



INSTITUT FÜR **W**ASSER UND **G**EWÄSSERENTWICKLUNG
UNIVERSITÄT KARLSRUHE (TH)



INTEGRIERTES WASSERRESSOURCEN - MANAGEMENT (IWRM) IN GUNUNG KIDUL, JAVA, INDONESIEN

ABSCHLUSSBERICHT MAI 2005

Ideenwettbewerb

Integriertes Wasserressourcen-Management in Gunung Kidul, Java, Indonesien

Projektförderung

Bundesministerium für Bildung
und Forschung (BMBF)

Projekträger

DLR – Internationales Büro des BMBF

Förderkennzeichen: IDN 04/003

Projektbearbeitung

Institut für Wasser und Gewässer-
entwicklung (IWG)

Prof. Dr.-Ing. Franz Nestmann

Universität Karlsruhe
Kaiserstr. 12
76128 Karlsruhe

In Zusammenarbeit mit

Universität Karlsruhe

- Geodätisches Institut (GIK)
- Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik (IBF)
- Institut für Massivbau und Baustofftechnologie (IfMB)
- Institut für Mineralogie und Geochemie (IMG)
- Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine (VA SHS)

Universität Gießen

- Institut für Geografie (IfG)

Forschungszentrum Karlsruhe

- Institut für Technische Chemie (ITC)
- Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)

Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2004 – 30.04.2005

Berichtszeitraum: 01.10.2004 – 30.04.2005

Abschlussbericht

Peter Oberle, Jens Kappler, Bernd Unger

Karlsruhe, Mai 2005

GLIEDERUNG

ZUSAMMENFASSUNG	I
SUMMARY	IV
I GRUNDLAGEN UND VORAUSSETZUNGEN	1
I.1 Einleitung.....	1
I.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung	2
I.3 Ausgangssituation, Netzwerk und mögliche Kooperationspartner	2
I.3.1 Bisherige Aktivitäten in der Modellregion	2
I.3.2 Bestehendes Netzwerk und mögliche Kooperationspartner	3
I.3.3 Fachkompetenz der Partner auf deutscher Seite	4
I.4 Meilensteine der Machbarkeitsstudie	6
I.5 Datengrundlagen, Datenquellen und Veröffentlichungen	7
II DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET GUNUNG KIDUL	8
II.1 Allgemeine Beschreibung	8
II.1.1 Die Insel Java	8
II.1.2 Räumliche Abgrenzung der Modellregion	8
II.1.3 Naturräumliche Rahmenbedingungen	9
II.1.4 Soziale und ökonomische Rahmenbedingungen.....	11
II.1.5 Institutionelle und rechtliche Rahmenbedingungen	12
II.2 Der Wassersektor in Gunung Kidul	13
II.2.1 Stand der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung	13
II.2.1.1 Wasserbezugsquellen	14
II.2.1.2 Zustand der Wasserverteilungssysteme	15
II.2.1.3 Wassermengen.....	16
II.2.1.4 Wasserqualität	19
II.2.1.5 Abwasserentsorgung	20
II.2.1.6 Bewässerungsanlagen	21
II.2.2 Geltende und geplante Strategien	21

III	EINFÜHRUNG EINES IWRM IN DER MODELLREGION	22
III.1	Bedarfsituation bzgl. einer IWRM-Umsetzung.....	22
III.1.1	Erkundung und Erschließung von Wasserressourcen.....	22
III.1.2	Wasserverteilung.....	23
III.1.3	Wasseraufbereitung / Sicherung der Wasserqualität.....	23
III.1.4	Abwasserentsorgung / Schutz des Grundwasserspeichers.....	24
III.1.5	Bautechnik und Baustoffe	24
III.1.6	GIS / Management	24
III.1.7	Systemanalyse / Bewertung.....	25
III.2	Eignung der Modellregion für die Einführung eines IWRM.....	26
III.3	IWRM-Grundkonzeption	27
III.4	Arbeitsschwerpunkte / „Work-Packages“	28
IV	FUE-KONZEPT UND UMSETZUNGSSTRATEGIEN	30
IV.1	Skizzierung eines Verbundprojekts und möglicher Teilprojekte.....	30
IV.2	Potential zur Umsetzung des Konzepts auf indonesischer Seite.....	43
IV.3	„Capacity Building“ und „Know how“-Transfer sowie Marktchancen für deutsche Unternehmen	44
IV.4	Synergien mit weiteren deutschen und internationalen Organisationen	45
IV.5	Zeitplanung für die Konzeptumsetzung	46
IV.6	Verwertungsaussichten	48
IV.7	Kostenabschätzung.....	49
IV.8	Übertragbarkeit auf andere Regionen	50

LITERATURVERZEICHNIS

ANLAGEN

Zusammenfassung

Im Rahmen des vom Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) ausgeschriebenen Ideenwettbewerbs sollten Konzeptvorschläge für ein „*Integriertes Wasser-Ressourcen Management (IWRM)*“ erarbeitet und geeignete Modellregionen zur pilothaften Realisierung eines IWRM vorgeschlagen werden.

