3 der Weltbevölkerung voraussichtlich in Megastädten leben. Darüber hinaus wird die mittel- und langfristige Verfügbarkeit von Wasser auch durch großräumige Klima- und Landnutzungsänderungen infrage gestellt, die einen maßgeblichen Einfluss auf den globalen und regionalen Wasserhaushalt ausüben. Dies alles wirft neue kritische Fragen bzgl. nachhaltiger Wasserversorgungskonzepte auf.

Die Forschung kann und muss hierzu einen wesentlichen Beitrag leisten. So ist es insbesondere Aufgabe der Forschung, neue Instrumente zur Unterstützung von Planungs-, Abwägungs- und Entscheidungsfindungsprozessen für ein auf Nachhaltigkeit ausgerichtetes Handeln von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft zu entwickeln. Dabei werden insbesondere solche Instrumente benötigt, die denkbare zukünftige Entwicklungen und deren Implikationen simulieren und mögliche technische wie politische Lösungsoptionen einschließlich ihrer Wirkungen und Folgen bewerten.

Dabei liegen die forschungsmethodologischen Herausforderungen auf unterschiedlichen Ebenen. Zum einen müssen Methoden und Verfahren für eine zielorientierte, integrative Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Forschungsdisziplinen entwickelt und erprobt werden. Darüber hinaus



*Global change, of which climate change is only one element, will alter living conditions for future generations. While a general increase in sensitivity to such change can be observed, people's ability to adapt and their willingness to take precautionary measures is on the decline. This is especially the case in less developed countries. Key factors include population growth and the resulting rise in use of the world's natural resources – none more so than water.*

*The international community has acknowledged the problem. The United Nations has declared the period 2005 to 2015 as the International Decade for Action: Water for Life – appropriately launched on the occasion of World Water Day on 22 March 2005. The German government is committed both to this initiative and to the millennium goal of halving, by 2015, the proportion of people without access to clean drinking water.*

*Securing an adequate supply of good quality water for people around the world is without doubt one of the greatest challenges for the future. As many as fifty per cent of the world's population currently rely on water supplied from transnational water systems. With ongoing urbanisation, experts predict that by 2030 some two-thirds of the planet's inhabitants will live in mega-cities. Added to this is the risk posed to water availability in both the mid and longer term from large-scale climate and land use change that has a significant impact on the global and regional water cycles. These events all give rise to a new set of problems in the search for sustainable water management models.*

wirft die zwangsweise zunehmende Internationalisierung der Problemstellungen und Konfliktfelder zusätzliche Fragen für die Umsetzung und Organisation von Forschung auf. Und schließlich müssen die Nutzer aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft frühzeitig in den Forschungsprozess eingebunden werden, um den notwendigen Anwendungsbezug sicherzustellen.

Das Programm GLOWA des BMBF (Globaler Wandel des Wasserkreislaufes) gilt als ein Pilotprogramm für den gerade beschriebenen Forschungsansatz. In GLOWA sollen wissenschaftlich fundierte Instrumentarien für eine vorausschauende und nachhaltige Bewirtschaftung großer Flusseinzugsgebiete entwickelt werden, und zwar unter Berücksichtigung (globaler) Veränderung der Umwelt und der sich ebenfalls ändernden sozioökonomischen Randbedingungen. Die ersten vier von insgesamt fünf GLOWA-Verbundprojekten wurden vor rund 5 Jahren gestartet. Sie behandeln insgesamt fünf Flusseinzugsgebiete, zwei in Mitteleuropa (Donau und Elbe) und drei in Nord- und Westafrika (Draa in Marokko, Oueme in Benin, Volta in Ghana/Burkina Faso). Das fünfte GLOWA Projekt startete im Jahr 2001. Es betrifft das Einzugsgebiet des Jordans im Nahen Osten.

Die vorliegende Broschüre gibt einen allgemein verständlichen Überblick über die Zielsetzung der GLOWA-Projekte und deren erste Ergebnisse.



Wolf-Michael Catenhusen  
Staatssekretär im Bundesministerium  
für Bildung und Forschung (BMBF)

*Research can and must play a key role. One of its main tasks is to develop new instruments to support the planning, interest reconciliation and decisionmaking processes involved in achieving sustainability-focused policies, economies and societies. This especially involves instruments to simulate expected trends and their implications, and to evaluate technological and policy solutions for their impacts and outcomes.*

*Methodological challenges for research arise at a range of different levels. Methods and processes must be developed and tested to allow targeted, integrative cooperation between the various research disciplines. Ongoing internationalisation both of the problems and the areas of conflict give rise to questions on how to implement and organise research activities. Finally, stakeholders in policymaking, industry and society must be integrated into the process at an early stage in order to secure their involvement when the time comes to apply the research findings in practice.*

*Sponsored by the Federal Ministry for Education and Research (BMBF), the GLOWA (Global Change and the Hydrological Cycle) programme serves as a pilot project for the integrated research approach described above. Taking account of (global) environmental change and concurrent changes in socio-economic conditions, GLOWA researchers will develop science-based instruments for future-focused and sustainable management of large river basins. Four of the five GLOWA projects were launched some five years ago and involve research on five river catchments: two in Central Europe (the Donau and the Elbe) and three in North and West Africa (the Draa in Morocco, the Oueme in Benin, and the Volta in Ghana and Burkina Faso). The fifth GLOWA project began in 2001 and focuses on the Jordan river catchment in the Middle East.*

*This brochure provides a general overview of the goals and objectives of the various GLOWA projects and initial research findings.*

Wolf-Michael Catenhusen  
State Secretary, Federal Ministry of Education and Research  
(BMBF)

# Inhalt

## 8 EINLEITUNG

### GLOWA – Globaler Wandel des Wasserkreislaufes – Das BMBF-Programm GLOWA

Wasser wird knapp · Maßnahmen ergreifen · Neue Ansätze · Das Programm GLOWA · Think global, act local

## 12 GLOWA-DANUBE

### Integrative Techniken, Szenarien und Strategien zum Globalen Wandel des Wasserkreislaufes am Beispiel des Einzugsgebietes der Oberen Donau

Aufgaben und Ziele von GLOWA-Danube · Die Grundsituation in den Alpen · Klimawandel und Zukunft · Wo greifen die Veränderungsprozesse? · Beispiel Energiewirtschaft · Beispiel Landwirtschaft · Beispiel Binnenschifffahrt · Entscheidungs-Unterstützungssystem DANUBIA

## 18 GLOWA-ELBE

### Integrierte Analyse der Auswirkungen des Globalen Wandels auf die Umwelt und die Gesellschaft im Elbegebiet

Aufgaben und Ziele von GLOWA-Elbe · Die Methodik · Wasserverfügbarkeit und Wassernutzungskonflikte · Gesellschaftlicher Wandel seit 1989 · Auswirkungen des globalen Klimawandels · Der Einfluss der Braunkohleförderung · Wassernutzungskonflikte am Beispiel Spree · Was kann getan werden?

## 24 GLOWA-IMPETUS

### Integratives Management Projekt für einen effizienten und tragfähigen Umgang mit Süßwasser in Westafrika: Fallstudien in den Flusseinzugsbieten Drâa (Marokko) und Ouémé (Benin)

Komplexe Wechselwirkungen · Die Methodik · GLOWA-IMPETUS Teilprojekt Benin · Landnutzungsänderung und Klimawandel · Perspektiven für Benin · GLOWA-IMPETUS Teilprojekt Marokko · Landnutzungsstrategien · Arbeitsmigration und steigende Wassernachfrage · Enge Zusammenarbeit der Disziplinen

## 30 GLOWA-JORDAN RIVER

### Vulnerabilität der Wasserressourcen im östlichen Mittelmeer gegenüber globalen Veränderungen – ein integrierter Ansatz zur nachhaltigen Bewirtschaftung

Jordan River und See Genezareth · Die Grundwasservorkommen · Zukunftsproblem Bevölkerungswachstum · Einflüsse des globalen Klimawandels · Wassernachfrage steigt, Wasserangebot sinkt · Wassernutzer Landwirtschaft · „Grünes Wasser“ im Fokus · Auswirkungen auf die Ökosysteme · Angepasste Landwirtschaft · Das Entscheidungs-Unterstützungssystem WEAP

## 36 GLOWA-VOLTA

### Nachhaltiger Umgang mit der Ressource Wasser unter intensiver Landnutzung, Niederschlagsvariabilität und Wasserbedarf im Voltabecken

Das Voltabecken · Zukünftiges Konfliktpotential · Die vier einzelnen Forschungsbereiche · Bisherige Forschungsergebnisse · Weitere Ergebnisse: Das Netzwerk von lokalen Projektpartnern und Capacity Building · Politischer Dialog in GLOWA-Volta

## 42 KONTAKT

## Contents

- 8 INTRODUCTION**  
*GLOWA – Global Change and the Hydrological Cycle – A programme sponsored by the Federal Ministry of Education and Research*  
*Dwindling water resources · Corrective action in the making · New approaches · The GLOWA Programme · Think global, act local*
- 12 GLOWA DANUBE**  
*Integrative Methods, Scenarios and Strategies to Mitigate Global Change Impact on the Hydrological Cycle:*  
*A Case Study of the Upper Danube Basin*  
*GLOWA Danube goals and objectives · The situation in the Alps · Climate change and the future · The effects · The energy industry ·*  
*Agriculture · Inland shipping · DANUBIA: A global change decision support system*
- 18 GLOWA ELBE**  
*Integrated Analysis of Global Change Impact on the Environment and Society in the Elbe Region*  
*GLOWA Elbe goals and objectives · Methodology · Water availability and water-related conflict · Social change since 1989 · Impacts*  
*of global climate change · The impact of coal extraction · Water-related conflict in the Spree basin · The search for a solution*
- 24 GLOWA IMPETUS**  
*An Integrated Approach to Efficient and Sustainable Management of Freshwater Resources in West Africa:*  
*Case Studies on the Drâa (Morocco) and Ouémé (Benin) Catchments*  
*Complex interactions · Methodology · GLOWA IMPETUS: Benin Subproject · Land use change and climate change · Perspectives*  
*for Benin · GLOWA IMPETUS: Morocco Subproject · Land use strategies · Migration of labour and increasing water demand ·*  
*Interdisciplinary research*
- 30 GLOWA JORDAN RIVER**  
*Global Change and the Vulnerability of Water Resources in the Eastern Mediterranean:*  
*An Integrated Approach to Sustainable Management*  
*The Jordan River and the Sea of Galilee · Groundwater resources · Population growth · Global change impact · Growing water*  
*demand, depleting water supply · Water use in agriculture · Focus on ‘green’ water · Impact on ecosystems · Locally adapted*  
*agriculture · The WEAP decision support system*
- 36 GLOWA VOLTA**  
*Sustainable Water Management in the Volta Basin Under Changing Land Use, Rainfall Variability and Water Demand*  
*The Volta Basin · Potential for future conflict · Four areas of research · Results so far · Additional Results: Project partner*  
*network and capacity building activities · GLOWA Volta and political dialogue*
- 42 CONTACT**



## GLOWA – Globaler Wandel des Wasserkreislaufes

### Das BMBF-Programm GLOWA

Die Oberfläche der Erde ist zu über 70 % mit Wasser, der am häufigsten vorkommenden Substanz auf unserem Planeten, bedeckt. Auf den ersten Blick ließe sich annehmen, den Wassernutzern des Blauen Planeten stünden unendliche Wasserressourcen zur Verfügung. Dieser Eindruck täuscht. Denn der Süßwasseranteil am gesamten Wasservorkommen beträgt nur 2,53 %, wovon Mensch und Ökosysteme wiederum nur einen Teil nutzen können, weil etwa zwei Drittel der Süßwasservorräte in Gletschern und ständiger Schneedecke gebunden sind. Hinzu kommt, dass die Süßwasserressourcen weltweit sehr ungleich verteilt sind.

### Wasser wird knapp

In vielen Teilen der Welt ist sauberes Wasser bereits heute ein äußerst knappes Gut. Rund 1,1 Milliarden Menschen haben keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. Täglich sterben 6.000 Menschen, überwiegend Kinder unter fünf Jahren, an Erkrankungen, die auf verschmutztes Wasser zurückgeführt werden können. In zunehmendem Maße wirken sich Faktoren wie Klimawandel, Landnutzungsänderungen, Bevölkerungswachstum, Wasserverschmutzung oder der steigende Pro-Kopf-Wasserverbrauch negativ auf Wasserverfügbarkeit und Wasserqualität aus. Der „Weltwasserbericht der Vereinten Nationen“ aus dem Jahre 2003 geht im ungünstigsten Fall von 7 Milliarden Menschen in 60 Ländern aus, die Mitte des Jahrhunderts von Wasserknappheit betroffen sind; im günstigsten Fall von 2 Milliarden Menschen in 48 Ländern. In dem gleichen Bericht ist bereits die Rede von einer ernsthaften Wasserkrise: „Zu Beginn des 21. Jahrhunderts steht die Erde vor einer ernsthaften Wasserkrise. Alle Anzeichen weisen darauf hin, dass sie sich zunehmend verschärft und diese Entwicklung noch weiter anhalten wird, wenn keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden.“

### Maßnahmen ergreifen

Die Vereinten Nationen haben bereits seit geraumer Zeit die Wichtigkeit der Themen Umwelt und Entwicklung erkannt. Bereits in der „Agenda 21“, der Abschlusserklärung der Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen (UNCED) in Rio de Janeiro (1992), nimmt das Thema Wasser einen breiten Raum ein. Unter der Überschrift „Schutz der Güte und Menge der Süßwasserressourcen: Anwendung

## GLOWA – Global Change and the Hydrological Cycle

### A programme sponsored by the Federal Ministry

#### of Education and Research

*More than seventy per cent of the Earth's surface is covered by water, the most widely occurring substance in the world. While it would seem logical to assume that our Blue Planet has an endless water supply, things are not that simple. Of all the water available in the world, just 2.53 per cent is freshwater. Only a limited amount of that freshwater is accessible to people and ecosystems because around two-thirds of it are locked up in glaciers and permanent snow cover. The problem is worsened by the uneven distribution of freshwater across the regions of the world.*

### Dwindling water resources

*Fresh water is already extremely scarce in many regions. Around 1.1 billion people are without access to clean drinking water. Some 6,000 people – mostly children under five – die every day from the effects of using contaminated water. Factors like climate change, land use change, population growth, water pollution and rising per capita water consumption all have an adverse effect on water supply and water quality. In the UN World Water Development Report 2003, it was estimated that by the middle of this century, 'at worst seven billion people in sixty countries will be water-scarce, at best two billion in forty-eight countries.' The report also talks of a serious water crisis: 'At the beginning of the twenty-first century, the Earth, with its diverse and abundant life forms, including over six billion humans, is facing a serious water crisis. All the signs suggest that it is getting worse and will continue to do so, unless corrective action is taken.'*

### Corrective action in the making

*The United Nations has long recognised the importance of environment and development. Water issues receive broad attention in Agenda 21, the Programme of Action for Sustainable Development which was the official outcome of the UN Conference on Environment and Development (UNED) held in Rio de Janeiro in 1992. Under the heading Protection of the Quality and Supply of Freshwater Resources: Application of Integrated Approaches to the Development, Management and Use of Water Resources, Chapter 18 of Agenda 21 sets out the related objectives and activities. Ten years on, at the 2002 World Summit on Sustainable Development in Johannesburg, water issues – and especially those surrounding the supply of drinking water to the world's population – moved*

*Der Globale Wandel verändert den Wasserkreislauf der Erde.  
Global change alters the Earth's water cycle.*



integrierter Ansätze zur Entwicklung, Bewirtschaftung und Nutzung der Wasserressourcen“ wurden entsprechende Ziele und Maßnahmen formuliert. Zehn Jahre später, auf dem Weltgipfel zur nachhaltigen Entwicklung in Johannesburg (2002), rückte das Thema Wasser, vor allem die Versorgung der Weltbevölkerung mit sauberem Trinkwasser, weiter in den Mittelpunkt. „Bis zum Jahr 2015 soll der Anteil der Weltbevölkerung, der keinen Zugang zu sauberem Wasser und zu einer angemessenen Abwasserbehandlung hat, halbiert werden“ lautet eine der zentralen Botschaften dieses Weltgipfels. Um dieses Ziel zu erreichen, hat die Europäische Union in der Folge 1,4 Milliarden Euro für Aktionsprogramme bereitgestellt. Deutschland beteiligt sich mit etwa 350 Millionen Euro. Mit dem Weltwassertag am 22. März 2005 hat die von den Vereinten Nationen proklamierte „International Decade for Action, Water for Life“ (2005 bis 2015) begonnen.

### **Neue Ansätze**

In Deutschland gibt es seit 1992 den Wissenschaftlichen Beirat Globale Umweltveränderung (WBGU), ein wissenschaftliches Beratergremium der Bundesregierung, in dem natur- und gesellschaftswissenschaftliche Disziplinen vertreten sind. Im Rahmen der Arbeit dieses Gremiums wurde seit etwa 1996 ein Paradigmenwechsel angestoßen, der zu Diskussionen auf internationaler Ebene geführt hat. Im Mittelpunkt steht ein neuer Forschungsansatz, der den Herausforderungen des komplexen Systems des Globalen Wandels mit integrativen, interdisziplinären Methoden begegnet. In der Praxis bedeutet dies: die wissenschaftlichen Einzeldisziplinen nähern sich zwar der jeweiligen Global-Change-Problematik mit ihren Methoden und Instrumentarien. Die Instrumente werden aber untereinander angepasst und letztlich in einem System zusammengeführt, das eine Gesamt-Betrachtungsweise ermöglicht. Dadurch sollen Problemkonstellationen, wie zum Beispiel der Rückgang des Niederschlags in einem westafrikanischen Land, mit all ihren Auswirkungen fassbar werden. Dies wiederum bildet die Grundlage für Handlungsempfehlungen, die eine nachhaltige Entwicklung zulassen.

*even further into the spotlight. One of the key aims of the Summit was ‘to halve by 2015 the proportion of people without access to safe drinking water and adequate sanitation.’ To help achieve this goal, the European Union has made some EUR 1.4 billion available for water-related action programmes. Around EUR 350 million of that sum came from Germany. On 22 March 2005, on the occasion of World Water Day, the UN will launch its International Decade for Action, ‘Water for Life’ (2005 to 2015).*

### **New approaches**

*The German Advisory Council on Global Change (WBGU) was established by the Federal Government in 1992 as an independent advisory body. The interdisciplinary Council comprises representatives from both the natural and social sciences. Since about 1996, the Council’s work has fostered a paradigm shift which has culminated in debate at international level. The issue central to the debate is a new research approach which involves using integrative, interdisciplinary methods to tackle the challenges of the complex system of global change. In practice, this means that the different research disciplines apply their respective methods and instruments to the global change-related issue under scrutiny. The instruments are then aligned and subsequently combined into a complete system that allows an integrated approach. This makes it possible to tackle problems – reduced precipitation in West African countries, for example – together with their combined effects. The research outcomes then form the basis for recommendations for action to secure sustainable development.*

### **The GLOWA Programme**

*As a response to the above debate, Germany’s Federal Ministry of Education and Research (BMBF) launched a pilot programme known as GLOWA (Global Change and the Hydrological Cycle). The programme has the following objectives:*

*Taking the research approach outlined above, new integrative, interdisciplinary methods and models will be developed and then be applied in individual GLOWA projects and tested in practice. This is one of the reasons why the BMBF selected*

## Das Programm GLOWA

Ausgehend von der oben beschriebenen Diskussion hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Dezember 1998 unter anderem das Pilotprogramm GLOWA (Globaler Wandel des Wasserkreislaufes) ins Leben gerufen.

Dessen Ziele sind wie folgt definiert: Es sollen im Rahmen des zuvor beschriebenen Forschungsansatzes neue integrative, interdisziplinäre Methoden und Modelle entwickelt und in der praktischen Arbeit der einzelnen GLOWA-Projekte angewendet und getestet werden. Dies ist mit ein Grund für die längerfristige Förderperspektive von neun Jahren (2000 bis 2008), die sich in drei Projektphasen gliedert. Dieser Zeitraum wird zusätzlich genutzt, um an einigen Universitäten integrative Kompetenzzentren der Global-Change-Forschung aufzubauen.

Weiterhin geht es um konkrete Global-Change-Forschung, die sich im Rahmen von Fallstudien mit größeren Flusseinzugsgebieten (etwa 100.000 km<sup>2</sup>) befasst. Hier stehen Veränderungen des Wasserkreislaufes im Vordergrund. Im Wesentlichen werden die großräumige Klima- und Niederschlagsvariabilität, die Auswirkungen auf die Biosphäre insbesondere durch Landnutzungsänderungen sowie durch eine veränderte Wasserverfügbarkeit entstehende Nutzungskonflikte untersucht.

### Think global, act local

Im Jahr 2000 sind die einzelnen GLOWA-Projekte angelaufen. Die erste Projektphase diente primär der Etablierung vor Ort, dem Aufbau von Messsystemen beziehungsweise der Datenerhebung und -überprüfung, der Anpassung der Modelle an die Untersuchungsgebiete sowie nicht zuletzt der Abstimmung der jeweils beteiligten Fachdisziplinen untereinander. Diese Phase ist inzwischen abgeschlossen und die Projekte konzentrieren sich nun auf das Erstellen und Formulieren von Szenarien. Hierzu werden – je nach Projektansatz – die Ergebnisse über Datenkopplung oder den Aufbau eines Gesamtsystems miteinander verbunden. Dadurch entstehen auf Modellen basierende Simulationssysteme, die ein realistisches Abbilden von zukünftiger Wirklichkeit in den Projektgebieten erlauben. Besonders wichtig ist in dieser zweiten Phase die Einbeziehung der Menschen vor Ort. Denn letztlich sollen die Simulationssysteme zu Entscheidungs-Unterstützungssystemen ausgebaut werden, die zu einem nachhaltigen Wassermanagement in den jeweiligen Regionen beitragen. Ab der dritten Phase schließlich soll Entscheidern in den Einzugsgebieten die Möglichkeit gegeben werden, die Auswirkungen von verschiedenen Entscheidungen durchzuspielen und abzuschätzen. Diese Systeme werden so ausgestaltet sein, dass sie auf andere, vergleichbare Flusseinzugsgebiete übertragbar sind.

*a longer nine-year project life-cycle (2000-2008) with three separate phases. The nine-year period will also be used to set up integrative centres of excellence for global change research at selected universities. The programme will also involve targeted global change research in the form of individual case studies covering large river basins (of approximately 100,000 km<sup>2</sup>). With its main focus on changes in the water cycle, research will take in the great variability in climate and precipitation, its effects on the biosphere (especially due to changes in land use) and the conflicting claims that ensue from changes in water availability.*

### Think global, act local

*The various GLOWA projects got underway in 2000. The first project phase primarily served on-site set up, assembly of measuring systems, data collection and evaluation, alignment of the models to specific research regions and, last but not least, coordination between the participating disciplines. This phase has since been completed and the projects can now concentrate on developing and formulating scenarios. Depending on the specific project, this will include consolidating the research results either by linking the data or by setting up an entire new system. This will enable development of models based on simulation systems that allow realistic projection of future conditions in the project regions. Great importance is placed on involving local people in this second phase of the project. After all, the simulation systems will be used to produce decision support tools which will serve sustainable water management in the respective regions. In the third phase, decisionmakers in the river basins will be given the opportunity to act out and assess the effects of specific decisions. The simulation systems will be designed to allow their transfer to similar river basins elsewhere.*

**[www.glowa.org](http://www.glowa.org)**

**GLOWA Danube**  
 Integrative techniques, scenarios and strategies of global change in the water cycle using the river Danube as example.  
[www.glowa-danube.de](http://www.glowa-danube.de)  
 Start: October 1st 2000

**GLOWA Elbe**  
 Global change impact on the environment and society in the Elbe region.  
[www.glowa-elbe.de](http://www.glowa-elbe.de)  
 Start: May 1st 2000

**GLOWA Jordan River**  
 Global change and integrated water management in the Jordan River catchment.  
[www.glowa-jordan-river.de](http://www.glowa-jordan-river.de)  
 Start: June 1st 2001

**GLOWA IMPETUS**  
 An integrated approach to the efficient management of scarce water resources in West Africa.  
[www.impetus.uni-koeln.de](http://www.impetus.uni-koeln.de)  
 Start: May 1st 2000

**GLOWA Volta**  
 Sustainable water use under changing land use, rainfall reliability, and water demands in the Volta basin.  
[www.glowa-volta.de](http://www.glowa-volta.de)  
 Start: May 1st 2000



## GLOWA-Danube

**Integrative Techniken, Szenarien und Strategien**

**zum Globalen Wandel des Wasserkreislaufes**

**am Beispiel des Einzugsgebietes der Oberen Donau**

GLOWA-Danube konzentriert sich auf das Flusseinzugsgebiet der Oberen Donau. Derzeit profitiert die Region von einem Wasserhaushalt, der nahezu allen Nutzern hinsichtlich Wasserverfügbarkeit und Wasserqualität sehr gute Bedingungen bietet. Weshalb also ein Projekt, das einen relativ harmonisch funktionierenden, insgesamt intakten Wasserkreislauf zum Objekt wissenschaftlicher Untersuchungen macht? Die Antwort findet sich im Namen des Gesamtprogramms GLOWA – Globaler Wandel des Wasserkreislaufes. Zukünftig werden im Rahmen des Globalen Wandels verschiedene Einflussfaktoren im Einzugsgebiet der Oberen Donau die Gesamt-Wassersituation verändern. Die Klimaforschung geht zum Beispiel davon aus, dass sich Klimaänderungen im Einzugsgebiet der Oberen Donau aufgrund des Höhenunterschiedes von 4.000 m besonders stark auswirken werden. Zudem erfüllt die Obere Donau mit der Komplexität verschiedenster Einflussfaktoren, einer exzellenten natur- und sozialwissenschaftlichen Datenlage

### Die Donau / The River Danube

- Gesamtlänge ca. 2.850 km/  
*Overall length approximately 2,850 km*
- Gesamtfläche des Einzugsgebietes 817.000 km<sup>2</sup>/  
*Total catchment area 817,000 km<sup>2</sup>*
- Fläche des Projektgebietes Obere Donau 77.000 km<sup>2</sup>/  
*Size of the Upper Danube project area 77,000 km<sup>2</sup>*
- Im Einzugsgebiet der Oberen Donau leben ca. 8,2 Millionen Menschen/  
*The Upper Danube catchment area has a current population of around 8.2 million*
- Zurzeit ist die Wasserqualität in der Region mit die beste in Europa/  
*Water quality in the region is currently among the best in Europe*
- Die Alpen sind momentan die große europäische Wasserüberschussregion/  
*The Alps are currently the biggest surplus water region in Europe*

## GLOWA Danube

**Integrative Methods, Scenarios and Strategies to**

**Mitigate Global Change Impact on the Water Cycle:**

**A Case Study of the Upper Danube Basin**

*The GLOWA Danube project focuses on the Upper Danube basin, a region that currently benefits from water reserves which provide excellent water availability and water quality for most users. So why embark on a project to make a relatively well-functioning, more-or-less intact water cycle the object of scientific study? The answer lies in the GLOWA programme's full title – Global Change and the Hydrological Cycle. Global climate change will introduce a range of influencing factors that will alter the entire water situation in the Upper Danube basin. Climate researchers expect, for example, that changes in climate in the Upper Danube catchment will have a significant impact due to altitude differences of some 4,000 m. With its complex range of influencing factors, the Upper Danube makes an excellent site for collecting natural and social science data. The region's increasing potential for water-related conflict provides what is virtually an ideal setting in which to launch a pilot project of this kind.*

### GLOWA Danube goals and objectives

*The ultimate goal of the GLOWA Danube project is to establish a decision support system to serve sustainable water management aimed at mitigating change in the water cycle of the Upper Danube basin. A prototype version of the system – known as DANUBIA – is already in use. Over the course of several expansion phases in the GLOWA Danube project, the system will be further developed to provide a computer-aided tool to allow non-scientists in decision-making positions (policymakers, industry, associations and stakeholders) to assess the impact of water-related decisions on their home territories. Using a range of scenarios agreed and drawn up by researchers and stakeholders, DANUBIA will answer the question as to the outcome if one or other decision is made. Because the situation in the Upper Danube catchment is comparable to that in many other mountain and foreland areas around the world, the project is aimed at ensuring transferability of the DANUBIA system to other regions such as the Pyrenees, the Himalayas, the Andes, the Caucasus and the Ethiopian Highlands).*

Das Einzugsgebiet der Oberen Donau hat eine Fläche von 77.000 km<sup>2</sup>.  
The upper Donau catchment measures some 77,000 km<sup>2</sup>.



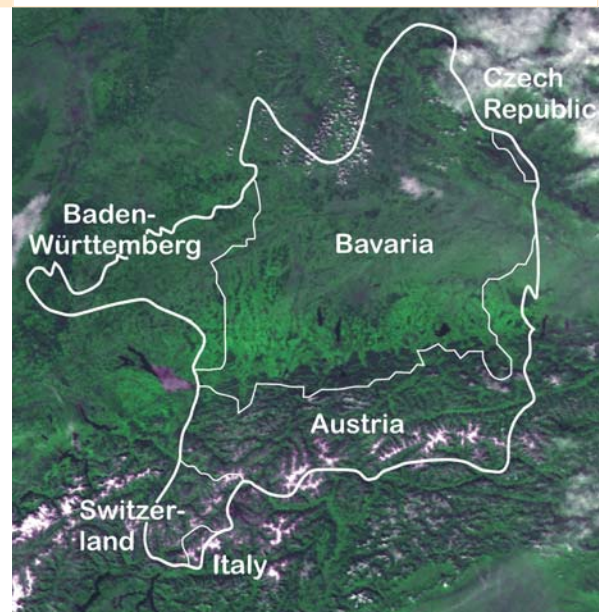
sowie einem zunehmenden Konfliktpotential in der Wassernutzung nahezu ideal die Voraussetzungen für die Initiierung dieses Pilotprojektes.

### Aufgaben und Ziele von GLOWA-Danube

Letztendlich ist es das Ziel von GLOWA-Danube, ein Entscheidungs-Unterstützungssystem aufzubauen, das es erlaubt, dem zukünftigen Wandel des Wasserhaushaltes im Einzugsgebiet der Oberen Donau mit einem nachhaltigen Wassermanagement zu begegnen. Name dieses Systems, das bereits in einer ersten Version läuft, ist DANUBIA. Über verschiedene Ausbaustufen entwickelt GLOWA-Danube DANUBIA zu einem rechnergestützten Instrument, das zukünftig auch von Nicht-Wissenschaftlerinnen und Nicht-Wissenschaftlern in Entscheidungspositionen (in der Politik, der Wirtschaft, in den Verbänden und Interessensgruppen) angewendet werden kann, um Auswirkungen von Entscheidungen auf das Wassersystem vor Ort abschätzen zu können. DANUBIA wird im Rahmen verschiedener, von Wissenschaftlern und Stakeholdern gemeinsam abgestimmter Szenarien Antworten auf die Frage geben: Was geschieht, wenn diese oder jene Entscheidung getroffen wird? Da sich die Grundsituation des Einzugsgebietes der Oberen Donau mit den Konstellationen vieler anderer Gebirgs-Vorland-Situationen weltweit vergleichen lässt, zielt das Projekt zusätzlich auf die Übertragbarkeit von DANUBIA auf andere Gebirgsregionen ab (zum Beispiel Pyrenäen, Himalaja, Anden, Kaukasus, Äthiopisches Hochland).

### Die Grundsituation in den Alpen

Die Alpen, auch „Wasserschloss Alpen“ genannt, sind ein riesiges Wasserreservoir. Die im Winter fallenden Niederschläge werden in Form von Schneefeldern und Gletschern zurückgehalten und gespeichert. Insgesamt handelt es sich



### The situation in the Alps

Sometimes referred to as the ‘water fortress’ of Europe, the Alps are essentially a huge water reservoir where precipitation that falls in winter is retained and stored in the form of snow fields and glaciers. These melt in the warmer summer months to provide a huge volume of high quality water that serves replenishment of groundwater reserves and surface waters. The process is clearly evident in Passau, where the river Inn – coloured green by cold water from the glaciers – flows into the Blue Danube. This natural storage mechanism benefits many river systems throughout Europe, including the Rhine and Danube in Germany, the river Po in Italy, and the Rhone in France. What makes this process so fascinating is that it supplies water when it is needed most – in the dry, precipitation-poor months of late summer. Although there is little rainfall and evaporation processes additionally

um enorme Wassermengen in sehr guter Qualität, die in den warmen Sommermonaten als Schmelzwasser die Grundwasserreserven sowie die Oberflächengewässer speisen. Deutlich sichtbar wird dieser Effekt in Passau, wo der durch kaltes Gletscherwasser grün gefärbte Inn in die blaue Donau mündet. Von dem natürlichen Speichermechanismus profitieren viele Flusssysteme Europas, zum Beispiel der Rhein und die Donau in Deutschland, der Po in Italien oder die Rhone in Frankreich. Das Besondere an diesem Effekt ist die Bereitstellung von Wasser genau zu dem Zeitpunkt, zu dem es am dringendsten benötigt wird: in den trockenen, niederschlagsarmen Spätsommermonaten. Obwohl es dann wenig regnet und über Verdunstungsprozesse zusätzlich Wasser an die Atmosphäre abgegeben wird, führen die Flüsse ausreichend Wasser. Momentan liegt der Gipfel des Wasserabflusses aus den Alpen in die Vorgebirgs-Flusseinzugsgebiete im August. Also genau in dem Zeitraum, in dem zum Beispiel die Landwirtschaft durch das Heranreifen der Ernte einen erhöhten Wasserbedarf hat.

### Klimawandel und Zukunft

Der 1988 vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) und der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) gegründete Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimafragen (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) geht in zwei Szenarien von einer mittleren Erderwärmung von 1,5 °C bis 4 °C in den kommenden Jahrzehnten aus. In 50 Jahren dürften dann wohl 90 % aller Alpengletscher verschwunden sein, in 100 Jahren wird es in den Alpen aller Voraussicht nach gar keine Gletscher mehr geben. Das bedeutet, dass der Niederschlag der Wintermonate nicht mehr in den Gletschern gespeichert wird. Mit der Schneeschmelze im Frühjahr fließt das Wasser aus den Alpen ab und steht dann in den trockenen Sommermonaten nicht mehr zur Verfügung – ganzjährig in



*transfer water into the atmosphere, runoff into the rivers remains adequate. At present, runoff from the Alps into foreland catchments peaks in August. This is precisely the time when agriculture, for example, steps up its water demand to foster crop growth prior to harvesting.*

### Climate change and the future

*Founded in 1988 by the United Nations Environment Programme (UNEP) and the World Meteorological Organisation (WMO), the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) drew up two scenarios which projected average global warming of between 1.5 °C and 4 °C. If this came about, the effect would be that, fifty years from now, some 90 per cent of alpine glaciers would have disappeared, and in one hundred years' time, there would probably be no glaciers left in the Alps at all. Precipitation falling in the winter months could no longer be stored in glaciers. So when the snow melts in spring, water would flow down from the Alps and no longer be available in the drier summer months: the annual input of water supplied free of charge courtesy of nature's alpine 'surge tank' would no longer occur. This would no doubt affect a wide range of water users who up to now have*

*Bei Passau fließt der durch die Gletscherzuflüsse grün erscheinende Inn in die Donau.  
Passau, where the river Inn – coloured green by cold water from the glaciers – flows into the Danube.*



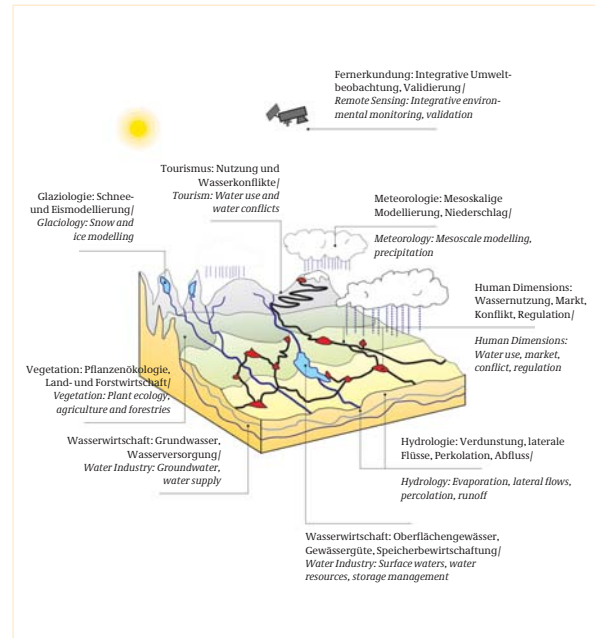
ausreichender Menge fließendes Wasser als kostenloses Naturgut aus dem „Wasserschloss Alpen“ wird in Zukunft fehlen. Das hat Auswirkungen auf verschiedenste Wassernutzer, die bisher von der Speicherfunktion der Alpen gelebt und profitiert haben. Bereits jetzt ist also ganz eindeutig abzusehen, dass der Globale Wandel Auswirkungen auf den Wasserhaushalt der Oberen Donau hat. GLOWA-Danube untersucht über eine enge Zusammenarbeit der verschiedenen beteiligten Wissenschaftsdisziplinen diese Auswirkungen und entwickelt mit DANUBIA ein Instrument, das eine erfolgreiche und nachhaltige Anpassung an die ablaufenden Veränderungsprozesse unterstützt.