Zielregion und bisherige Aktivitäten

Der vorliegende Beitrag konzentriert sich auf den Distrikt *Gunung Kidul*, eine ca. 3000 km² große Region in der Sonderprovinz Yogyakarta (DIY) an der Südküste der indonesischen Insel Java. Naturräumlich besteht *Gunung Kidul* aus drei Teilregionen: Einer Vulkankette, die den Distrikt nach Norden hin von den eigentlich für Java typischen fruchtbaren Reisbauebenen abgrenzt - im Zentrum das *Wonosari Plateau*, das an seinem nördlichen und östlichen Rand vom Flusslauf des *Kali Oyo* begrenzt wird - und im Süden und Osten die *Gunung Sewu* („1000 Hügel“), einer durch tropische Erosion entstandenen Karsthügellandschaft.

Aufgrund des verkarsteten Untergrundes ist *Gunung Kidul* durch einen akuten Wassermangel insbesondere während der Trockenzeit geprägt. Gleichzeitig existieren große unterirdische Wasserressourcen, die bisher weitgehend ungenutzt über ein weitreichendes Höhlensystem in den Indischen Ozean abfließen. Seit Jahrzehnten wurden von Seiten der indonesischen Regierung große Anstrengungen unternommen, die unterirdischen Wasserströme in *Gunung Kidul* nutzbar zu machen. Eine nachhaltige Lösung wurde nicht gefunden.

Im Jahr 2002 wurde vom Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) der Universität Karlsruhe unter Leitung von Prof. Franz Nestmann ein BMBF-Verbundprojekt initiiert, mit dem Ziel, das Höhlenwasser über regenerative Wasserkraft zu fördern. Hierzu sind verschiedene technologische Ansätze denkbar. Im Rahmen der deutsch-indonesischen Kooperation wird in der Höhle *Gua Bribin* bereits ein Lösungsansatz erprobt. Anfang 2006 soll an dieser Demonstrationsanlage das erste Wasser über eine 100 m lange Steigleitung an die Oberfläche gefördert werden können.

Über die Aktivitäten der letzten Jahre, an welchen auch deutsche und indonesische Industrieunternehmen beteiligt sind, wurde ein gut funktionierendes Netzwerk unter Einbeziehung aller bedeutenden regionalen und nationalen Behörden aufgebaut. Zudem bestehen intensive Kooperationen mit mehreren Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie enge Kontakte zur lokalen Bevölkerung und ansässigen NGOs. Schirmherr ist hierbei der Gouverneur der Sonderprovinz *Sri Sultan Hamengku Buwono X*. Die große Bedeutung und Akzeptanz der deutschen Aktivitäten in *Gunung Kidul* wurde Ende 2004 mit der Besichtigung der Baustelle durch den indonesischen Staatspräsidenten *S.B. Yudhoyono* und drei Monate später durch die Höhlenbegehung von Bundesministerin *Edelgard Bulmahn* unterstrichen.

Integriertes Wasser-Ressourcen Management (IWRM)

Ein IWRM-Projekt in *Gunung Kidul*, dessen Inhalte und Umsetzungsstrategien im nachfolgenden Bericht skizziert werden, könnte an die bisher geleisteten Entwicklungsarbeiten in der Region sowie das weitreichende deutsch-indonesische Netzwerk anknüpfen und hätte hierdurch beste Aussichten auf eine erfolgreiche Umsetzung.

Der Bedarf an Entwicklungsarbeiten ist in *Gunung Kidul* in allen Bereichen des Wassersektors enorm. Ein *Integriertes Wasser-Ressourcen-Management* muss alle Aspekte der Erkundung und Erschließung der Wasserressourcen über die bauliche Infrastruktur zur Wasserverteilung bis hin zur Wasserqualitätssicherung und Abwasserentsorgung beinhalten. Hierbei müssen neben hydrologischen, hygienischen, ökologischen, sozialen und kulturellen Randbedingungen auch die betriebs- und volkswirtschaftlichen Aspekte berücksichtigt werden. Aus Gründen des Umwelt- und Ressourcenschutzes wird u.a. eine neu entwickelte Technologie der regenerativen Energieerzeugung einbezogen.

Zur Gewährleistung der Nachhaltigkeit eines IWRM sind von den verschiedenen Fachdisziplinen Technologien zu entwickeln, welche an das Können (Betrieb und Wartung) und die Bedürfnisse von Mensch und Natur in harmonischer Weise angepasst sind („appropriate technologies“). Die Entwicklungsarbeiten und Umsetzungen sind durch einen intensiven Wissenstransfer zu begleiten. Das *Capacity-Building* muss sich hierbei neben den zuständigen Verwaltungsbehörden vor allem auf wissenschaftliche Partner, Industrie und Gewerbe sowie die ansässige Bevölkerung beziehen. Die exemplarische gesamtheitliche Entwicklung und Umsetzung eines IWRM in einer überschaubaren Modellregion sollte darauf ausgerichtet sein, die Grundlagen für die konzeptionelle und technologische Übertragung der F&E-Arbeiten auf viele weitere Standorte mit ähnlichen Bedarfssituationen zu schaffen und eine möglichst breitgefächerte Multiplikation anzustoßen.