### Wo greifen die Veränderungsprozesse?

Der Wasserkreislauf eines Flusseinzugsgebietes ist ein überaus komplexes Gebilde; deshalb ist an dieser Stelle und zum jetzigen Projekt-Zeitpunkt nur die beispielhafte Beschreibung einzelner Problemfelder möglich. Grundsätzlich lässt sich sagen: Werden die Fluss- und Grundwasser-Systeme im Sommer nicht mehr zusätzlich durch Gletscherwasser gespeist, können Wasserverfügbarkeits- und teilweise auch Wasserqualitätsprobleme entstehen. Wahrscheinlich werden in irgendeiner Form alle Nutzer betroffen sein – Haushalte, Landwirtschaft, Energiewirtschaft, produzierendes Gewerbe, Tourismus, Binnenschifffahrt und andere. GLOWA-Danube untersucht die jeweiligen Problemkonstellationen und entwickelt auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse gemeinsam mit den involvierten Interessensgruppen Szenarien. Auf Grundlage dieser Szenarien können mit DANUBIA verschiedene mögliche Entwicklungs- und Entscheidungsprozesse durchgespielt und die jeweiligen regionalen Auswirkungen beschrieben werden.

### Beispiel Energiewirtschaft

Die Stromproduktion ist im Projektgebiet ein wichtiger sozio-ökonomischer Faktor. Zum einen werden mit dem aus den Alpen abfließenden Wasser Wasserkraftwerke betrieben, zum anderen Kraftwerke gekühlt. Bisher hat der aus Wasserkraft produzierte Strom in Deutschland eine Art Reservefunktion. Da sich Wasserkraftwerke einfach zu- und abschalten lassen, werden sie insbesondere zum Abfangen von Verbrauchsspitzen eingesetzt – deshalb hat dieser Strom einen besonders hohen Marktwert. Steht weniger Wasser zur Verfügung, sinkt die Menge des produzierten und verkauften Stroms. Ein Problem ergibt sich auch für Kraftwerke, die mit Oberflächenwasser gekühlt werden. Führen die Flüsse weniger Wasser, besteht die Gefahr einer Überhitzung der Gewässer durch aufgewärmtes, zurückgeleitetes Kühlwasser. Werden



*both depended on and benefited from the alpine storage process. There are already clear signs of the impact that global climate change has on water availability in the Upper Danube basin. Through close cooperation between the various research disciplines involved in the project, GLOWA Danube studies these impacts and uses the DANUBIA system to develop a tool to support successful and sustainable adaptation to the ongoing process of change.*

### The effects

*The water cycle in a river catchment area is extremely complex. For this reason and given the project's current research stage, it is impossible to provide more than a brief insight into specific problems. In principle, if there are no glacier waters to replenish river and groundwater systems during the summer, problems could occur with water availability and, in some instances, water quality. This would affect water users in some way or other, be they households, farmers, the energy sector, manufacturers, tourism, inland shipping or anyone else. GLOWA Danube looks at the respective problems and uses knowledge gleaned from stakeholder dialogue to develop fitting scenarios. In turn, the scenarios provide the basis for the DANUBIA decision support system to be used to simulate potential development and decision-making processes and thus to identify their regional impacts.*

Temperaturgrenzwerte in den Flüssen überschritten, müssen Kraftwerke abgeschaltet werden. In beiden Fällen wirkt sich die Herabsetzung der Wasserverfügbarkeit negativ auf die Wirtschaftlichkeit aus.

### Beispiel Landwirtschaft

Die Landwirtschaft an der Oberen Donau wird zukünftig durch verschiedene Faktoren des globalen Klimawandels beeinflusst. Insgesamt wird die Wasserverfügbarkeit durch geringeren Niederschlag sowie absinkendes Grund- und Oberflächenwasser zurückgehen. Zusätzlich wirken sich die steigenden Temperaturen auf die Vegetation aus. Folgen sind notwendige Veränderungen im Anbau und in den Anbaumethoden, was letztlich die Wirtschaftlichkeit beeinflusst. Neben den regionalen Effekten entstehen Auswirkungen auf die Donau-Untertäger. Teile der Landwirtschaft in Österreich, Ungarn, Rumänien oder Bulgarien sind auf Donauwasser bislang dringend angewiesen.

### Beispiel Binnenschifffahrt

Bislang ist auf insgesamt 2.600 km der Donau – von Kelheim bis zum Mündungsdelta – Flussschifffahrt möglich. Bis Brăila in Rumänien können sogar Seeschiffe verkehren. Sinken die Flusspegel insbesondere in den Sommermonaten, können die Schiffe teils nicht mehr voll beladen werden. Eine Reduzierung der Wirtschaftlichkeit der Flussschifffahrt bis an die Rentabilitätsgrenze wäre unter Umständen möglich.

### The energy industry

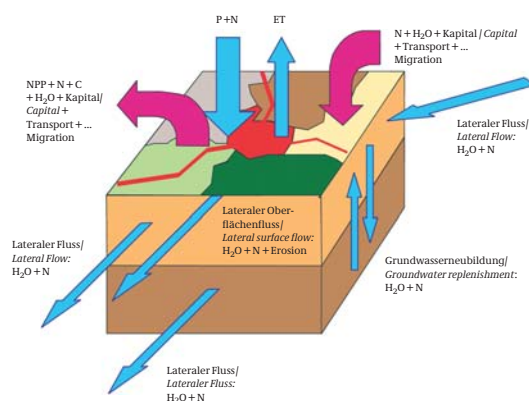
*Electricity generation is an important socio-economic factor within the project region. Water from the Alps is used to operate hydroelectric power stations and for cooling in other types of power plants. In Germany, electricity generated using hydro-power has had a certain reserve function to date. Hydroelectric power stations are easily switched on and off so they are often used to supply power at peak usage times – the reason why hydro-electricity has such a high market value. The less water available, the less hydroelectricity that can be generated and sold. This poses a problem for other types of power stations where cooling involves the use of surface water. If the water in local rivers is depleted, discharge into those rivers of water used in cooling places them at risk of overheating. Once river temperatures exceed certain thresholds, power stations have to be shut down. Thus, in either case, reduced water availability has an adverse effect on economic viability.*

### Agriculture

*Global climate change will affect agriculture in the Upper Danube region in a number of ways. Water availability will be reduced due to a decline in precipitation. Groundwater and surface water will face the same fate. Rising temperatures will take their toll on vegetation. This will necessitate changes in crop farming and growing methods, ultimately with an effect on economic viability. Apart from the regional impact, downstream users will also be affected. Certain sectors of agriculture in Austria, Bulgaria, Hungary and Rumania are all highly dependent on water supplied by the Danube.*

Vertikale und laterale Flüsse von Energie, Wasser und Stoffen.

Vertical and lateral energy, water and substance flows.



Die DANUBIA Hardware: Ein LINUX-Cluster mit 56 Prozessoren.  
 DANUBIA hardware: a LINUX cluster with 56 processors.



## Entscheidungs-Unterstützungssystem DANUBIA

Im Rahmen des Projektes GLOWA-Danube wird ein computergestütztes Gesamt-Simulationstool entwickelt, das in der Grundstruktur auf alpine Einzugsgebiete der gemäßigten Breiten angewendet werden kann. Das Besondere an diesem System ist die Tatsache, dass Ergebnisse und Erkenntnisse aus allen beteiligten Wissenschaftsdisziplinen (Natur- und Sozialwissenschaften) integriert sind. Dazu haben sich die mehr als 40 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 14 Forschungsgruppen an 9 Universitäten auf die Verwendung von UML (Unified Modeling Language) als gemeinsame Modellsprache geeinigt. UML wird in der Industrie verwendet, um verschiedene Abteilungen in gemeinsame Projekte einzubinden. Die Verwendung von UML in einem Wissenschaftsprojekt ist ein Novum und unterstreicht die Pilotfunktion des Projektes. Innerhalb von GLOWA-Danube ist es mittels UML gelungen, Schnittstellen zwischen den Disziplinen herzustellen und die jeweiligen Modelle über den Datenaustausch miteinander zu verbinden. Zentrum von DANUBIA ist ein LINUX-Cluster mit 56 Prozessoren, auf denen die Modelle parallel rechnen können. Letztlich wird DANUBIA ein Werkzeug für Entscheider sein, das die Überprüfung unterschiedlicher Handlungsoptionen bei der Bewirtschaftung von Wasserressourcen vor dem Hintergrund des Globalen Wandels ermöglicht.

[www.glowa-danube.de](http://www.glowa-danube.de)

## Inland shipping

*Inland shipping currently makes use of a 2,600 km stretch of the Danube between Kelheim and the river delta. Marine shipping can use the Danube as far as the port of Brăila in Rumania. A drop in river levels, particularly in the summer months, could mean that vessels are unable to carry a full load. This can reduce the economic viability of inland shipping right down to the break-even point under certain circumstances.*

### **DANUBIA: A global change decision support system**

*As part of the GLOWA Danube project, a computer-aided integrated simulation tool will be developed whose basic structure will make it suitable for use in alpine catchments in temperate latitudes. The system's key feature is that it integrates both the results and observations of the various research disciplines (natural and social sciences) involved in the project. Over 40 researchers from 13 research groups located at six different universities agreed on the use of Unified Modelling Language (UML) – a system well-established in industry and used in the integration of corporate departments involved in joint projects. Use of UML is a first in scientific research and underpins the prototype function of the project. By utilising UML, GLOWA Danube researchers were able to interface the various disciplines and connect the different models via data exchange. DANUBIA is driven by a LINUX cluster comprising 56 processors which allow models to be run in parallel. Finally, DANUBIA will serve as a decision support tool to allow assessment of a range of options in managing water resources to mitigate global change.*

[www.glowa-danube.de](http://www.glowa-danube.de)



## GLOWA-Elbe

Integrierte Analyse der Auswirkungen des Globalen

Wandels auf die Umwelt und die Gesellschaft

im Elbegebiet

Im Rahmen des GLOWA-Programms konzentriert sich das Projekt GLOWA-Elbe zunächst auf den deutschen Teil eines der größten Flusseinzugsgebiete Europas und bezieht im weiteren Projektverlauf die Tschechische Republik zusätzlich mit ein. Das Zusammenspiel gesellschaftlicher und klimatischer Änderungen beeinflusst hier sowohl den Wasserhaushalt als auch die Wasserqualität. Besondere Brisanz für die Entwicklung nachhaltiger Landnutzung in der Region haben die Untersuchung und Abschätzung der zukünftigen Wasserverfügbarkeit insbesondere in den ostdeutschen Teilen. Hier deckt die Elbe mit ihren Nebenflüssen rund 80 % des Wasserbedarfs der Bevölkerung. Auch ohne die zu erwartenden negativen Auswirkungen des globalen Klimawandels ist die Wasserverfügbarkeit mit 680 m<sup>3</sup> pro Einwohner und Jahr im Elbe-Einzugsgebiet die zweitniedrigste in Europa. Die Niederschlagsmenge liegt mit 610 mm pro Jahr deutlich unter dem deutschen Durchschnitt (789 mm pro Jahr).

### Die Elbe / The Elbe

- Länge 1.091 km / Length 1,091 km
- Mit 148.268 km<sup>2</sup> eines der größten Flusseinzugsgebiete Mitteleuropas / With 148,268 km<sup>2</sup>, one of the largest river basins in Central Europe
- Im deutschen Einzugsgebiet leben ca. 18 Millionen Menschen / Around 18 million people live in the German Elbe catchment area
- Deckt im ostdeutschen Teil 80 % des Wasserbedarfs der Bevölkerung / Supplies 80 per cent of water demands in the eastern German part of the catchment area
- Die Wasserverfügbarkeit im Einzugsgebiet ist die zweitniedrigste Europas (680 m<sup>3</sup> pro Einwohner und Jahr) / Water availability in the catchment area is the second-lowest in Europe (680 m<sup>3</sup> per capita and year)

## GLOWA Elbe

*Integrated Analysis of Global Change Impact on the Environment and Society in the Elbe Region*

*As part of the GLOWA programme, the GLOWA Elbe project concentrates primarily on the German section of one of the largest river basins in Europe (the project will take in the Czech Republic at a later stage). Interaction between social and climatic change affects both water availability and water quality, thus studies and assessments to predict future water availability play a key role in developing sustainable land use practices in the region. This is especially the case in eastern German parts of the catchment area, where the Elbe and its tributaries supply around 80 per cent of people's water needs. At 680 m<sup>3</sup> per capita and year, water availability in the Elbe catchment is the second-lowest in Europe – even without the expected adverse effects of global climate change. And at 610 mm per year, precipitation in the region is well below the German average (789 mm per year).*

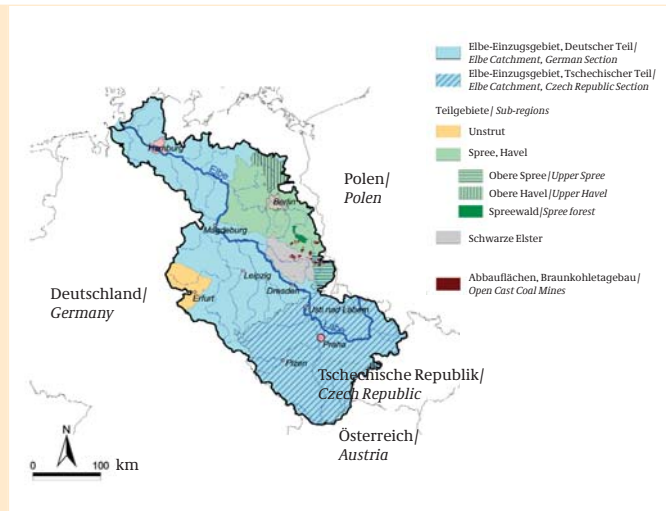
### GLOWA Elbe goals and objectives

*The water cycle in a river catchment area is sensitive to changes in climate and land use. GLOWA Elbe identifies, investigates and models change processes that have an adverse effect on the water cycle and thus on people and nature. The aim is to develop strategies that can be applied today and in the future to mitigate the region's vulnerability to global climate change. To serve decision-making in industry, government and administration, and also by other stakeholders, strategies will be identified that can contribute to sustainable water management in the project region.*

### Methodology

*The project takes an integrated methodology approach (IMA). This term describes the coordination of and close cooperation between the various disciplines involved – meteorology, hydrology, ecology, sociology, architecture and landscape planning, agroecology and others. A unified language model was developed to simplify communication and exchange between GLOWA Elbe researchers and to enforce a results-focused attitude. Along with the results obtained during the course of the project, the observations made by the individual research groups are integrated into the overall outcome at working level. Strategies are derived through use of a unified evaluation mechanism.*

Das gesamte Flusseinzugsgebiet der Elbe mit Teilregionen.  
The Elbe catchment and its sub-regions.



## Aufgaben und Ziele von GLOWA-Elbe

Der Gesamt-Wasserkreislauf eines Flusseinzugsgebietes reagiert sensibel auf Veränderungen des Klimas und der Landnutzung. GLOWA-Elbe identifiziert, untersucht und modelliert Veränderungsprozesse, die Auswirkungen auf das Wassersystem und damit auf Mensch und Umwelt haben. Das Ziel ist es, Handlungsstrategien für die Gegenwart und die Zukunft zu entwickeln, welche die Verwundbarkeit der Region gegenüber dem Globalen Wandel mindern. Im Interesse von Entscheidungsträgern aus Wirtschaft, Politik und Verwaltung, aber auch von anderen Interessengruppen, werden Handlungsstrategien ermittelt, die im Projektgebiet zu einem nachhaltigen Wassermanagement beitragen können.

## Die Methodik

In der Vorgehensweise setzt das Projekt auf einen Integrativen Methodischen Ansatz (IMA). Der Begriff steht für die aufeinander abgestimmte und enge Zusammenarbeit der verschiedenen beteiligten Wissenschaftsdisziplinen – Meteorologie, Hydrologie, Ökologie, Soziologie, Architektur und Landschaftsplanung, Agrarökonomie und andere. GLOWA-Elbe hat im Rahmen des Projektes ein einheitliches Sprachmodell entwickelt, das die Kommunikation sowie den wissenschaftlichen Austausch unter den Disziplinen vereinfacht und die Ergebnisorientierung forciert. Die im Projektverlauf entstehenden Ergebnisse und Betrachtungen der einzelnen Forschungsgruppen finden über die Arbeitsebene Eingang in das Gesamtergebnis. Handlungsstrategien werden über einen einheitlichen Bewertungsmechanismus abgeleitet.