Machbarkeitsstudie

Die sechsmonatige Machbarkeitsstudie zur Entwicklung und Umsetzung eines IWRM in Gunung Kidul wurde vom IWG in Zusammenarbeit mit 5 weiteren Instituten der Fakultät für Bau-, Geo- und Umweltwissenschaften der Universität Karlsruhe, dem Geographischen Institut der Universität Gießen sowie zwei Instituten des Forschungszentrums Karlsruhe durchgeführt. Zentraler Meilenstein war eine einwöchige Reise in die Zielregion mit mehreren Exkursionen in die ländlichen Hüttsiedlungen der Gunung Sewu sowie das Stadtgebiet Wonosari. Neben diversen Datenerhebungen war ein intensiver Austausch mit den lokalen Kommunalbehörden und der Bevölkerung möglich. Im Rahmen eines zweitägigen Workshops in Yogyakarta unter Federführung des Gouverneurs *Sri Sultan Hamengku Buwono X* wurden von verschiedenen maßgebenden Behördenvertretern der Bedarf an Maßnahmen dargelegt und gemeinsam mit der deutschen Seite Strategien zur Umsetzung diskutiert. Beteiligt waren auch Vertreter mehrerer wissenschaftlicher Institutionen, die ihrerseits den Handlungsbedarf darlegten und mögliche Rahmenbedingungen für ein Capacity-Building erörterten.

Eignung der Modellregion

Aus der Zusammenführung aller im Rahmen der Machbarkeitsstudie sowie den mehrjährigen Projektaktivitäten gesammelten Erkenntnisse erscheint die Region Gunung Kidul als prädestiniert für die exemplarische Erarbeitung und Umsetzung eines IWRM-Konzeptes. Dies aus folgenden Gründen:

- In der Region besteht akuter Bedarf an einer Verbesserung des Zugangs zu Trinkwasser, Sicherung der Wasserqualität sowie Abwassertechnologien.
- Es sind große unterirdische Süßwasservorkommen mit einem beträchtlichen Wasserkraftpotenzial vorhanden, welche über innovative Technologien verfügbar gemacht werden können.
- Das bereits auf allen Ebenen vorhandene deutsch-indonesische Netzwerk stellt eine effektive Zusammenarbeit und somit die erfolgreiche Umsetzung eines IWRM mit intensivem Wissenstransfer innerhalb weniger Jahre in Aussicht.
- Die Einbindung deutscher Unternehmen sowie die Initiierung und der Ausbau gewerblicher Aktivitäten in der Zielregion sind auf vielfältige Weise möglich.
- Das hydrologisch zusammenhängende Gebiet integriert Bereiche unterschiedlicher sozio-ökonomischer Ausprägungen und Siedlungsformen, wodurch eine gute Übertragbarkeit der an die verschiedenen Bedarfssituationen angepassten IWRM-Lösungskonzepte auf andere Regionen sichergestellt ist.

F&E-Konzept und Umsetzungsstrategien

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurde bezogen auf die übergeordneten Workpackages „*Wasserdargebot*“, „*Wassermengenbewirtschaftung*“, „*Wasserverteilung, -aufbereitung und -gütesicherung*“, „*Abwasser- / Abfallbehandlung*“ sowie „*Ökologische und sozio-ökonomische Bewertung / Technikfolgenabschätzung*“ und „*Capacity-Building*“ von allen Fachdisziplinen der F&E-Bedarf definiert sowie ein Konzept zur Umsetzung der Arbeitsschwerpunkte in der Zielregion erarbeitet.

Als Ergebnis werden zwei sich zeitlich überlappende Projektphasen mit einer Gesamtlaufzeit von 5-7 Jahren vorgeschlagen. Der Entwurf zur Meilensteinplanung berücksichtigt, dass die Abfolge der Maßnahmen an das finanzielle, personelle und organisatorische Potenzial der indonesischen Seite angepasst sein muss. Dies gilt insbesondere für die bauliche Umsetzung technologischer Konzepte bzw. Infrastrukturmaßnahmen in Zusammenarbeit mit indonesischen Industriepartnern. Hierzu stehen zusätzliche externe Förderungen in Aussicht.

Die Umsetzung technologischer Entwicklungen konzentriert sich u.a. auf fachübergreifende Fortführung der begonnenen Aktivitäten im Bribin-System sowie die Realisierung einer alternativen Konzeption zur Wasser- und Energiebewirtschaftung des Höhlensystems Gua Seropan als zentrale Wasserquelle des Wonosari-Plateaus. Somit würden für die Multiplikation regenerativer Fördertechnologien in Karstgebieten zukünftig zwei sich ergänzende wissenschaftlich-fundierte Konzepte mit entsprechendem praktischen Erfahrungsschatz in der Bauausführung zur Verfügung stehen. In Verknüpfung mit einer Optimierung der Verteilungssysteme Seropan und Bribin, dem Ausbau eines umfassenden Monitoringsystems zur Wassergütesicherung sowie der Installation angepasster Wasseraufbereitungsverfahren und Abwassertechnologien würde die nachhaltige Wasserversorgung für etwa 300.000 Menschen in der Zielregion sichergestellt werden. Die infrastrukturellen Maßnahmen sind durch die Entwicklung eines GIS-gestützten Wassermanagementsystems und dessen Implementierung bei der Wasserbehörde Gunung Kidul zu begleiten. Des weiteren trägt der partizipative Ansatz der Grundkonzeption mit aktiver Einbindung der ansässigen Bevölkerung in das geplante „Capacity-Building“ zum Schutz der Wasserressource im Wassereinzugsgebiet sowie der Einführung nachhaltiger Nutzungsformen bei.

Ausblick

Von indonesischer Seite wurde aus allen administrativen und wissenschaftlichen Ebenen und Fachbereichen ein großes Interesse an einem interdisziplinären IWRM-Projekt für Gunung Kidul bekundet und das Potenzial für ein umfassendes Engagement im Rahmen einer „2+2 Konzeption“ zugesichert.

Die Erfahrungen aus den laufenden Projektaktivitäten sowie die große Resonanz umliegender Regionen lässt bereits heute die Wirkung eines zukünftigen IWRM in Gunung Kidul als „Leuchtturmprojekt“ erahnen. Eine Vielzahl an Forschungsergebnissen des IWRM-Projektes werden sich auch auf Gegenden mit nicht verkarstem Untergrund übertragen lassen. Insgesamt wird somit ein bedeutender Beitrag zur Lösung weltweit existierender Wasserknappheit geliefert. Für deutsche Unternehmen ergeben sich hierbei weit reichende Marktchancen. Nicht zuletzt wird das Projekt auch die interkulturelle Verständigung fördern, was gerade vor dem Hintergrund der weltpolitischen Situation von existentieller Bedeutung ist.

Summary

In the context of the design competition announced by the Federal Ministry of Education and Research, concept suggestions for an 'Integrated Water Resources Management' (IWRM) are to be compiled and suitable regions for the pilot application of a IWRM are to be recommended.

Target Region and Past Activities

The present paper focuses on the district Gunung Kidul, which is approximately 3000 Km² in area and situated within the Yogyakarta Special Province along the south coast of the Indonesian island Java. The geographical landscape of Gunung Kidul is composed of three regions. A chain of volcanic mountains separates the district northwards from the areas with lush green paddy fields, which are typical for Java. The Wonosari plateau forms the central region, which is bordered by river Kali Oyo on the northeastern part of the plateau. The southeastern region of Gunung Kidul is called Gunung Sewu ("the 1000 hills") defined by hilly landscapes of karst formed by tropical erosion.

Due to the karst underground Gunung Kidul faces acute water shortage especially during the dry season. At the same time there is abundant water, which is currently not being used, flowing through the underground caves and finally reaching the Indian Ocean. Over the years the Indonesian government has been undertaking many steps to make use of this underground flowing water in Gunung Kidul. However no lasting solution is still in place.

In the year 2002, the Institute for Water Resources Management (IWG) under the supervision of Prof. Franz Nestmann initiated a BMBF sponsored joint-project with the goal to supply the underground water using renewable micro hydropower. In order to achieve this target, different technological options are conceivable. Within the project framework of German and Indonesian partners one of these technological options is tested in the cave named "Gua Bribin". In the beginning of 2006, the demonstration facility should be commissioned and start pumping water to the above surface.

The activities that stretched over the last few years, which include also industrial partners from Germany and Indonesia, resulted in the development of an intensive network of co-operation and rapport with numerous partner institutes both at the regional and national levels. This intensive co-operation further encompasses various universities, research institutes, local population and also several NGOs. The defining moment in terms of the acceptance of the German activities came towards the end of 2004 when the President of Indonesia Mr. S.B. Yudhoyono visited the cave site and once again when the German Federal Minister for Science and Technology, Mrs. Edelgard Bulmahn surveyed the site a few months later.

Integrated Water Resources Management (IWRM)

The IWRM project for Gunung Kidul, whose contents and implementing strategies are discussed in detail later in this proposal, could propagate the overall development of this region. In the same lines, the extensive and effective network of the German and Indonesian partners could provide the best prospects of a successful implementation.

The need for the development of water resources from all perspectives is enormous in Gunung Kidul. Integrated water resource management must contain all aspects of research and development of water resources covering the structural infrastructure (civil works), the water distribution system, the water quality regulations and wastewater treatment cum disposal. Here the operational and the overall economical aspects must be taken into consideration apart from the hydrological, hygienic, ecological, social and cultural boundary conditions.