## Water availability and water-related conflict

*Due to a wide range of factors, there is a high probability that the investigation area will face water scarcity in the future. In identifying the primary risk, available knowledge points not to difficulties in supplying people with drinking water, but to an imbalance between water supply and water demand in the various sectors. What will happen, for example, if global change effects a further reduction in what are already low precipitation levels in the Elbe catchment? Will water users – households, agriculture, industry, the energy sector, and nature's ecosystems – have to go without? Or can alternative strategies be applied to balance the ensuing water shortfalls? Against this backdrop, it becomes clear that in Germany's eastern regions, water availability is vital to social, economic and ecological development. The GLOWA Elbe project has thus identified the various influencing factors that play a role in current and future water availability and water demand. The key factors are:*

- Social change brought about by German reunification
- Global climate change
- The impact of coal extraction

## Social change since 1989

*In some instances, German reunification resulted in negative social change in the Elbe region. A net loss of 3.1 million jobs, disproportionate migration of young women and a drop in the birth rate all triggered an unwanted shift in demographics and a downturn in the economy. Over time, the average age of the population in many regions of eastern Germany has become older far faster compared to the rest of the country. This has resulted in an overall drop in household water demand which*

## Wasserverfügbarkeit und Wassernutzungskonflikte

Im Untersuchungsgebiet tragen viele Faktoren dazu bei, dass Wasser in Zukunft sehr wahrscheinlich knapper wird. Das primäre Risiko ist nach heutigem Kenntnisstand nicht die Gefahr einer Unterversorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser, sondern das Ungleichgewicht zwischen Wasserangebot und Wassernachfrage verschiedener Sektoren insgesamt. Was geschieht zum Beispiel, wenn in Folge des globalen Klimawandels die ohnehin geringen Niederschläge im Elbegebiet weiter zurückgehen? Werden Nachfrager – Haushalte, Landwirtschaft, Industrie, Energiewirtschaft oder Natur – verzichten müssen oder gibt es alternative Strategien, um die entstehenden Wasserdefizite auszugleichen? Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass die Wasserverfügbarkeit Bedeutung für die soziale, ökonomische und ökologische Entwicklung der ostdeutschen Bundesländer hat. GLOWA-Elbe hat zunächst die verschiedenen Einflussfaktoren ermittelt, die im Zusammenhang von Wasserangebot und Wassernachfrage eine Rolle spielen oder spielen werden. Das sind in der Hauptsache:

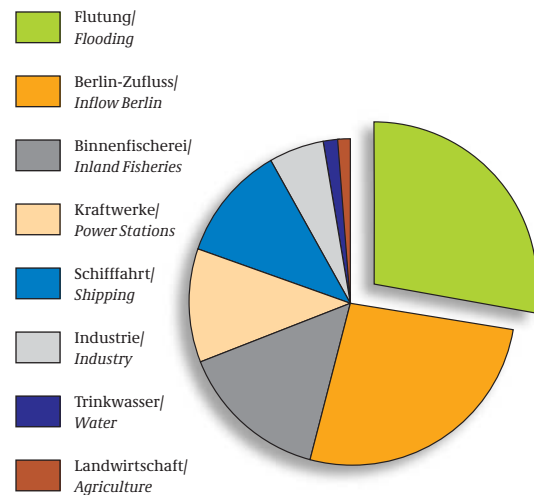
- der gesellschaftliche Wandel im Zusammenhang mit der Entstehung eines gesamtdeutschen Staates
- der globale Klimawandel
- der Einfluss der Braunkohleförderung

### Gesellschaftlicher Wandel seit 1989

Mit der Wiedervereinigung sind teils dramatische gesellschaftliche Veränderungen in der Elberegion einhergegangen. Der Nettoverlust von 3,1 Millionen Arbeitsplätzen, die überproportionale Abwanderung junger Frauen sowie der Einbruch der Geburtenraten haben demographische und ökonomische Schrumpfungprozesse ausgelöst. Mittlerweile wächst das Durchschnittsalter der Bevölkerung in vielen Teilen Ostdeutschlands im Vergleich zum übrigen Bundesgebiet deutlich schneller. Das lässt die Wassernachfrage der Haushalte insgesamt sinken, was sich positiv auf die Wasserverfügbarkeit auswirkt. Hinzu kommt ein sinkender Pro-Kopf-Wasserverbrauch. Seit 1990 ist der Wert von 142 l pro Tag auf 93 l pro Tag im Jahr 2000 zurückgegangen (der westdeutsche Vergleichswert liegt bei 136 l pro Tag).

Auslöser des Rückgangs sind der zunehmende Einsatz wassersparender Technologien sowie ein drastischer Anstieg der Wasser- und Abwasserpreise, der aus den erheblichen Investitionen in die wasserwirtschaftliche Infrastruktur seit 1990 resultiert. Insgesamt sind dem Rückgang des Wasserverbrauchs durch die Haushalte jedoch Grenzen gesetzt. Durch sinkendes Abwasseraufkommen reicht die Schleppspannung

### Wasserbedarf: $\bar{\varnothing}$ 30m<sup>3</sup>/s (2003-2007) / Water Demand: $\bar{\varnothing}$ 30m<sup>3</sup>/s (2003-2007)



in turn has a positive effect on water availability. The effect is further enhanced by a reduction in per capita water use with a drop from 142 litres per day in 1990 to 93 litres per day in 2000 (compared with 136 litres per day in western regions of Germany).

Reduced water use stems from the increasing application of water-saving technologies along with a dramatic rise in water supply and wastewater disposal charges as the water industry attempts to recoup investments made since 1990. When looked as a whole, however, any reduction in household water use is hampered by an associated decline in the volume of wastewater. This decline results in the tractive force in what are sometimes over-large sewage pipes no longer being powerful enough to transport solid waste all the way to the sewage plant. Water has to be fed into the sewers to clear the waste and this effectively negates the increase in water availability outlined earlier.

### Impacts of global climate change

Germany's climate has changed significantly over the course of the past century. Temperatures have risen by an average 0.6 °C. GLOWA Elbe researchers have simulated climate change in the Elbe catchment over the next 50 years. Based on the calculations they made, the most plausible assumption predicts a rise in temperature of 1.4 °C and a drop in precipitation levels of up to 200 mm. This will lead to a serious decline in the volume of surface and subsurface runoff, groundwater replenishment and thus water availability.

in den teils überdimensionierten Kanälen nicht mehr aus, um die Feststoffe zu den Kläranlagen zu transportieren. Deshalb muss Klarwasser in die Kanäle eingespeist werden, was den beschriebenen Wasserverfügbarkeitsvorteil zum Teil wieder aufhebt.

### Auswirkungen des globalen Klimawandels

In den letzten einhundert Jahren hat sich das Klima in Deutschland bereits erheblich verändert. Die Temperaturen stiegen im Mittel um 0,6 °C. Im Rahmen von GLOWA-Elbe wurden die Klimaänderungen im Elbe-Einzugsgebiet in den nächsten 50 Jahren simuliert. Auf Basis dieser Berechnungen geht die plausibelste Annahme von einem Temperaturanstieg um 1,4 °C sowie einem Niederschlagsrückgang von bis zu 200 mm aus. Dadurch gehen der ober- und unterirdische Abfluss, die Grundwasserneubildung und damit insgesamt die Wasserverfügbarkeit dramatisch zurück.

### Der Einfluss der Braunkohleförderung

In der Region Lausitz südlich von Berlin wird seit dem Ende des 19. Jahrhunderts Braunkohle im Tagebau gefördert. Bis 1989 stieg die jährliche Braunkohleförderung auf 195 Mill. t. Im Tagebauverfahren kommt es zur Hebung von Grundwasser, wodurch im Lausitzer Revier bis 1990 ein Grundwasserdefizit von 13 Mrd. m<sup>3</sup> entstanden ist. Der Grundwasserabsenkungstrichter – das ist der Bereich, in dem der Grundwasserspiegel gesunken ist – hatte teils eine Größe von 2.500 km<sup>2</sup>. Gleichzeitig erhöhte das abgepumpte Grubenwasser die Wasserführung der Spree (die Spree gehört zum GLOWA-Elbe Projektgebiet) von 1950 bis 1990 um das Vierfache.

Seit der Wiedervereinigung ist die jährliche Braunkohleförderung auf 55 Mill. t (Jahr 2000) zurückgegangen. Dadurch gelangt zum einen weniger Grubenwasser in die Spree, zum



*Der Rückgang der Wasserführung in der Spree gefährdet den Spreewald.  
Reduced waterflow into the river Spree puts the Spree Forest at risk.*

### The impact of coal extraction

Coal has been mined in Germany's Lausitz region, which lies south of Berlin, since the late 19th Century. By 1989, the annual volume of coal extracted amounted to 195 million tonnes. The process of coal mining also involves groundwater extraction. By 1990, this had resulted in a groundwater shortfall of 13 billion m<sup>3</sup> in the Lausitz coalfield. In some places, the area of depression – meaning the space left after the groundwater has dropped – measured as much as 2,500 km<sup>2</sup>. At the same time, the volume of water pumped out of the mines during the period 1950 to 1990 caused a four-fold increase in input into the river Spree (one of the rivers in the GLOWA Elbe study).

Since reunification, the annual volume of coal extracted in the region has dropped to just 55 million tonnes (figures for 2000). This means that less mine water is now fed into the Spree. It also gives rise to the need for surface water to flood the holes left from open cast mining and to refill the area of depression. This has to be done in order to combat groundwater acidification caused by the relatively high pyrite content in tip substrates in the Lausitz coalfield. Timely flooding neutralises rising acidic groundwater,



*Für die Flutung von Tagebaurestlöchern werden enorme Wassermengen benötigt.  
Vast quantities of water are needed to flood the holes left by open cast mining.*

anderen wird Oberflächenwasser zur Flutung der Tagebau-restlöcher und zum Auffüllen des entstandenen Absenkungstrichters benötigt. Dies ist notwendig, weil der relativ hohe Pyrid-Gehalt in den Kippesubstraten des Lausitzer Reviers zu einer Versauerung des Grundwassers geführt hat. Das beschleunigte Fluten hat den Effekt, dass aufsteigendes saures Grundwasser neutralisiert wird und nicht in die Oberflächen-gewässer gelangt. Hierdurch wird eine großflächige Zerstörung benachbarter Ökosysteme verhindert. Durch die Flutung ist außerdem die Schaffung eines 12.000 ha (Wasserfläche) großen Seengebietes geplant. Dieses Projekt wird auf Sicht von 40 Jahren den Artenreichtum sowie den Freizeit- und Erlebniswert der Region erhöhen. Gleichzeitig setzt der enorme Wasserbedarf des Flutungsplans – das derzeit größte wasserbauliche Vorhaben Europas – die Menge des für andere Nutzer verfügbaren Spree-Wassers deutlich herab.

### Wassernutzungskonflikte am Beispiel Spree

Für die Deckung des momentanen Wasserbedarfs der Stadt Berlin (Haushalte, Kraftwerke etc.) ist eine Wasserzuführung der Spree von mindestens 8 m<sup>3</sup>/s notwendig. Durch das eingespeiste Grubenwasser aus dem Tagebau in der Region Lausitz konnten in der Vergangenheit am Berliner Pegel Werte von rund 40 m<sup>3</sup>/s gemessen werden. Bereits jetzt hat der Rückgang des Tagebaus die Wasserführung der Spree erheblich gemindert – am Berliner Pegel Grosse Tränke wurde in den Sommermonaten der letzten Jahre der Mindestzufluss von 8 m<sup>3</sup>/s mehrfach unterschritten. Werden die wahrscheinlichsten Klimaszenarien für die Region Wirklichkeit, wird sich die Situation weiter verschärfen. Im nächsten Jahrzehnt würden Werte von unter 5 m<sup>3</sup>/s erreicht, ab dem Jahr 2030 käme der Zufluss in Trockenjahren ganz zum Erliegen. Neben der Stadt

*prevents its infiltration into surface waters and so avoids large-scale destruction of neighbouring ecosystems. Controlled flooding will also be used to create a 12,000 ha (water surface) lake. The project will enhance species richness in the region and provide new opportunities for outdoor recreation. At the same time, however, the huge volume of water needed in the flood plan – Europe's biggest water engineering project to date – will reduce the amount of water available to other users in the Spree river catchment.*

### Water-related conflict in the Spree basin

*The river Spree needs a minimum 8 m<sup>3</sup>/s water input to meet current water demands in the City of Berlin (from households, power stations, etc.). In the past, water pumped from the mines in the Lausitz region contributed to Berlin's water gauge showing levels around 40 m<sup>3</sup>/s. The demise of the coal industry has already led to a significant reduction in water input into the Spree: on a number of occasions during the summer months of the past several years, Berlin's Grosse Tränke water gauge fell below the minimum 8 m<sup>3</sup>/s input. The situation will worsen if the most plausible climate scenarios predicted for the region become reality. If in the course of the coming decade, the water table drops below 5 m<sup>3</sup>/s, then from 2030 onwards the river Spree will dry up altogether during the summer months of dry years. Apart from the City of Berlin, this will also affect agriculture, inland fisheries and the Spree forest wetlands that are so valuable to local tourism. Vegetation native to the wet and seasonally wet areas of the Spree forest would be at risk. The results obtained so far and the assumptions drawn by GLOWE Elbe researchers as regards the Spree region indicate a clear need for adaptation strategies to cope with the problems of water availability in the future.*

Wassertourismus – wichtig für die Blütenstadt Werder an der Havel.

Water tourism plays a key role in the town of Werder – the 'town of flowers' – on the river Havel.





Aufbau eines Szenariums.  
Developing a scenario.

Berlin wären unter anderem die Landwirtschaft, die Binnenfischerei und auch das für den Tourismus bedeutende Feuchtgebiet Spreewald betroffen. An feuchte und wechselfeuchte Standorte gebundene Vegetationsformen des Spreewaldes wären in ihrer Existenz gefährdet. Die bisherigen Ergebnisse und Annahmen von GLOWA-Elbe für das Spreegebiet machen deutlich, dass die zukünftigen Wasserverfügbarkeitsprobleme in der Region Anpassungsstrategien notwendig machen.

**Was kann getan werden?**

Diese Frage prüft GLOWA-Elbe in Form von Szenarien, die auf Grundlage der meist modellierten Ergebnisse der einzelnen Disziplinen sowie im Dialog mit den Interessengruppen gemeinsam erstellt werden. Anschließend wird untersucht, ob und in welcher Weise die in den Szenarien formulierten Annahmen zu einem nachhaltigen Wassermanagement beitragen können. Für die Spree untersucht GLOWA-Elbe beispielsweise Optionen, die auf Wassereinsparung beziehungsweise die Erschließung zusätzlicher Wasserpotenziale setzen. Wassereinsparungen ließen sich unter anderem durch eine dezentrale Stromversorgung Berlins realisieren. Auf Grund der politischen Insellage der Vergangenheit gibt es in Berlin viele Kraftwerke für die Energieversorgung vor Ort. Würde der Strom von außen zugeführt, könnte der Wasserverbrauch durch das Abschalten von Kraftwerken drastisch reduziert werden.

Zusätzliches Wasser könnte eventuell aus benachbarten Flusssystemen wie der Elbe oder der Oder – hier ist die Möglichkeit des Wasserzukaufs von der polnischen Seite zu prüfen – in die Spree geführt werden. Das Beispiel Spree ist nur ein Teil des Gesamtprojektes GLOWA-Elbe, zeigt aber recht deutlich, wie wichtig die Auseinandersetzung mit den aufgezeigten Problemfeldern für die zukünftige Gesamtentwicklung der Region ist.

**The search for a solution**

GLOWA Elbe seeks solutions to the problem of water availability by using scenarios based for the most part on modelled results obtained by the individual research groups and on information obtained in talks with stakeholders. Subsequently, a study is made as to whether and how the assumptions contained in the scenarios could contribute to sustainable water management. In the case of the river Spree, GLOWA Elbe looks, for example, at water-saving options and at ways to utilise additional water potential. One means to achieve water savings would be to decentralise Berlin’s electricity supply. As a legacy of its former political isolation, Berlin has a number of electricity generating stations right on its doorstep. If the city were to import its electricity from elsewhere, it could close its local power stations and effect a significant reduction in water use.

Another possibility might be to feed the Spree by taking water from neighbouring river systems like the Elbe or the Oder – one option would be to look at buying in water from the Polish catchment area. While the case study on the river Spree is just one element of the entire GLOWA Elbe project, it clearly illustrates the role that tackling these problems plays in the region’s development.

[www.glowa-elbe.de](http://www.glowa-elbe.de)



## GLOWA-IMPETUS

**Integratives Management Projekt für einen effizienten und tragfähigen Umgang mit Süßwasser in Westafrika: Fallstudien in den Flusseinzugsbieten Drâa (Marokko) und Ouémé (Benin)**

Das Projektgebiet von GLOWA-IMPETUS umfasst zwei Flusseinzugsgebiete. Eines im Nordwesten Afrikas, das Wadi Drâa in Südost-Marokko, und eines im Westen Afrikas, der Fluss Ouémé in Benin, wobei besonders der Oberlauf betrachtet wird. Beide Regionen, Marokko nördlich und Benin südlich der Sahara, sind von einer seit mehr als 30 Jahren anhaltenden Trockenperiode betroffen. Schätzungen gehen davon aus, dass insbesondere aufgrund des hohen Bevölkerungswachstums die zur Verfügung stehende Menge Trinkwasser Pro-Kopf von 1950 bis heute in Afrika um etwa 75 % gesunken ist. Hier setzt das Projekt GLOWA-IMPETUS an. Ziel ist es, über einen interdisziplinären und integrativen Ansatz den Risiken des Globalen Wandels vor Ort zu begegnen. Letztendlich sollen den Entscheidungsträgern in Marokko und Benin Instrumente an die Hand gegeben werden, die ein Bewerten der Auswirkungen von Entscheidungen möglich machen und einen nachhaltigen Umgang mit der lebensnotwendigen Ressource Wasser bewirken.

### Komplexe Wechselwirkungen

Es sind komplexe Wechselwirkungen, die im westlichen Afrika zu einer Verschärfung der Trinkwassersituation geführt haben und tendenziell weiter führen werden. Um diese zu verstehen, erforscht GLOWA-IMPETUS die Rückkopplung der in der Atmosphäre, der Hydrosphäre, der Biosphäre und der Anthroposphäre ablaufenden Prozesse in den beiden Einzugsgebieten. Letztlich ist es die Frage, welche Einflussfaktoren sich in welcher Weise und in welchem Umfang auf die Wasserkreisläufe auswirken und wie sich die Verknappung des Wasserdargebotes auf die zukünftige Entwicklung in den beiden Regionen auswirkt.