For assuring the sustainability, the IWRM technologies should be developed by different technical disciplines that can be well-understood (in terms of operation and maintenance) and adapted to suit the needs of the man and nature in the most harmonious way ("appropriate technologies"). An intensive level of knowledge transfer should accompany the development work and implementation. This

transfer coined as ‘capacity building’ must specifically include the local communities (end-users) apart from the concerned administrative authorities, the scientific institutions and the chambers of industry and commerce. The exemplary collective development and implementation of the IWRM in an adopted region that is easily manageable should be oriented towards the creation of a conceptual and technological dissemination of the ‘F&E principles’ to other regions that have similar conditions and requirements and to eventually initiate multiplication of such successful ideas.

Feasibility study

The feasibility study for the development and implementation of the IWRM in Gunung Kidul was accomplished by the IWG in cooperation with 5 other institutes belonging to the ‘Faculty of Civil-, Geo- and Environmental Sciences’ under the University of Karlsruhe, the Institute for Geography under the University of Giessen as well as two other institutes from the Research Center Karlsruhe. The central milestone was a one weeklong journey to the target region, which included extensive visits to the local settlements of Gunung Kidul as well as the urban areas of the city of Wonosari. Apart from getting valuable data information, a comprehensive level of discussion was held with the local authorities and population. During a two day workshop that was organized under the patronage of the Governor Sri Sultan Hamengku Buwono X, various delegates representing a wide spectrum of leading and influential authorities defined the measures and set goals for implementing the IWRM technologies in strategic consultation with the present German group. The representatives of the scientific institutions on their part evolved an agreement on the individual responsibilities and discussed the possible conditions for the ‘capacity building’ measures.

Suitability of the target region

After combining all the issues that encompassed the feasibility study along with the perceptions that have been developed over the years of intensive project work, the region of Gunung Kidul appears to be the most suitable one to be adopted for the development and implementation of the IWRM concept. Here are some of the arguments for its suitability:

- There exists an acute demand for an improvement with respect to the access of drinking water supply, regulations on the water quality and wastewater treatment.
- There is a large presence of underground fresh water aquifers with a considerable potential for hydropower, which can be developed using innovative technologies.
- The German-Indonesian network that exists at all levels represents a readymade and effective platform for fulfilling the goals of IWRM including an intensive knowledge transfer only within several years of co-operation.
- The integration of German enterprises as well as the initiation and development of commercial activities in the target region is possible in various ways.
- The region integrates within one catchment area different socio-economic characteristics and settlement schemes, which guarantee good transferability of the IWRM solutions to these other regions with similar requirements.

F&E Concept and Implementation Strategy

In the context of the feasibility study F&E requirements which are related to the superior workpackages namely, "*water requirement*", "*conservation of water source*", "*water distribution, treatment and quality control*", "*waste water treatment*" as well as "*ecological and socio-economic evaluation/ technology impact assessment*" and "*capacity building*" were defined as well as a concept for the exemplary implementation of innovative technologies within the target region.

As a result of the contents of two temporally overlapping project phases it is suggested that the total duration of the IWRM should span over 5-7 years. The draft for milestone planning considers that the progression of arrangements must be adapted to the financial, personnel and organizational potential of the Indonesian side. This applies in particular to the structural (civil works) implementation of tech-

nological concepts and/or infrastructural arrangements carried out in co-operation with Indonesian industry partners. For this additional external donor funds would be expected.

The implementation of the technological ideas focuses amongst other things, the continuation of the multi-disciplinary activities that has begun during the development of the Bribin system and subsequently in the realization of an alternative concept of water and energy management for the cave system in Gua Seropan, which would become the central source of water for the Wonosari plateau. This would lead to the provision of two supplementing innovative solutions including an appropriate practical value of experience that could be multiplied in other Karst areas worldwide. In connection with the optimization of distribution networks for Bribin and Seropan systems, the development of a comprehensive monitoring system, the installation of appropriate water purifying technologies and the waste water management techniques this comprehensive approach would surely provide a sustained water supply for 300.000 people living in the target region of Gunung Kidul. The infrastructural measures are to be accompanied by the development of a GIS supported water management tool which would be implemented to the local water authority PDAM. Moreover the participative approach for the basic concept with active involvement of the local population contributes to the planned 'capacity building', which supports the protection of water resources in the catchment area as well as the introduction of measures for sustainable utilization.

Prospects

The Indonesian partners from both the administration and research backgrounds manifested great interest in developing an interdisciplinary IWRM project in Gunung Kidul and ensured their intensive engagement regarding the principles of an the 2+2 concept of the joint co-operation.

Experiences from the current project along with the curiosity and resonance that has been generated in the surrounding regions point up that a future IWRM in Gunung Kidul could exemplify as a '*Leuchtturmprojekt*'. Most of the interdisciplinary results can be transferred to other regions even if they are not Karstic in nature. Within a short time the IWRM would contribute a lasting solution to the problems of worldwide existing water scarcity. This also creates market opportunities for German enterprises. Last but not the least it will promote intercultural communication between the two continents which is very crucial considering the current political situation of the world.

I Grundlagen und Voraussetzungen

I.1 Einleitung

Wasser ist *die* Basis für Leben, landwirtschaftliche Nutzung und industrielle Entwicklung. Der Zugang zu Wasser ist jedoch nicht für alle Menschen gleich. Für derzeit etwa 1,1 Mrd. Menschen – etwa ein Sechstel der Weltbevölkerung – ist unzureichender Zugang zu Trinkwasser Bestandteil des täglichen Kampfs ums Überleben [vgl. WORLD BANK 2003]. Bei einer unveränderten Entwicklung könnte ihre Zahl bis zur Mitte unseres Jahrhunderts auf bis zu 7 Mrd. Menschen ansteigen [vgl. UN WWDR 2003, 10]. Noch dramatischer sehen schon heute die Zahlen für sanitäre Versorgung und wasserinduzierte Krankheiten aus. Etwa 2,6 Mrd. Menschen steht keine angemessene sanitäre Versorgung zur Verfügung. Jährlich sterben ca. 1,8 Mio. Menschen durch verunreinigtes Wasser. Die meisten von ihnen sind Frauen und Kinder [vgl. ISW 2005].

Nicht zuletzt aus diesen Gründen wurde bei der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro die Bereitstellung von Wasser in angemessener Menge und guter Qualität für die gesamte Weltbevölkerung als eines der obersten Ziele deklariert [vgl. UNCED 1992, 160 ff.]. Im wohl bedeutendsten UN-Gipfel zur Bekämpfung von Armut – dem Millenniumsgipfel 2000 in New York – wurde die Trinkwasserproblematik als vorrangiges Entwicklungsziel aufgenommen und nochmals verstärkt proklamiert.

Für die Vereinten Nationen steht fest: Sie wollen den Anteil der Menschen, die ohne Zugang zu sauberem Trinkwasser und ohne sanitäre Grundversorgung leben müssen, bis zum Jahr 2015 halbieren. Dies soll u.a. durch das international verankerte Leitbild des "Integrierten Wasser Ressourcen Management" (IWRM) erreicht werden. Unter einem IWRM verstehen die Vereinten Nationen eine nachhaltige Bewirtschaftung der miteinander in Wechselwirkung stehenden oberirdischen Gewässer, Grundwasserleiter und ggf. Küstengewässer. Ein IWRM soll die soziale und wirtschaftliche Entwicklung fördern und die Funktionsfähigkeit lebenswichtiger Ökosysteme sichern.

Ein IWRM beschränkt sich nicht auf den Bereich Trinkwassergewinnung und -verteilung, sondern beschäftigt sich auch mit den verschiedenen Nutzungsformen von Wasser sowie mit der Frage der Wasserqualität und der Entsorgung bzw. Aufbereitung von Abwasser. Durch den umfassenden Ansatz beeinflusst ein IWRM die Gesamtentwicklung einer Region und hat in einzelnen Bereichen sogar überregionale Auswirkungen.



Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes

Der Inselstaat Indonesien wird landläufig nicht mit Wasserknappheit assoziiert. Knapp vier Fünftel der indonesischen Bevölkerung besitzen einen gesicherten Zugang zu Trinkwasser [vgl. WHO/UNICEF 2001]. Zurückzuführen ist dies vor allem auf die geographische Lage Indonesiens. Die Nation liegt in

den feuchten Tropen und ist infolgedessen in den meisten Landesteilen durch ausreichende jährliche Niederschlagsmengen (ca. 2.000 mm) gekennzeichnet.

Allerdings existieren auch in Indonesien räumliche Disparitäten hinsichtlich der Versorgung mit Trinkwasser. Auf dem aus Kalken aufgebauten Südrand des Archipels, vornehmlich auf den Inseln Java, Bali und den kleinen Sunda-Inseln, ist wegen der weit fortgeschrittenen Verkarstung eine natürliche Speicherung des Niederschlags kaum möglich. Die in den wechselfeuchten Tropen liegende Region Gunung Kidul (südöstlich von Yogyakarta, Zentraljava) ist eine solche Region. In Gunung Kidul gilt Wasser als größter Mangelfaktor.

I.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Im Rahmen einer sechsmonatigen Machbarkeitsstudie sollte eine Modellregion ausgewählt werden, die für die Umsetzung eines „Integrierten Wasserressourcen-Managements“ (IWRM) besonders geeignet ist. Für diese Modellregion waren die folgenden Fragestellungen schwerpunktmäßig zu bearbeiten:

- Welche Rahmenbedingungen bestehen in sozialer, kultureller, ökonomischer, rechtlicher und institutioneller Hinsicht und wie sind die naturräumlichen Voraussetzungen?
- Wie ist die Situation auf dem Wassersektor und bestehen bereits Ansätze für ein IWRM?
- Welcher Bedarf an FuE sowie Aus- und Weiterbildung lässt sich aus den dortigen derzeitigen Verhältnissen ableiten?
- Welcher Markt existiert für angepasste deutsche Wasser- und Umwelttechnologie?