Ein Beispiel ist die klimatische Verbindung der Regionen nördlich und südlich der Sahara. GLOWA-IMPETUS hat deutliche Hinweise, dass Feuchtigkeit aus dem südlichen Westafrika in mittleren Luftschichten über die Sahara bis zum Atlasgebirge im Norden Afrikas transportiert wird und hier als Niederschlag fällt. Wird dieser Prozess durch die massive Umwandlung von Waldgebieten in Ackerflächen gestört, hat dies Auswirkungen auf die Niederschlagsmengen im

## GLOWA IMPETUS –

*An Integrated Approach to Efficient and Sustainable*

*Management of Freshwater Resources in West Africa:*

*Case Studies on the Drâa (Morocco) and Ouémé (Benin)*

### *Catchments*

*The GLOWA IMPETUS project investigates two river catchments in North West and West Africa: the Drâa wadi in south-east Morocco and the Ouémé in Benin with special focus on the upper Ouémé catchment area. Both regions – Morocco north and Benin south of the Sahara – have suffered ongoing drought for the past 30 years or more. Since 1950, Africa's per capita levels of available drinking water have dropped by 75 per cent. High population growth is thought to be the main cause. GLOWA IMPETUS is thus aimed at developing an interdisciplinary, integrative approach to mitigating the region-specific risks of global change. Ultimately, decisionmakers in Morocco and Benin will be given tools to help them assess the impact of the decisions they make and implement sustainable management of the water resources so vital to life.*

### **Complex interactions**

*An ongoing process of complex interactions has led to a deterioration in the supply of drinking water in West Africa. The trend is expected to continue. To understand this process, GLOWA IMPETUS studies feedback mechanisms in the processes that take place in the atmosphere, the hydrosphere, the biosphere and the anthroposphere in both catchments. The aim is to identify the influencing factors that affect the water cycles, assess the extent of their impact and predict how reduced water availability will influence future development in both regions. One example is the connections between the climate north and south of the Sahara. GLOWA IMPETUS has clear evidence that moisture from South West Africa is transported in the intermediate atmospheric layers above the Sahara to the Atlas mountains in Northern Africa where it falls as rain or snow. Any disruption of this process by transforming large areas of forest into farmland influences rainfall in the southern Atlas mountains in Morocco. Deforestation in Benin is partly a result of the increasing aridification of the Sahel fringe. The soil dries out and people migrate further south to claim new land for farming.*

Die GLOWA-IMPETUS Projektgebiete.  
The GLOWA IMPETUS project region.



südlichen Atlasgebirge in Marokko. Die Abholzung von Waldgebieten in Benin resultiert unter anderem aus der zunehmenden Trockenheit in den Sahel-Randgebieten. Die Böden trocknen aus, die Menschen ziehen in den Süden und erschließen neue Nutzflächen.

## Die Methodik

In der ersten Projektphase wurden die wesentlichen Aspekte des Wasserhaushalts und des menschlichen Handelns in den beiden Gebieten detailliert untersucht. In einem integrativen Ansatz wurden die bestehenden Zusammenhänge und Abhängigkeiten mit Hilfe existierender, für die jeweilige Region und Fragestellung angepasster Modelle beschrieben. Da insbesondere für die Anwendung und Verifikation der naturwissenschaftlichen Modelle die vorhandenen Daten nicht ausreichten, wurden eigene Geräte entlang eines Höhen- und Ariditätsgradienten (in Marokko) und auf Intensivuntersuchungsflächen (Benin) installiert.

In der seit 2003 laufenden zweiten Phase steht die Analyse der zukünftigen Entwicklung im Vordergrund. Eine exakte Prognose ist aufgrund der großen Unsicherheiten prinzipiell nicht möglich. Vielmehr wird in enger Abstimmung mit den Projektpartnern vor Ort versucht, mögliche Tendenzen mit Hilfe von Szenarien zu beschreiben. Szenarien sind konsistente, plausible Beschreibungen alternativer Entwicklungen, die unter Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer, gesellschaftlicher, technologischer und klimatologischer Aspekte entwickelt werden. Für die Quantifizierung der Szenarien werden einzelne Modelle der verschiedenen Fachdisziplinen gekoppelt. Die Notwendigkeit der Kopplung erfolgt aus den Fragestellungen und wird problemorientiert durchgeführt. Die skalenabhängige, raum-zeitlich differenzierte Betrachtung und Bewertung möglicher zukünftiger Entwicklungen ist die unverzichtbare Grundlage für die Entwicklung und Implementierung der benötigten Managementwerkzeuge für die lokalen Entscheidungsträger während der dritten Projektphase.

## Methodology

*In the first phase a detailed study of the key aspects of the water cycles and human activities in the two catchments was conducted. Taking an integrative approach, existing interconnections and interdependencies were described using available models that the team adapted to serve the respective regions and issues. Because available data was insufficient to allow use of and verification with existing scientific models, the project team installed equipment along a gradient of aridity and elevation in Morocco and in a small, representative, conjoint catchment in Benin. The second phase of the project, started in 2003, places its main focus on analysing future developments. An accurate prognosis is, however, impossible given the great uncertainties. In close cooperation with local project partners, the project team will thus use a range of scenarios in an attempt to describe potential trends. Scenarios are consistent, plausible descriptions of alternative trends. Their development takes account of economic, ecological, social, technological and climatological factors. Models developed by the various research disciplines have been linked to allow scenario quantification. The need to link different model depends on the questions to be answered and the problems to be solved.*

*Scale-dependent, time-and-space differentiated observation and assessment of future trends thus provides an invaluable foundation on which to develop and implement the management tools that will be used by local decisionmakers in the third phase of the project.*

**[www.impetus.uni-koeln.de](http://www.impetus.uni-koeln.de)**

## GLOWA-IMPETUS Teilprojekt Benin

Im westlichen Afrika nimmt Benin eine klimatische Sonderstellung ein. Fallen in den Küstenregionen der benachbarten Länder bis zu 4.000 mm Niederschlag im Jahr, sind es in Benin nur 1.200 mm im Süden des Landes und nur etwa 900 mm im Norden (in zwei Regenzeiten bzw. einer Regenzeit). Dem Rückgang der Niederschläge seit den siebziger Jahren steht eine Zunahme des Wasserbedarfs durch das hohe Bevölkerungswachstum (ca. 3,2% pro Jahr) gegenüber. Obwohl Benin kein wasserarmes Land ist, ist die Versorgung mit sauberem Trinkwasser vielerorts ein Problem. Von den insgesamt rund 7 Millionen Einwohnern sind weniger als ein Fünftel an Wasserleitungssysteme angeschlossen. Weniger als 40% der Landbevölkerung trinkt aus gefassten Brunnen. Ein großes Problem ist die Wasserqualität. GLOWA-IMPETUS hat in vielen Brunnen und Wasserstellen verschiedenste Krankheitserreger nachgewiesen – unter anderem Cholerabakterien.

Aufgrund fehlender Bodenschätze hat die Landwirtschaft eine hohe Bedeutung für die Bevölkerung. Wegen der geringen Finanzkraft der lokalen Bevölkerung herrscht der Brandrodungsfeldbau ohne Verwendung von Düngung vor. Durch den geringen natürlichen Nährstoffvorrat sind die Böden schnell ausgelaugt und würden erst nach einer langen Brachezeit wieder nutzbar. Der Bevölkerungsdruck macht das Einhalten der notwendigen Brachezeit jedoch oft unmöglich.

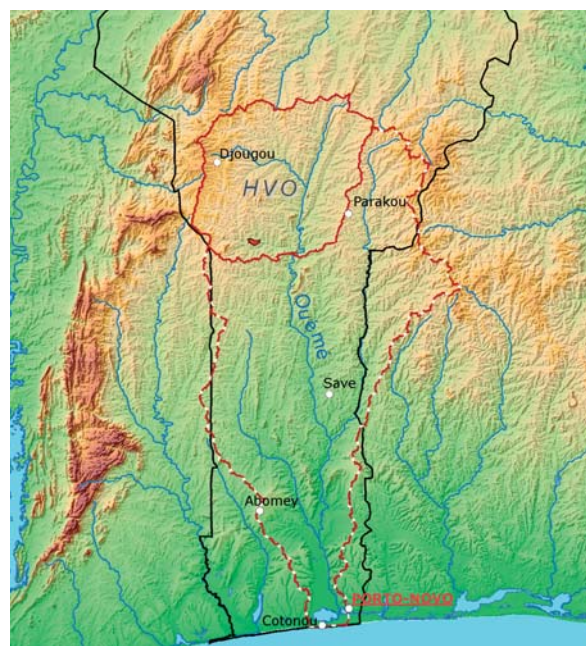
### Der Ouémé / The Ouémé

- Der Ouémé ist mit 510 km der längste Fluss und die zentrale Wasserader Benins/  
*At 510 km, the Ouémé is Benin's longest river and principle water vein*
- Hat eine an der Regenzeit orientierte, periodische Wasserführung/  
*Waterflow is dependent on seasonal rainfall*
- Die wichtigsten Zuflüsse sind der Okpara und der Zou  
*Key tributaries are the Okpara and the Zou*
- Fließt von Norden nach Süden und mündet bei Cotonou in den Atlantik/  
*Flows from north to south to enter the Atlantic at Cotonou*

## GLOWA IMPETUS: Benin Subproject

*Benin takes a special place as regards climatic conditions in West Africa. While annual rainfall in the coastal regions of neighbouring countries amounts to about 4,000 mm, the two rainy seasons in the south of Benin produce as much as 1,200 mm of rain and the single rainy season in the north delivers as little as 900 mm. The problems of reduced rainfall experienced since the 1970s are exacerbated by rising water demand brought about by high population growth – the annual rate is around 3.2 per cent. Although Benin cannot be considered a water-poor country, the provision of clean drinking water is problematic in many places. Only one-fifth of the country's seven million people are connected to the water supply system. Less than 40 per cent of the rural population drink from cased wells. Water quality poses a huge problem: GLOWA IMPETUS researchers have detected a range of pathogens, including cholera bacteria, in many wells and waterholes.*

*Due to the lack of natural resources, agriculture plays an important role in the lives of the Benin people. Their limited financial resources force them to adopt slash-and-burn farming methods and do without fertiliser. Due to the low natural soil fertility the soil is quickly depleted and is really only suitable for reuse after a long period lying fallow. However, the pressures of population growth make it almost impossible to adhere to fallow periods of appropriate length.*



Messen des Baumumfanges.  
Measuring a tree's circumference.



## Landnutzungsänderung und Klimawandel

Die Trockenperioden seit den siebziger Jahren haben im Sahel und in der Sudanzone zu einem Abwandern großer Teile der Bevölkerung geführt. Die Bauern des Nordens verlassen vielfach ihre ausgelaugten, erodierten Böden und ziehen in den gering besiedelten Süden. Diese Zuwanderung erfolgt weitestgehend unkontrolliert und ohne Steuerung staatlicher Stellen. Für GLOWA-IMPETUS ist dieser Prozess von zentraler Bedeutung, weil er die Umsetzung eines zukünftig nachhaltigen Wassermanagements stark beeinflusst. Neben der Umwandlung der Wälder in Ackerland hat dieses auch soziokulturelle Folgen, denn das Land zeichnet sich durch eine hohe ethnische Heterogenität aus.

Über die Auswertung von Satellitenbildern hat GLOWA-IMPETUS festgestellt, dass sich von 1986 bis 2001 die Ackerflächen am Oberlauf des Ouémé verdoppelt haben, während die dichten Wälder um 40 % reduziert wurden. Das bewirkt eine verringerte Verdunstung und dadurch lokal zurückgehende Niederschläge. Die FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) geht bis zum Jahr 2025 für das tropische Afrika und die Sahelzone von einem Rückgang der Vegetation um nochmals über 30 % aus, was sich sowohl auf das Klima in Westafrika als auch darüber hinaus bis nach Marokko auswirkt.

## Perspektiven für Benin

Auf Basis der Ergebnisse und Erkenntnisse der ersten Projektphase entwickelt GLOWA-IMPETUS gemeinsam mit den Akteuren in Benin Szenarien, die mögliche zukünftige Entwicklungswege unter verschiedenen Annahmen, z.B. hinsichtlich der Landnutzung, aufzeigen. Letztlich lassen sich über Szenarien in Verbindung mit den gekoppelten Modellen Aussagen treffen, die beschreiben, was beispielsweise geschehen würde, wenn noch mehr Wald in Ackerflächen umgewandelt wird. Dadurch stellt GLOWA-IMPETUS den Akteuren und Entscheidern vor Ort ein Instrument zur Verfügung, über das sich Auswirkungen jetziger Entscheidungen auf die Zukunft abschätzen lassen.

## Land use change and climate change

*The periods of drought experienced since the 1970s have caused large numbers of people to migrate away from the Sahel and out of the Sudanese zone. Farmers in the north often leave their depleted, eroded land and head for the less-populated south. Migration is largely spontaneous and is not managed by government agencies. This process plays a central role in the GLOWA IMPETUS project because of its potentially strong influence on efforts to implement sustainable water management. Apart from the transformation of forests into farmland, migration also has socio-cultural consequences due to the country's high ethnic heterogeneity.*

*By assessing satellite images, the GLOWA IMPETUS team found that agricultural land in the upper Ouémé catchment had doubled between 1986 and 2001. They also found evidence of a 40 per cent reduction in dense forest coverage during the same period. This results in reduced evapotranspiration and a localised decline in rainfall. The UN Food and Agriculture Organisation (FAO) predicts a further 30 per cent loss of vegetation in tropical Africa and the Sahel zone by 2025. This will affect the climate in West Africa and the impact will extend as far as Morocco.*

## Perspectives for Benin

*Based on results obtained and observations made during the first project phase, GLOWA IMPETUS has worked closely with actors in Benin to develop scenarios that will show future development paths based on a range of assumptions on issues such as land use. Finally, the use of scenarios in conjunction with the linked models allow conclusions to be drawn that describe what would happen, for example, if even wider areas of forest are transformed into farmland. The GLOWA IMPETUS project thus provides local actors and decisionmakers with a tool to help them assess how the decisions they make today can shape the future.*

## GLOWA-IMPETUS – Teilprojekt Marokko

Auch Marokko ist seit den späten siebziger Jahren von den Auswirkungen der anhaltenden Trockenperiode in Westafrika betroffen. Wesentlich für die Verteilung der Wasserressourcen ist der Mansour Eddahbi Staudamm nahe der Stadt Ouarzazate, der aus den Niederschlägen und der Schneeschmelze im Hohen Atlas gespeist wird. Dieser Staudamm weist gerade in den letzten Jahren eine äußerst geringe Wasserfüllung auf.

Zwischen den Wassernutzern (Bewässerung, Energieerzeugung durch Wasserkraft, Haushalte) besteht ein erhebliches Konfliktpotential, das eine große Herausforderung für das Wassermanagement in der Region darstellt. Da die größte Wassermenge für die Bewässerung der Oasen benötigt wird, ist seit einigen Jahren aufgrund der Trockenheit die Agrarproduktion stark eingeschränkt. Neben der Oasenwirtschaft ist insbesondere die Weidewirtschaft in der betrachteten Region von großer Bedeutung. Aufgrund der hohen Viehdichte ist die Vegetationsdecke stark degradiert, was zu einer erhöhten Bodenerosion führt.

### Landnutzungsstrategien

Das ökologische System im Hohen Atlas und im Vorland ist durch eine komplexe Beziehung zwischen naturräumlichen Gegebenheiten und Landnutzungsstrategien geprägt. Die landwirtschaftlich nutzbare Fläche ist auf die engen Täler be-

## GLOWA IMPETUS: Morocco Subproject

*Morocco has suffered the effects of the prolonged periods of drought experienced in West Africa since the late 1970s. Key to the distribution of water resources is the Mansour Eddahbi reservoir near the city of Ouarzazate which is fed by rainfall and snow melt from the High Atlas. Water levels in the reservoir have been extremely low in recent years.*

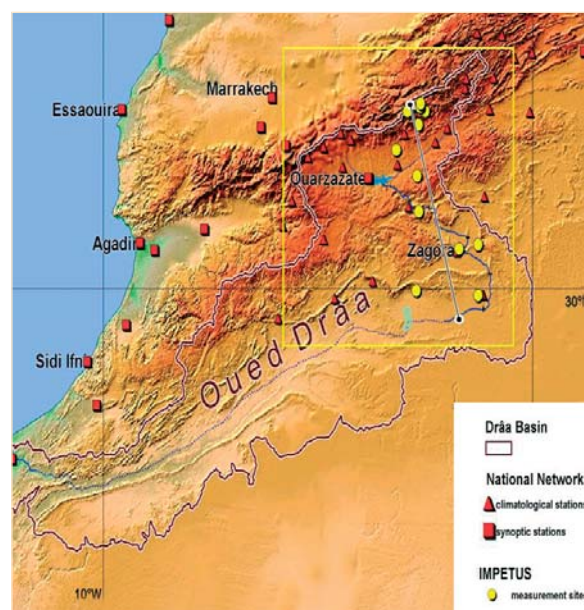
*Huge potential for conflict exists between water users (irrigation farming, hydroelectricity, households) and poses a great challenge to water managers in the region. Because the largest volume of water is needed for oasis irrigation, agricultural production has been limited for a number of years due to drought. Alongside oasis farming, pastoral farming is of key importance in the region. Large cattle stocks cause severe degradation of local vegetation which in turn leads to greater soil erosion.*

### Land use strategies

*The ecosystem in the High Atlas and its forelands is characterised by a complex relationship between environmental conditions and land use strategies. The only land suitable for crop production is in narrow valleys and soil quality is limited. While there are no limitations on water availability in the High Atlas, use of available water resources has a direct impact on downstream water supply. Agricultural production in the High Atlas is largely dependent on temperature and fertiliser input. Income diversifi-*

### Das Wadi Drâa / The Drâa wadi

- Im südlichen Marokko / *Situated in southern Morocco*
- Die Quellflüsse entspringen im Hohen Atlas und vereinigen sich bei Ouarzazate / *Source rivers originate in the High Atlas and meet at Ouarzazate*
- Mündet seit dem Bau des Staudamms bei Ouarzazate nicht mehr im Endsee Lac Iriki / *Since the building of the Ouarzazate dam, no longer culminates in Lake Iriki*
- Das Einzugsgebiet umfasst einen ausgeprägten klimatischen Gradienten vom subhumiden/semiariden Hohen Atlas bis zum ariden Süden / *Catchment area comprises strong climatic gradient from the sub-humid/semi-arid High Atlas to the arid south*



grenzt, die Bodenqualität ist eingeschränkt. Im Hohen Atlas ist die Wasserverfügbarkeit nicht limitiert, die Nutzung der vorhandenen Ressourcen hat aber direkte Auswirkung auf das Wasserdargebot der Unterlieger. Die Agrarproduktion im Hohen Atlas hängt im Wesentlichen von der Temperatur und den Düngergaben ab. Um die Risiken bei der landwirtschaftlichen Produktion zu minimieren, wird auf die Diversifizierung des Einkommens gesetzt. Der Anbau verschiedener Ackerfrüchte minimiert das klimatische Risiko, weiteres Einkommen wird aus dem Tourismus und der Weidewirtschaft gewonnen. Cash Crops (für den Export bestimmte Agrarprodukte) haben aufgrund fehlender Infrastruktur eine untergeordnete Bedeutung, die Landwirtschaft ist weiterhin traditionell subsistenzorientiert.