Darauf aufbauend sollte eine Konzeption für die Umsetzung eines IWRM in der Modellregion erarbeitet werden. Von den an der Studie beteiligten Partnern wird die Region Gunung Kidul als Modellregion vorgeschlagen. Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie zusammen.

I.3 Ausgangssituation, Netzwerk und mögliche Kooperationspartner

I.3.1 Bisherige Aktivitäten in der Modellregion

Seit vielen Jahren besteht von Seiten des Instituts für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) durch Stipendiaten und ehemalige Doktoranden ein enger Kontakt zu zahlreichen Universitäten und Forschungseinrichtungen in Indonesien, speziell in Mitteljava. Auf Grundlage dieser guten Kontakte wurde im März 2000 das Initial zu einer vom BMBF geförderten Machbarkeitsstudie gegeben, deren erfolgreiche Durchführung in der Bewilligung des BMBF-Verbundprojekts „Erschließung und Bewirtschaftung unterirdischen Karstfließgewässer in Indonesien“ der Universitäten Karlsruhe und Gießen mündete. Mittels einer unterirdischen Wasserkraftanlage soll die Energie zum Betrieb von Pumpsystemen bereitgestellt werden, die Höhlenwasser an die Oberfläche fördern. Das Projekt soll bis Ende 2005 abgeschlossen sein. Das IWRM-Projekt könnte an die geleisteten Entwicklungsarbeiten sowie das weitreichende deutsch-indonesische Netzwerk anknüpfen.



Abb. 2: Besichtigung der Höhlenbaustelle durch den indonesischen Staats-Präsidenten Susilo Bambang Yudhoyono (links); Bundesministerin Edelgard Bulmahn am Schacht (Mitte) und bei einer Audienz mit Gouverneur Sri Sultan Hamengku Buwono X im März 2005 (rechts)

Die große Bedeutung und hohe Akzeptanz der deutschen Aktivitäten in Gunung Kidul wurde im Dezember 2004 durch die Teilnahme des indonesischen Staatspräsidenten Susilo Bambang Yudhoyono bei den Feierlichkeiten zum Schachtdurchbruch in die Höhle Bribin gebührend herausgestellt. Ein weiterer Höhepunkt der Intensivierung der deutsch-indonesischen Forschungsbeziehung war die Ortsbesichtigung von Bundesministerin Edelgard Bulmahn im März 2005.

I.3.2 Bestehendes Netzwerk und mögliche Kooperationspartner

Die Konzeption eines Integrierten Wasser-Ressourcen Managements bedarf der engen Zusammenarbeit unterschiedlicher Institutionen und Fachbereiche auf dem Wassersektor. An der in diesem Bericht dargestellten IWRM-Skizze für Gunung Kidul waren unter der Federführung des IWG weitere Institute der Universitäten Karlsruhe und Gießen sowie des Forschungszentrums Karlsruhe beteiligt. Dabei konnte auf ein gut funktionierendes Netzwerk des laufenden BMBF-Verbundprojekts zurückgegriffen werden, welches um Partner aus den Bereichen Wasseraufbereitungs- und Abwassertechnologie, Mikrobiologie und Systemanalyse erweitert wurde. Das bestehende Netzwerk, in welchem auch diverse Industriepartner integriert sind, bietet eine hervorragende Grundlage für die Initiierung eines IWRM in Gunung Kidul [siehe Anlage 1].