### Arbeitsmigration und steigende Wassernachfrage

GLOWA-IMPETUS hat im Untersuchungsgebiet einen starken sozioökonomischen Wandel feststellen können. Die sinkende Wasserverfügbarkeit trägt dazu bei, dass Teile der Bevölkerung die Landwirtschaft aufgeben. Vor allem die Männer verlassen die ländlichen Regionen, um in den Städten oder auch im Ausland zu arbeiten. Aus diesem Prozess der Arbeitsmigration resultiert ein Geldtransfer in die ländlichen Regionen des Projektgebietes, der sich direkt auf den Wasserkreislauf auswirkt. Durch den Geldfluss wird der Pro-Kopf-Wasserverbrauch erhöht. Zusätzlich werden verstärkt Motorpumpen gekauft, die Grundwasser aus salzhaltigen, nährstoffarmen Wasserschichten fördern. Eine der Auswirkungen ist, dass mancherorts der Grundwasserspiegel sinkt. Dieses führt zu Ernteausfällen bei Landwirten, die über keine tief reichenden Brunnen und Pumpen verfügen. Durch die Verwendung von salzhaltigem Wasser wird die Bodenversalzung beschleunigt, was zu einer Reduzierung der Erträge und damit wiederum zu verstärkter Arbeitsmigration führt.

### Enge Zusammenarbeit der Disziplinen

Die Arbeit von GLOWA-IMPETUS in Marokko macht die Wichtigkeit des interdisziplinären und integrativen Ansatzes des Gesamtprojektes für die Schaffung nachhaltiger Wassermanagement-Systeme deutlich. Erst das Zusammenfließen der Ergebnisse der beteiligten Disziplinen erlaubt das Formulieren von Szenarien, die alle wesentlichen Einflussfaktoren berücksichtigen. Die oben beschriebenen sozioökonomischen Einflüsse zeigen beispielsweise, wie wichtig die Zusammenarbeit von Sozialwissenschaften und Naturwissenschaften zur Schaffung eines realitätsnahen Entscheidungs-Unterstützungssystems ist.



*Klimamessungen im Atlasgebirge.*

*Climate monitoring in the Atlas mountains.*

*cation is thus necessary to minimise the risks in agricultural production. The growing of a range of fruit crops minimises the climate risk, while additional income is won from tourism and pasture farming. Cash crops (agricultural products destined for export) play only a minor role due to the lack of infrastructure. Farming thus remains traditionally subsistence based.*

### Migration of labour and increasing water demand

*GLOWA IMPETUS has found evidence of great socio-economic change in the investigation area. Depleting water availability is forcing people to give up farming. Men in particular are leaving the rural regions to seek work in the towns and cities and even in other countries. This process of labour migration results in a transfer of money to the rural areas of the project region. That transfer has a direct impact on the water cycle. The influx of money triggers an increase in per capita water use. It also enables the purchase of motorised pumps that can be used to extract groundwater from saline, nutrient-poor water layers. One outcome is a drop in groundwater levels in some places. This means poor harvests for those farmers who have no access to deep wells and water pumps. The use of saline water accelerates soil salinity, which in turn leads to lower yields and thus to greater migration of labour.*

### Interdisciplinary research

*The work performed by GLOWA IMPETUS in Morocco illustrates the need for an interdisciplinary, integrative approach in creating sustainable water management systems. Only by combining the results obtained by the various research disciplines can scenarios be developed to take in the key influencing factors. The socio-economic influences outlined emphasise the importance of cooperation between the natural and social sciences in developing realistic decision support systems.*



## GLOWA-Jordan River

Vulnerabilität der Wasserressourcen im östlichen

Mittelmeer gegenüber globalen Veränderungen – ein

integrierter Ansatz zur nachhaltigen Bewirtschaftung

Das GLOWA-Jordan River Projektgebiet ist eine Region, in der der Grenzwert für absolute Wasserknappheit (500 m<sup>3</sup> pro Einwohner und Jahr) mit ca. 150 - 250 m<sup>3</sup> Wasser pro Einwohner und Jahr weit unterschritten wird. In den palästinensischen Autonomiegebieten ist die Wasserverfügbarkeit nochmals deutlich geringer, hier spricht die FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) in weiten Teilen von Unterversorgung. Seit den 70er Jahren wird dieses Wasserdefizit – vor allem in Israel und Jordanien – zunehmend durch den Import „virtuellen“ Wassers, inzwischen in der Größenordnung von ca. 400 - 600 m<sup>3</sup> pro Einwohner und Jahr, ausgeglichen. Das ist das Wasser, welches benötigt wird, um Importwaren wie Getreide oder Fleisch zu produzieren. Diese Zahlen machen deutlich, mit welchen Risiken die zukünftige Entwicklung der Region in Hinblick auf den Globalen Wandel, insbesondere Klimaänderungen und Bevölkerungswachstum werden das Wasserdefizit voraussichtlich weiter erhöhen,

### Der Jordan / The Jordan River

- Länge 320 km / Length 320 km
- Größe des Einzugsgebietes: 18.000 km<sup>2</sup> / Catchment area 18,000 km
- Fließt aus den Quellen in Israel, Libanon, Syrien und Jordanien durch den Norden Israels in den See Genezareth und weiter bis in das Tote Meer / Flows from its sources in Israel, Jordan, Lebanon and Syria through northern Israel, into the Sea of Galilee and on to the Dead Sea
- Das Wasser des Jordans wird für die Trinkwasserversorgung und die künstliche Bewässerung von Feldern praktisch vollständig aufgebraucht / The waters of the Jordan River are used almost to capacity for drinking water and crop irrigation
- Die Wasserverfügbarkeit pro Einwohner in der Region ist bereits heute eine der niedrigsten weltweit / Per capita water availability in the region is already among the lowest in the world

## GLOWA Jordan River

*Global Change and the Vulnerability of Water Resources*

*in the Eastern Mediterranean: An Integrated Approach*

*to Sustainable Management*

*GLOWA's Jordan River project focuses on a region where, at levels ranging between 150 - 250 m<sup>3</sup>, per capita water availability is well below the absolute scarcity threshold (500 m<sup>3</sup> per capita and year). Levels are even lower in Palestinian-controlled areas, where the UN Food and Agriculture Organisation (FAO) reports an under-supply in many places. Since the 1970s, and particularly in Israel and Jordan, these water shortfalls have increasingly been balanced by the import of 'virtual' water at volumes of between 400 - 600 m<sup>3</sup> per capita and year. Virtual water is the water that is required to produce essential food imports like crops and meat. Such figures clearly illustrate the risks the region faces in terms of development and global change. Circumstances are not helped by the fact that the region's available surface and groundwater resources are transboundary resources whose distribution naturally adds further conflict potential to an already tense political situation. In light of the many problems to be overcome, the ultimate aim of GLOWA Jordan River is to develop sustainable management practices to allow maximisation of the full potential of the region's water resources.*

### The Jordan River and the Sea of Galilee

*The Jordan catchment is characterised by a strong climate gradient from north to south. In the Mediterranean climate of the Upper Jordan region, annual rainfall amounts to as much as 800 millimetres. Some of the arid and semi-arid areas in the south experience less than 100 millimetres per year. In the northern section of the catchment, the river Jordan comprises a range of smaller tributaries that feed the Sea of Galilee. A large volume of water is pumped from the Sea of Galilee into Israel's, and to a lesser extent Jordan's, water supply systems. Israel covers some 40 per cent of its drinking water needs in this way. Water is supplied to towns and also channelled south into the Negev desert through pipelines operated by MEKOROT, Israel's national water company. Jordan and Israel entered into a cooperation agreement on use of the waters in the Jordan River and the Sea of Galilee in 1994. Water levels in the Sea of Galilee drop by as much as one centimetre per day during the summer months. Along with additional losses caused by evaporation and almost full use of water capacity in the Upper Jordan, this means that hardly any water reaches the Dead Sea - water levels there have dropped by more than 25 metres in the past 30 years.*

Das GLOWA-Jordan River Projektgebiet.  
The GLOWA Jordan River project regions.



behaftet ist. Zumal es sich bei dem verfügbaren Oberflächen- und Grundwasser um grenzübergreifende Ressourcen handelt, deren Verteilung in der angespannten politischen Situation zusätzliches Konfliktpotenzial schafft. Im Umfeld dieser Problemkonstellationen setzt das Projekt GLOWA-Jordan River an, das letztlich zu einer nachhaltigen Bewirtschaftung und Maximierung des Gesamtnutzens der Wasserressourcen im Einzugsgebiet beitragen soll.

### Jordan River und See Genezareth

Das Einzugsgebiet des Jordans ist durch einen starken Gradienten der klimatischen Bedingungen von Nord nach Süd geprägt. Fallen im mediterranen Bereich am Oberlauf des Jordans bis zu 800 Millimeter Niederschlag im Jahr, sind es in den Wüsten- und Halbwüsten-Regionen des Südens stellenweise unter 100 Millimeter pro Jahr. Im Norden des Einzugsgebietes entsteht der Jordan aus einer Reihe kleinerer Zuflüsse und speist den See Genezareth. Aus diesem wiederum wird ein Großteil des Wassers in die israelischen und zu einem geringen Teil auch in die jordanischen Wasserversorgungssysteme gepumpt – Israel deckt hiermit 40 % des Trinkwasserbedarfs. Das staatliche israelische Wasserunternehmen Mekorot führt das Wasser über Pipelines in die Städte und bis in die Wüste Negev im Süden. 1994 haben sich Jordanien und Israel auf die gemeinsame Nutzung des Fluss- und Seewassers geeinigt. In den Sommermonaten sinkt der Wasserspiegel des Sees Genezareth täglich um bis zu einen Zentimeter. Durch die praktisch vollständige Nutzung des Wassers des oberen Jordans und die zusätzlichen Verdunstungsverluste im See Genezareth wird kaum noch Wasser bis in das Tote Meer

### Groundwater resources

Another vital source of water comes from groundwater supplied by a system of water-permeable layers (aquifers) that occur in both mountain and coastal regions. Water is extracted from springs and wells – mostly in excess of natural replenishment that occurs through precipitation. Water reserves below the West Bank (Palestinian autonomy areas) are largely controlled by Israel and the drilling of new wells is often prohibited. Most Palestinians receive their water via Israel's national water system. This gives rise to considerable potential for conflict.

### Population growth

Water resources in the Jordan catchment are already being used almost to full capacity. According to estimates by GTZ (Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, an international development cooperation organisation), water use in the catchment area will double by 2040 as a result of population growth (around 2.5 per cent in Israel and 3 per cent in Jordan and the autonomous areas) and increasing economic development. Despite water scarcity, at over 200 litres per capita and day water use in Israel's households is already relatively high (by way of contrast, the figure for the West Bank is 60 litres).

### Global change impact

With focus on the Jordan catchment, climate researchers predict reductions in precipitation and increasing variability. Extreme weather events such as droughts, floods and extended periods of dry and wet weather are becoming more frequent. This trend

weitergeleitet; der Wasserspiegel sank hier in den letzten 30 Jahren um über 25 m. Während die Wasserstände des Sees Genezareth im Winter jeweils wieder steigen, ist der sinkende Wasserspiegel des Toten Meeres ein irreversibler Prozess.

### Die Grundwasservorkommen

Weitere wichtige Wasserquelle ist Grundwasser aus einem System wasserführender Schichten (Aquifere), sowohl in der Bergregion als auch in der Küstenregion. Das Wasser wird aus Quellen oder über Brunnen entnommen; oft über die Menge hinaus, die der natürlichen Wiederanreicherung durch Niederschläge entspricht. Die Wasservorräte unter der Westbank (palästinensisches Autonomiegebiet) werden in starkem Maße durch Israel kontrolliert; das Anlegen neuer Brunnen wird in den meisten Fällen nicht erlaubt. Die Wasserversorgung der palästinensischen Bevölkerung läuft zu einem großen Teil über das staatliche israelische Wassersystem. Hierin liegt ebenfalls erhebliches Konfliktpotenzial.

### Zukunftsproblem Bevölkerungswachstum

Im Einzugsgebiet des Jordan River werden die vorhandenen Wasserressourcen bereits jetzt nahezu vollständig genutzt. Durch das hohe Bevölkerungswachstum (ca. 2,5 % in Israel, 3 % in Jordanien und den Autonomiegebieten) in Verbindung mit einer zunehmenden wirtschaftlichen Entwicklung wird sich nach Schätzungen der GTZ (Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit) der Gesamtwasserverbrauch im Einzugsgebiet bis 2040 in etwa verdoppeln. Trotz Wasserknappheit ist der Wasserverbrauch der Haushalte Pro-Kopf und Tag mit über 200 l (der Vergleichswert der Westbank beträgt etwa 60 l) in Israel schon jetzt relativ hoch.

*may well be behind the proliferation of Red Sea Trough weather conditions over the past 50 years: areas of low pressure transport moisture from the Red Sea into arid areas of the south and so provide for additional rain, while at the same time they cause significant reductions in the volume of precipitation in the north.*

### Growing water demand, depleting water supply

*The impacts of global change outlined here widen the gap between an already depleting water supply and growing water demand. The region thus faces considerable problems in terms of water availability and water quality. To overcome this situation, Israel in particular relies on technological fixes like desalination: in 10 to 20 years' time, desalinated water is expected to provide about half of the water supply. Despite modern technology and the lowest price per cubic metre worldwide, these methods are both cost and energy intensive. GLOWA Jordan River thus looks at options to allow more effective use and management of the region's water resources.*

### Water use in agriculture

*One approach to more effective water use would be to reallocate resources on the basis of economic optimisation. In both Israel and Jordan, up to 70 per cent of available water goes to agriculture although its contribution to Gross National Product (GDP) amounts only to between 3 – 5 per cent. This is a conscious political decision to secure a certain share of domestic production in food supply. While agriculture now receives considerably less water during the dry summer months, there appear to be no plans in the foreseeable future to increase water prices to cost level as an incentive for the agricultural sector to save water. With Israel and Jordan already taking a lead role in the development and use of water-saving technologies in agriculture, water scarcity cannot be combated solely by further increases in productivity.*

*Das untere Jordantal während eines extrem feuchten Jahres.*

*The lower Jordan valley in an extremely wet year.*



## Einflüsse des globalen Klimawandels

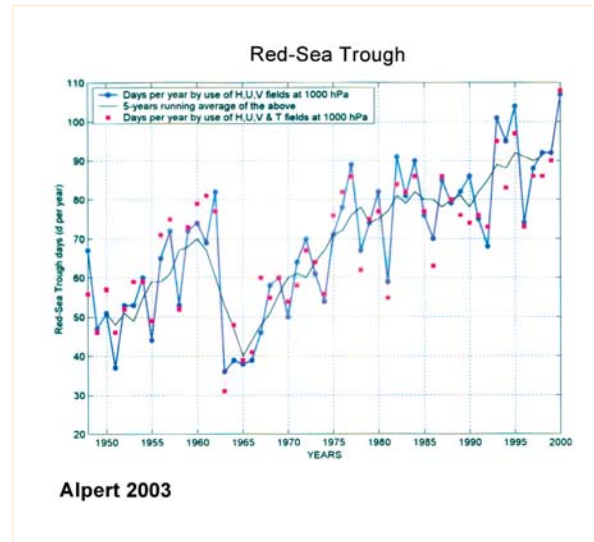
Für das Einzugsgebiet des Jordans geht die Klimaforschung in Zukunft von einer Verringerung der Niederschläge bei steigender Variabilität aus. Es häufen sich Extremereignisse (Dürren und Fluten bzw. besonders trockene, besonders feuchte Zeiträume). Die deutliche Zunahme der „Red Sea Trough“-Wetterlagen in den letzten 50 Jahren mag ein erstes Indiz für diese Tendenz sein: Tiefdruckgebiete führen dabei zwar Feuchtigkeit vom Roten Meer in die südlichen Wüstenregionen und sorgen dort für zusätzlichen Niederschlag, gleichzeitig kommt es aber zu wesentlich stärkeren Rückgängen der Niederschläge weiter im Norden.

## Wassernachfrage steigt, Wasserangebot sinkt

Durch die geschilderten Einflüsse klafft die Schere zwischen sinkendem Wasserangebot und wachsender Nachfrage weiter auseinander. Daraus lässt sich für die Region ein erhebliches Problempotenzial hinsichtlich Wasserverfügbarkeit und Wasserqualität ableiten. In dieser Situation setzt vor allem Israel auf technische Lösungen wie die Meerwasser-Entsalzung. In 10 – 20 Jahren soll der Anteil entsalzten Wassers ca. die Hälfte der Wasserversorgung abdecken. Trotz modernster Technologie und dem niedrigsten m<sup>3</sup>-Preis weltweit ist diese Methode kosten- und auch energieintensiv. GLOWA-Jordan River untersucht Möglichkeiten, das Wasser in der Region zukünftig effektiver einzusetzen.

## Wassernutzer Landwirtschaft

Ein Ansatz für einen effektiveren Wassereinsatz wäre die Umverteilung der Ressourcen auf der Basis einer ökonomischen Optimierung. Bisher fließen in Israel und Jordanien bis zu 70 % des verfügbaren Wassers in die Landwirtschaft, obwohl diese nur zu etwa 3 – 5 % zum Brutto sozialprodukt beiträgt. Das ist politisch gewollt, um die Versorgung mit Nahrungsmitteln zu einem gewissen Prozentsatz aus eigener Produktion sicherzustellen. Zwar wird der Landwirtschaft in trockenen Sommern mittlerweile deutlich weniger Wasser zur Verfügung gestellt; ein Anheben der Wasserpreise auf ein kostendeckendes Niveau als Anreiz zum Wassersparen im Agrarsektor ist aber nicht absehbar. Israel und Jordanien sind bereits jetzt führend in der Entwicklung und im Einsatz wassersparender Technologien in der Landwirtschaft, so dass weitere Produktivitätssteigerungen allein die Wasserknappheit nicht beseitigen können.



Die Zunahme der „Red Sea Trough“-Wetterlagen seit 1950.

Red Sea Trough weather conditions have proliferated since 1950.

## Focus on ‘green’ water

Use of ‘blue’ water (groundwater and surface water), treated wastewater and desalinated water is highly regulated in the project region. It will be difficult to influence water management in this sector at any time in the future. This is why GLOWA Jordan River also focuses on ‘green’ water – water stored in the soil which is available to plants and evaporates in rainfed agriculture, pasture farming and natural ecosystems. Work is underway to develop integrated land and water management strategies that include green water in adapting to an overall drop in water availability, e.g. by increasing green water productivity in agriculture. Field trials will be held to assess how different types of vegetation respond to more or less rainfall. Tests will also be conducted using rainfed farming to find viable production alternatives in agriculture.

## Impact on ecosystems

The GLOWA Jordan River project has already shown that changes in climate and water availability have a serious effect on catchment area ecosystems. Semi-arid systems are particularly affected as the trend towards more varied rainfall (more frequent droughts) could cause their desertification. There are already indications that a localised decline in species diversity could occur. Through its interdisciplinary and integrative approach, GLOWA Jordan River creates models to identify the economic value and benefit of these ecosystems. This in turn provides the basis for scenarios to be drawn up to assess, for example, grassland retreat in semi-arid

## „Grünes Wasser“ im Fokus

Die Nutzung von „blauem Wasser“ (Grundwasser, Oberflächenwasser) wie auch von wiedergereinigtem Abwasser bzw. entsalztem Wasser ist im Projektgebiet hochgradig reguliert. Einfluss auf das zukünftige Wassermanagement in diesem Segment zu nehmen, ist äußerst schwierig. Deshalb setzt GLOWA-Jordan River zusätzlich einen Schwerpunkt im Bereich des „grünen Wassers“, also des Wassers, das im Boden gespeichert und über die Pflanzen entweder im Regenfeldbau, in der Weidewirtschaft oder in natürlichen Ökosystemen verdunstet wird. Über diesen Weg wird an der Entwicklung von integrierten Land- und Wassermanagement-Strategien gearbeitet, die Anpassungen an eine insgesamt sinkende Wasserverfügbarkeit möglich machen – zum Beispiel über Steigerungen der Produktivität „grünen Wassers“ in der Landwirtschaft. In diesem Zusammenhang werden Feldversuche durchgeführt, um zu sehen, wie verschiedene Vegetationsformen auf mehr oder weniger Regen reagieren. Zusätzlich werden rentable landwirtschaftliche Produktionsalternativen im Regenfeldbau getestet.

## Auswirkungen auf die Ökosysteme

Das GLOWA-Jordan River Projekt konnte bereits zeigen, dass der Wandel von Klima und Wasserverfügbarkeit erhebliche Auswirkungen auf die Ökosysteme des Einzugsgebietes hat. Besonders betroffen sind die Halbwüstensysteme, die sich in der Tendenz durch steigende Niederschlagsvariabilität (häufigere Dürren) in Wüsten verwandeln könnten. Es ist schon jetzt abzusehen, dass es lokal zu einem Rückgang der Artenvielfalt kommen kann. Über die interdisziplinäre und integrative Zusammenarbeit schafft GLOWA-Jordan River Modelle, die den volkswirtschaftlichen Wert und Nutzen dieser Ökosysteme darstellen. Damit werden Grundlagen für Szenarien geschaffen, die sich beispielsweise mit dem Rückgang von Weideflächen in den Halbwüstenregionen auseinandersetzen. Diese Szenarien unterstützen den Aufbau von Managementsystemen, die letztlich über eine optimierte Landnutzung auf einen nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser abzielen.

## Angepasste Landwirtschaft

Die Landwirtschaft wird im Einzugsgebiet wahrscheinlich auch in Zukunft stärkster Wassernutzer sein. Ein effektiverer Umgang mit der Ressource Wasser in diesem Bereich würde zu einer Entschärfung der Wassernutzungskonflikte beitragen. Aus diesem Grund untersucht GLOWA-Jordan River beispielsweise traditionelle Anbaumethoden in dem Gebiet der West-

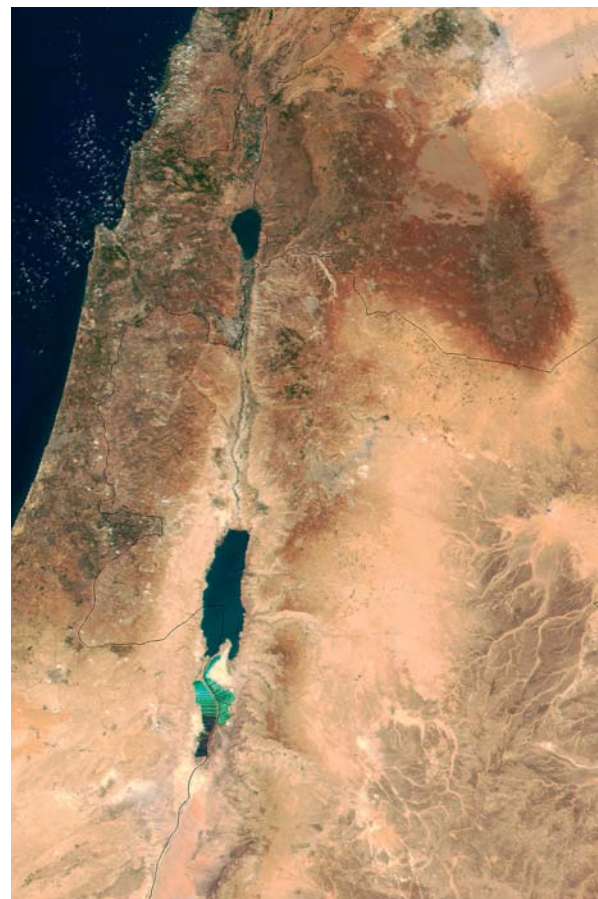
regions. These scenarios serve in the development of management systems aimed at optimised land use to achieve sustainable use of water resources.

## Locally adapted agriculture

Agriculture will no doubt remain the biggest water user in the catchment area. More effective use of the region's water resources would help lessen the tensions caused by water-related conflict. For this reason, GLOWA Jordan River looks, for example, at traditional crop-growing methods in use in the West Bank. Chick-peas and certain strains of tomatoes and cucumber are grown using water-saving practices and without the need for artificial irrigation. Where there is evidence of economic sustainability and a positive effect on local species diversity, the practices and crops used could perhaps contribute to optimisation of water use in other areas of the catchment. The aim is to transfer the results to other arid regions of the world.

Das Satellitenfoto zeigt das Jordaneinzugsgebiet mit dem See Genezareth und dem Toten Meer.

A satellite image of the Jordan catchment showing the Sea of Galilee and the Dead Sea.



*Regendächer und meteorologische Messungen in der Halbwüste.  
Rain shelters and meteorological measuring stations in the semi-arid region.*



bank. Hier werden Kichererbsen sowie bestimmte Tomaten- und Gurkensorten wassersparend ohne künstliche Bewässerung angebaut. Lassen sich eine ökonomische Nachhaltigkeit sowie positive Effekte auf die lokale Artenvielfalt nachweisen, könnten die hier verwendeten Methoden und Nutzpflanzen auch in anderen Bereichen des Einzugsgebietes zu einer Optimierung der Wassernutzung beitragen. Eine Übertragung der Ergebnisse auf andere Trockenregionen der Erde wird angestrebt.

### **Das Entscheidungs-Unterstützungssystem WEAP**

Es ist vorgesehen, ein Entscheidungs-Unterstützungssystem für das gesamte Jordan-River-Einzugsgebiet aufzubauen. Dieses ist aus politischen Gründen jedoch schwierig, so dass ein Aufbau nur in Schritten erfolgen kann. Viele Daten in der Region gelten als hochsensibel und werden von israelischer, jordanischer und palästinensischer Seite nicht für die Verwendung in einem Gesamtsystem freigegeben. Auch im Bereich der Einbeziehung der Stakeholder ist es bislang nur begrenzt möglich, Vertreter aus Israel, Jordanien und Palästina in einen grenzüberschreitenden Dialog einzubinden. Deshalb kommt der Arbeit auf Wissenschaftsebene eine besondere Bedeutung zu. In moderierten Workshops kommen die beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zusammen und entwickeln gemeinsam Szenarien. Diese werden in das Decision Support System mit dem Namen WEAP eingebunden, um die zukünftige Wasserverfügbarkeit unter Global Change Bedingungen sowie Land- und Wassernutzung im Rahmen von Entscheidungsprozessen durchzuspielen und Auswirkungen abzuschätzen.

### **The WEAP decision support system**

*The project is designed to enable development of a decision support system for the entire Jordan River basin. The political situation in the region makes this difficult, however, so that work can only be performed by taking a phased approach. Much of the data in the region is sensitive, with Israel, Jordan and Palestine being reluctant to release it for use in a basin-wide system. As regards involving stakeholders in the project, only limited success has been achieved so far in engaging representatives from Israel, Jordan and Palestine in cross-border dialogue. This is where work performed at research level plays a key role. In moderated workshops, researchers are brought together to cooperate on scenario development. The scenarios are then integrated into a decision support system known as WEAP to model future water availability under global change conditions and to simulate and assess the impact of decisions concerning land and water use.*

**[www.glowa-jordan-river.de](http://www.glowa-jordan-river.de)**

**[www.glowa-jordan-river.de](http://www.glowa-jordan-river.de)**



Center for Development Research  
University of Bonn  
**ZEF Bonn**

## GLOWA-Volta

Nachhaltiger Umgang mit der Ressource Wasser unter intensiver Landnutzung, Niederschlagsvariabilität und Wasserbedarf im Voltabecken

Für die Mehrheit der Bevölkerung im Voltabecken, eine der ärmsten Regionen Afrikas, stellen der Regen- und Bewässerungsfeldbau die wichtigsten Einkommensgrundlagen dar. Das Bevölkerungswachstum von etwa 2% führt zu erhöhtem Druck auf Land- und Wasserressourcen. Daher ist ein effektives Wassermanagement in diesem Gebiet von besonderer Bedeutung.

Das interdisziplinäre Forschungsprojekt GLOWA-Volta untersucht die physikalischen und sozioökonomischen Faktoren, die den Wasserhaushalt, die Wassernachfrage und die Wasserverfügbarkeit im Voltabecken bestimmen. Dies wird technisch durch eine Kombination von hydrologischen und meteorologischen Beobachtungsmessnetzen, sozioökonomischen Untersuchungen, umfangreichen Simulationsmethoden in den verschiedenen Forschungsdisziplinen sowie einer engen Verzahnung mit lokalen Einrichtungen und Entscheidungsträgern umgesetzt. Auf den Erkenntnissen und Ergebnissen

### Der Volta / The Volta

- Ist mit einer Länge von 1.500 km der wichtigste Fluss Ghanas/  
*Some 1,500 km long, the Volta is Ghana's most important river*
- Speist den Voltastausee (dient der Wasserversorgung, dem Fischfang, der Stromerzeugung und der landwirtschaftlichen Bewässerung)/  
*Feeds the Volta Reservoir (serving water supply, fishing, electricity generation and crop irrigation)*
- Die Größe des gesamten Flusseinzugsgebietes beträgt etwa 398.000 km<sup>2</sup>/  
*The basin covers a total area of 398,000 km<sup>2</sup>*
- Die Quellflüsse Schwarzer Volta und Weißer Volta entspringen in Burkina Faso/  
*Its source rivers, the Black Volta and the White Volta, originate in Burkina Faso*
- Mündet bei Ada in den Golf von Guinea/  
*Enters the Gulf of Guinea at Ada*

## GLOWA Volta

*Sustainable Water Management in the Volta Basin Under*

*Changing Land Use, Rainfall Variability and Water Demand*

*For the majority of people living in the Volta Basin – one of Africa's poorest regions – rainfed farming and irrigation farming are the two main sources of income. Population growth at around two per cent puts huge pressure on land and water resources. There is thus a great need for effective water management in the region.*

*The GLOWA Volta project involves interdisciplinary research to analyse the physical and socio-economic factors that drive water levels, water demand and water availability in the Volta basin. This is done using a combination of hydrological and meteorological observation networks, socio-economic studies, comprehensive simulation methods from a range of research disciplines and close liaison with local organisations and decision-makers. Based on the observations made and the results obtained, a science-based decision support system will be developed for use by decisionmakers in the region to optimise water distribution between the various regions and sectors.*

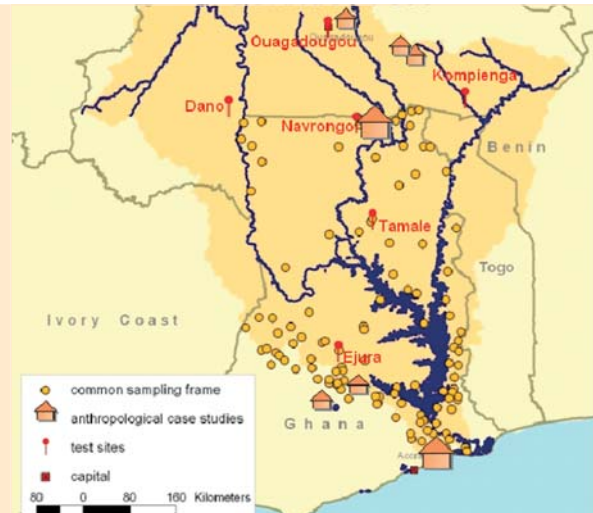
### The Volta Basin

*The Volta Basin covers some 400,000 km<sup>2</sup> of the sub-humid to semi-arid savannah zone of West Africa. About 40 per cent of the basin lies in Ghana, another 40 per cent in Burkina Faso and the remaining 20 per cent is shared by neighbouring Mali, the Ivory Coast, Togo and Benin. Agriculture is by far the most important economic sector. While economic growth has been achieved in farming, increased yields are largely dependent on technologies that can only be used with an improved water supply. Rainfall averages about 1000 mm/year and there is a strong north-south gradient. Great variability in rainfall makes droughts a regular occurrence and this poses huge problems as regards water supply.*

### Potential for future frictions

*Economic development in the Volta riparian states and the growing water demand from industry, agriculture and hydro-power could give rise to considerable frictions in the future. An increase in irrigation in the north of the Volta basin (northern Ghana and Burkina Faso), for example, would reduce the volume of water available for hydropower generation. There is thus a need for effective water management that takes account of trans-boundary factors of key importance. The recent introduction of water reform in Ghana and Burkina Faso aims to ensure that the interests of regional and local actors and water user groups are*

Das GLOWA-Volta Projektgebiet.  
The GLOWA Volta project region.



des Projektes basierend soll ein wissenschaftlich fundiertes Entscheidungs-Unterstützungssystem (Decision Support System) entwickelt werden, das von Entscheidungsträgern der Region angewandt werden kann, um die Wasserverteilung zwischen Regionen und Sektoren zu optimieren.

### Das Voltabecken

Das Voltabecken bedeckt 400.000 km<sup>2</sup> der subhumiden bis semiariden westafrikanischen Savannenzone. Jeweils etwa 40 % des Voltabeckens liegen in den Anliegerstaaten Ghana und Burkina Faso, weitere 20 % in den Nachbarländern Mali, Elfenbeinküste, Togo und Benin. Landwirtschaft ist der bei weitem bedeutendste Wirtschaftssektor. Wirtschaftliches Wachstum wird vor allem in diesem Bereich erzielt, jedoch hängen Ertragssteigerungen von Technologien ab, die sich nur im Rahmen einer verbesserten Wasserversorgung einsetzen lassen. Die durchschnittlichen Niederschläge liegen bei 1000 mm jährlich, wobei es einen starken Nord-Süd Gradienten gibt. Angesichts hoher Niederschlagsvariabilität kommt es regelmäßig zu Dürren und damit einhergehend zu massiven Problemen in der Wasserversorgung.

### Zukünftiges Konfliktpotential

Die wirtschaftliche Entwicklung der Anliegerstaaten des Voltabeckens und die steigende Wassernachfrage durch Industrie, Landwirtschaft und Wasserkraft könnten in naher Zukunft zu erheblichen Konflikten führen. Eine erhöhte Bewässerungsnachfrage im Norden des Voltabeckens (Nord-Ghana und Burkina Faso) würde beispielsweise die Wassermenge zur Erzeugung von Wasserkraft reduzieren. Deshalb ist ein effektives Wassermanagement unter Berücksichtigung

integrated into management strategies. Policymakers now face the challenge of giving due consideration to all those directly and indirectly affected by water reform.

### Four areas of research

The first of the research areas – the atmosphere – involves measuring and modelling spatial patterns of rainfall and evaporation in West Africa and the Volta basin. Rainfall and evaporation are greatly influenced by changes in global climate mechanisms and by regional land uses. The aim is to accurately predict water availability in various regions of the basin and to quantify the feedback mechanisms. The individual components then flow into the decision support system. Regional climatological and hydrological simulations require detailed information on soil, vegetation and human activities that affect land and water which in turn are all dependent on climatological and hydrological conditions. Researching and explaining these mutual dependencies and interconnections falls within the second research area – land use. The third research area – hydrology and water use – looks at spatial and temporal water availability, water use and water demand, and at the legal, political and institutional framework for water management. The primary goal is to identify the interactions between water distribution, water management policy and the impacts of water availability and quality on local living conditions. The fourth research area – technology integration and decision support – interfaces a range of simulation models to allow analysis of complex scenarios. The decision support system will not only comprise software and data. One of its key features will be structured communication with decisionmakers and local actors involved in water management.

grenzübergreifender Aspekte von besonderer Bedeutung. Mit einem erst kürzlich eingeführten Wasserreformprozess sowohl in Ghana als auch in Burkina Faso sollen die Interessen regionaler und lokaler Akteure und Wassernutzergruppen in die Strategien einbezogen werden. Die Herausforderung für die Politik liegt in der Berücksichtigung aller direkt oder indirekt von den Reformen betroffenen Akteure.

### Die vier einzelnen Forschungsbereiche

Im ersten Forschungsbereich, der Atmosphäre, werden räumliche Muster von Niederschlag und Verdunstung in Westafrika und dem Volta Becken sowohl gemessen als auch modelliert. Niederschlag und Verdunstung werden stark von Veränderungen der globalen Klimamechanismen und der regionalen Landnutzung beeinflusst. Ziele sind die genaue Vorhersage der Wasserverfügbarkeit in verschiedenen Regionen des Beckens und die Quantifizierung der Rückkopplungsmechanismen. Diese Komponenten fließen in das Entscheidungs-Unterstützungssystem ein. Regionale klimatologische und hydrologische Simulationen erfordern detaillierte Informationen über Boden, Vegetation und menschliche Aktivitäten in Bezug auf Land und Wasser, welche wiederum von klimatologischen und hydrologischen Bedingungen abhängen. Diese gegenseitigen Abhängigkeiten und Verbindungen zu erforschen und zu erklären ist die Aufgabe des zweiten Forschungsbereichs: Die Landnutzung. Der dritte Forschungsbereich (Hydrologie und Wassernutzung) befasst sich mit der räumlichen und zeitlichen Verfügbarkeit, der Nutzung und Nachfrage nach Wasser sowie mit dem juristischen, politischen und institutionellen Rahmen des Wassermanagements. Primäres Ziel ist, die Wechselwirkungen zwischen der Wasserverteilung, der Wasserressourcenpolitik und den Auswirkungen von Wasserverfügbarkeit und -qualität auf die lokalen Lebensverhältnisse aufzuzeigen. Im vierten Forschungsbereich, technische Integration und Entscheidungsunterstützung, werden unterschiedliche Simulationsmodelle gekoppelt, um die Analyse komplexer Szenarien zu ermöglichen. Das Entscheidungs-Unterstützungssystem wird jedoch nicht nur aus einer Software und Daten bestehen – eine wichtige Komponente wird die strukturierte Kommunikation mit Entscheidungsträgern und den Akteuren vor Ort auf dem Gebiet der Wasserressourcen sein.

### Bisherige Forschungsergebnisse

Zur Erfassung meteorologisch relevanter Datensätze wurde im Volta Becken ein Netzwerk bioklimatologischer Messstationen eingerichtet. Hier werden detaillierte synoptische Daten zu Niederschlag, Temperatur, Windregime, Verdunstung



### Results so far

*To obtain the meteorological data needed, a network of bioclimatological measuring stations was established in the Volta basin. Detailed synoptic data is collected on precipitation, temperature, wind regimes, evaporation and other climate variables. Alongside the work done by the regular weather stations, terrestrial data is collected using advanced, high-precision instruments which include eddy covariance systems and scintillometers. Combined with data obtained with remote sensing applications and models like SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) – a numerical process to measure evapotranspiration rates in soil – the data is used to satisfactorily calculate and assess the energy exchange processes that take place between land and the atmosphere. A climatological simulation model (MM5) has been successfully calibrated for West African conditions and is now being used to develop long-term climate research scenarios and publicly accessible weather forecasts (<http://www.glowa-volta.de/atm/forecast.htm>).*

*The results obtained by researchers involved in climate modelling highlight the important role that science can play in solving political conflict. They have shown that water shortages caused by deforestation in Ghana and by the building of dams in Burkina Faso deplete the water supply in the south. Analysis of these interactions has led both countries to begin talks on finding possible solutions.*

*Initial household surveys have also been conducted on socio-economic issues and water use. The results will flow into the development of economic models for water and land use to allow*

und anderen Klimavariablen gesammelt. Neben den regulären Wetterstationen werden diese Bodendaten mit hochpräzisen, state-of-the-art Instrumenten wie Eddy-Kovarianz-Systemen und Scintillometern erhoben. In Verbindung mit Fernerkundungsdaten und Modellen wie SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) – ein numerisches Verfahren zur Abschätzung von Verdunstungsanteilen des Energiehaushalts der Bodenoberfläche – werden diese Daten dazu benutzt, um die Energieaustauschprozesse zwischen Land und Atmosphäre adäquat messen und bewerten zu können. Das klimatologische Simulationsmodell (MM5) wurde erfolgreich für westafrikanische Bedingungen kalibriert und wird jetzt dazu benutzt, langfristige Szenarien für die Klimaforschung sowie auch öffentlich zugängliche Wettervorhersagen zu erarbeiten (<http://www.glowa-volta.de/atm/forecast.htm>).

Die Forschungsergebnisse der Klimamodellierer weisen zudem darauf hin, welche bedeutende Rolle die Wissenschaft für politische Konfliktlösungen spielen kann. Es konnte gezeigt werden, dass Wassermangel sowohl in Ghana durch Entwaldung als auch in Burkina Faso durch den Bau von Dämmen verursacht wird, wodurch dem Süden wiederum weniger Wasser zur Verfügung steht. Die Analyse dieser Wechselreaktionen bewirkte, dass beide Länder anfangen, über mögliche Lösungen zu sprechen.

Auch die ersten Umfragen in Haushalten zu sozioökonomischen Fragen und zur Wassernutzung sind durchgeführt. Die Ergebnisse sollen in die Entwicklung ökonomischer Modelle für Wasser- und Landnutzung einfließen, um die Wechselwirkungen zwischen menschlichen und umweltbedingten Faktoren in Gebieten, wo natürliche Böden rapide in agrarische Nutzflächen umgewandelt werden („hot spots“), erforschen zu können. Das White Volta Pilotprojekt wurde gemeinsam mit der ghanaischen „Water Resources Commission“ (WRC) ins Leben gerufen, um einen Prototyp des Entscheidungs-Unterstützungssystems auf lokaler Ebene testen zu können.



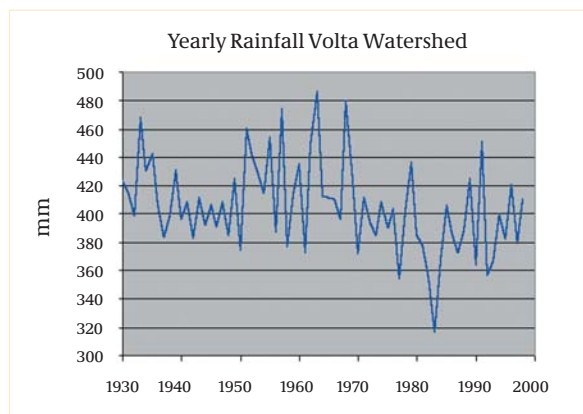
Installation von Entladungs-Sensoren.

Installing discharge sensors.

*a study of the interactions between human activities and environmental factors in areas where natural land cover is rapidly being turned over to agriculture (hot spots). The White Volta pilot project was initiated in conjunction with Ghana's Water Resources Commission (WRC) to enable testing of a prototype of the decision support system at local level.*

### **Additional Results: Project partner network and capacity building activities**

*Research work is largely conducted by scientists and students from Ghana, Burkina Faso and Germany. Participation by West African students is usually funded through the doctoral programme run by Germany's Centre for Development Research (ZEF). With promotion of post graduate study being one of the project's main objectives, its further education mandate is served by a wide international research network. Table 1 shows the number of academic qualifications obtained under the GLOWA Volta project. From a*



Jährliche Niederschläge im Volta Einzugsgebiet.

Annual precipitation in the Volta catchment.

## Weitere Ergebnisse: Das Netzwerk von lokalen Projektpartnern und Capacity Building

Die Forschungsarbeiten werden maßgeblich von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie Studentinnen und Studenten aus Ghana, Burkina Faso und Deutschland durchgeführt. Westafrikanische Studentinnen und Studenten sind in der Regel im Rahmen des Doktorandenprogramms am Zentrum für Entwicklungsforschung finanziert. Die Postgraduiertenförderung ist eines der Hauptziele des Projektes, womit das umfangreiche internationale Forschungsnetzwerk den Weiterbildungsauftrag ausführt. Die Tabelle 1 zeigt, wie viele akademische Abschlüsse im Rahmen des GLOWA-Volta Projekts absolviert wurden. Von den insgesamt 42 Abschlüssen (Stand: Dezember 2004) sind fünf Magisterabschlüsse, die restlichen Abschlüsse sind Promotionen. 29 Absolventinnen und Absolventen kamen aus afrikanischen Staaten und 13 aus Europa.

*Tabelle 1: Akademische Abschlüsse im Rahmen des GLOWA Volta Projekts (Stand Dezember 2004)*

*Table 1: Academic Qualifications Obtained Under the GLOWA Volta Project (as at December 2004)*

<b>Forschungsgebiet/ Research Area</b>	<b>Europa/ Europe</b>	<b>Ghana/ Ghana</b>	<b>Burkina Faso/ Burkina Faso</b>	<b>Afrika allgemein/ Africa in General</b>
Klimatologie/ <i>Climatology</i>	1	3		
Hydrologie, Wasseringenieur/ Hydrology, Water Engineering	1	4	1	4
Geographie, Fernerkundung/ <i>Geography, Remote Sensing</i>	4	1	1	2
Agrarwissenschaft, Forstwissenschaft/ <i>Agriculture Science, Forestry Science</i>	1	2	1	
Naturwissenschaften/ <i>Natural Sciences</i>	1	2		
Mathematik, Computerwissenschaft/ <i>Mathematics, Computer Science</i>	1	1		
(Agrar-)Ökonomie/(Agro-)Economics		4		2
Anthropologie, Soziologie/ <i>Anthropology, Sociology</i>	4		1	
<b>Total /Total</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>8</b>

*total of 42 qualifications (as at December 2004), five are masters and the remainder doctorates. A total of 29 students came from African states and 13 from Europe.*

## **GLOWA Volta and political dialogue**

*To ensure meaningful application of the decision support system in political processes and decisionmaking, scientists and policy-makers in the water sector must enter into dialogue on future strategies to optimise water allocation and availability. The GLOWA Volta project is thus aimed at integrating past findings, independent research results and local knowledge into a process of political dialogue which will include decisionmakers in the water sector at national and regional level. This participative process will be used to bridge the gap between the generation and application of knowledge.*

*Alongside the Challenge Programme on Water and Food initiated by the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR), a pilot project is underway to test the decision support system in the White Volta basin. Strategies for integrated water management in the basin have already been introduced by the Water Resources Commission – Ghana’s highest water authority and the most important cooperation partner in the GLOWA Volta project.*

## Politischer Dialog in GLOWA-Volta

Um einen sinnvollen Einsatz des Decision Support Systems (DSS) in politischen Prozessen der Entscheidungsfindung zu ermöglichen, ist ein Dialog zwischen Wissenschaftlern und politischen Funktionsträgern im Wassersektor über zukünftige Strategien zur Optimierung der Wasserverteilung und -verfügbarkeit notwendig. Daher strebt das GLOWA-Volta Projekt die Integration der bisherigen Erkenntnisse und wissenschaftlichen Eigenleistungen sowie des lokalen Wissens im politischen Dialog in einem Prozess an, der Funktionsträger im Wassersektor auf nationaler und regionaler Ebene einbinden soll. Durch den partizipativen Prozess soll eine Brücke zwischen Wissensgenerierung und Wissensanwendung geschlagen werden.

Zusammen mit dem im Rahmen des vom CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research) geförderten 'Challenge Program on Water and Food' läuft derzeit ein Pilotprojekt im White Volta Becken (WVB), in dem das DSS erstmals erprobt werden soll. Im White Volta Becken hat die WRC, der wichtigste Kooperationspartner von GLOWA-Volta und oberste Wasserbehörde in Ghana, bereits Strategien für eine Integrierte Wasserbewirtschaftung eingeführt. Ein durch die WRC eingesetzter Verwaltungsdirektor für das White Volta Becken (basin officer) wird die Einführung des DSS in enger Zusammenarbeit mit GLOWA-Volta leiten. Die wissenschaftliche Betreuung wird durch einen wissenschaftlichen Koordinator von GLOWA-Volta gewährleistet. Durch die Kooperation von Wissenschaft und Politik sollen Synergieeffekte freigesetzt werden.

Das DSS kann sich nur dann zu einem nützlichen Werkzeug für die nachhaltige und integrierte Wasserbewirtschaftung entwickeln, wenn der Aufbau von Kapazitäten vor Ort zeitgleich mit der Entwicklung des Unterstützungssystems stattfindet. Auch nach Beendigung des Projektes müssen die Daten ständig aktualisiert werden, um die Ergebnisse der Modelle möglichst verlässlich darstellen zu können. Durch die Weiterbildungsmaßnahmen, den politischen Dialog und die enge Zusammenarbeit von Forschern und verantwortlichen Politikern in GLOWA-Volta sind die Weichen gestellt, um das DSS mittelfristig den Interessengruppen in Eigenregie überlassen zu können.

[www.glowa-volta.de](http://www.glowa-volta.de)



*Diskussion im Rahmen der Haushaltsbefragung.*

*Discussion during a management survey.*

*The GLOWA Volta team and the GLOWA scientific research coordinator will cooperate closely with the Commission's White Volta Basin Officer while implementing the decision support system. Cooperation between government and research will thus give rise to synergies.*

*The decision support system can only become a useful tool for sustainable and integrated water management if local capacity building activities take place in parallel to developing the support system. Once the project is completed, the data will still need to be updated on an ongoing basis to ensure the models remain reliable. Further training, political dialogue and close cooperation between researchers and policymakers in the GLOWA Volta project provide the groundwork which will eventually allow medium-term hand-over of the decision support system to stakeholders in the Volta basin.*

[www.glowa-volta.de](http://www.glowa-volta.de)



## GLOWA-Danube

**Prof. Dr. Wolfgang Cramer**

**Dr. Frank Wechsung**

Potsdam Institute for Climate Impact Research

Phone +49 (331) - 288 - 26 63

Fax +49 (331) - 288 - 26 95

e-mail [wechsung@pik-potsdam.de](mailto:wechsung@pik-potsdam.de)



## GLOWA-Elbe

**Prof. Dr. Wolfram Mauser**

**Dr. Ulrich Strasser**

Geography Section, Dept. of Earth and Environmental Sciences,  
University of Munich

Phone +49 (89) - 21 80 - 66 82

Fax +49 (89) - 21 80 - 66 75

e-mail [u.strasser@iggf.geo.uni-muenchen.de](mailto:u.strasser@iggf.geo.uni-muenchen.de)



## GLOWA-IMPETUS

**Prof. Dr. Peter Speth**

**Dr. Michael Christoph**

Institute for Geophysics and Meteorology

Phone +49 (221) - 470 - 36 90

Fax +49 (221) - 470 - 51 61

e-mail [christoph@meteo.uni-koeln.de](mailto:christoph@meteo.uni-koeln.de)



## GLOWA-Jordan River

**Prof. Dr. Katja Tielboerger (Speaker)**

University of Tuebingen; Institute of Botany

Dept. of Plant Ecology

Phone +49 (707) - 29 - 7 42 46

Fax +49 (707) - 29 - 53 44

e-mail [katja.tielboerger@uni-tuebingen.de](mailto:katja.tielboerger@uni-tuebingen.de)



Center for Development Research  
University of Bonn

**ZEF Bonn**

## GLOWA-Volta

**Prof. Dr. Paul Vlek**

**Dr. Charles Rodgers**

Center for Development Research

University of Bonn

Phone +49 (228) - 73 17 20

Fax +49 (228) - 73 18 89

e-mail [croddgers@uni-bonn.de](mailto:croddgers@uni-bonn.de)



## GLOWA-Programme

**Uta von Witsch**

DLR Project Management Organizations

Environmental Research and Technology

Phone +49 (228) - 8 19 96 76

Fax +49 (228) - 8 19 96 40

e-mail [uta.von-witsch@dlr.de](mailto:uta.von-witsch@dlr.de)

#### **Bildnachweis / Photo credits**

Titelseite / Title page

Foto: GLOWA-IMPETUS

Innenseite / Page nos.:

- 4 Foto: Herr Catenhusen
- 9 Foto: Projektträger im DLR
- 11 Grafik: Projektträger im DLR
- 13 Karte: GLOWA-DANUBE
- 13 Luftaufnahme: GLOWA-DANUBE
- 14 Foto oben: Dr. U. Strasser, GLOWA-DANUBE
- 14 Foto unten: Dr. U. Strasser, GLOWA-DANUBE
- 15 Grafik: GLOWA-DANUBE
- 16 Grafik: GLOWA-DANUBE
- 17 Foto: GLOWA-DANUBE
- 19 Karte: GLOWA-ELBE
- 20 Grafik: GLOWA-ELBE
- 21 Foto oben: M. Zebisch TUB/PIK, GLOWA-ELBE
- 21 Foto unten: M. Zebisch TUB/PIK, GLOWA-ELBE
- 22 Foto: M. Zebisch TUB/PIK, GLOWA-ELBE
- 23 Foto: GLOWA-ELBE
- 25 Karte: GLOWA-IMPETUS
- 26 Karte: GLOWA-IMPETUS
- 27 Foto: GLOWA-IMPETUS
- 28 Karte: GLOWA-IMPETUS
- 29 Foto: GLOWA-IMPETUS
- 31 Karte: GLOWA-JORDAN RIVER
- 32 Foto: GLOWA-JORDAN RIVER
- 33 Grafik: GLOWA-JORDAN RIVER
- 34 Satellitenbild: GLOWA-JORDAN RIVER
- 35 Foto: GLOWA-JORDAN RIVER
- 37 Karte: GLOWA-VOLTA
- 38 Foto: GLOWA-VOLTA
- 39 Foto: M. Lumor, GLOWA-VOLTA
- 39 Grafik: GLOWA-VOLTA
- 41 Foto: M. Lumor, GLOWA-VOLTA

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unentgeltlich abgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen/Wahlwerbern oder Wahlhelferinnen/Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift der Empfängerin/dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

*This publication is distributed free of charge by the German Federal Ministry of Education and Research as part of its public relations work. It is not intended for commercial sale. It may not be used by political parties, candidates or electoral assistants during an election campaign. This applies to parliamentary, state assembly and local government elections as well as to elections to the European Parliament.*

*In particular the distribution of this publication at election events and at the information stands of political parties, as well as the insertion, printing or affixing of party political information, are regarded as improper use. The distribution of this publication to third parties as a form of campaign publicity is also prohibited.*

*Regardless of how recipients came into possession of this publication and how many copies of it they may have, it may not be used in a manner that may be considered as showing the partisanship of the Federal Government in favour of individual political groups, even if not within the context of an upcoming election.*



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