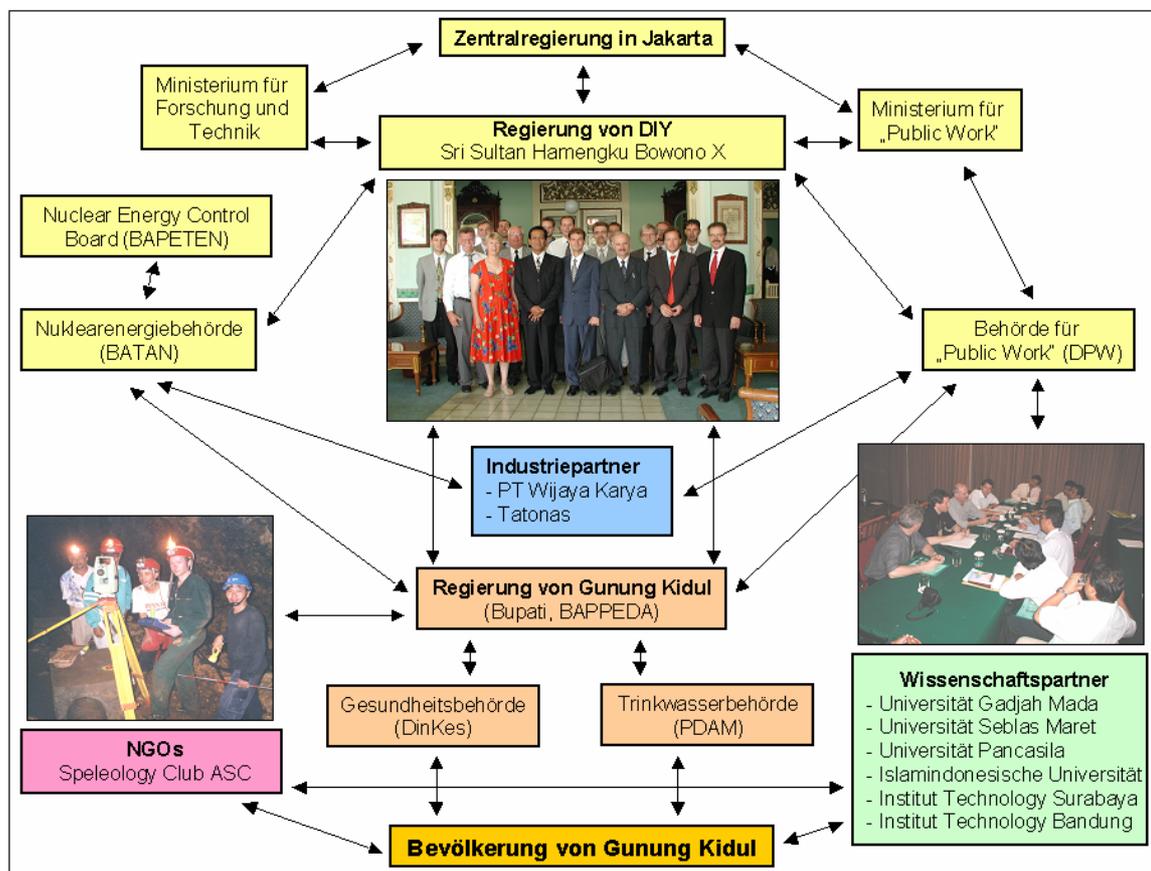


Abb. 3: Bestehendes Netzwerk auf indonesischer Seite

Durch langjährige Projektarbeiten in der Zielregion entstanden sehr enge Kontakte zur lokalen Bevölkerung, zu NGOs und zu vielen regionalen und nationalen Behörden. Dazu zählen vor allem die Planungsbehörde (BAPPEDA), das Department of Public Work (DPW) sowie die Wasserversorgungsbehörde (PDAM). Zudem bestehen Kooperationen mit mehreren Universitäten und Forschungseinrichtungen. Die Kontakte erstrecken sich mittlerweile von den Bupati (Regierungspräsidenten) von Gunung Kidul und benachbarter Regionen über den Gouverneur der Yogyakarta Special Province, Sultan Hamengku Buwono X, bis hin zu Regierungsberatern von Präsident Yudhoyono beim „Nuclear Energy Control Board“ (BAPETEN) [siehe Abb. 3]. In den letzten Jahren wurden mit der Yogyakarta Special Province, der Region Gunung Kidul und der „National Nuclear Energy Agency“ (BATAN) sowie mit verschiedenen Partner-Universitäten Kooperationsverträge geschlossen [siehe Anlage 2].

I.3.3 Fachkompetenz der Partner auf deutscher Seite

Universität Karlsruhe

Das **Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Bereich Wasserwirtschaft und Kulturtechnik (IWG-WK)** besitzt mit seinen Abteilungen I. Konstruktiver Wasserbau, II. Numerik im Wasserbau, III. Ökologischer Wasserbau, IV. Hydrologie, V. Kulturtechnik und VI. Systemanalyse sowie dem angeschlossenen Theodor-Rehbock-Laboratorium eine breitgefächerte Kompetenz zur Untersuchung wasserwirtschaftlicher und daran angrenzender Fragestellungen. Neben seinen Aufgaben in Forschung und Lehre berät das Institut öffentliche und private Institutionen bei Bemessung, Errichtung und Betrieb wasserbaulicher Anlagen. Diese Dienstleistungen beinhalten wasserbauliche Versuche, hydrologische und hydraulische Berechnungen, sowie Felduntersuchungen und die Erstellung von Gutachten in den relevanten Bereichen. Als besonderes Lehrangebot ist im Zusammenhang mit IWRM der am IWG angebotene Aufbaustudiengang Resources Engineering zum M.Sc. zu nennen, in dem junge Fachleute vor allem aus Entwicklungsländern in Boden- und Wasserfragen ausgebildet werden. In der Koordinierung und Umsetzung großer Verbundprojekte kann am IWG-WK auf umfangreiche Erfahrungen aus interdisziplinären BMBF-Vorhaben u.a. an Elbe, Wolga und in Indonesien zurückgegriffen werden.

Der **Bereich Siedlungswasserwirtschaft des IWG (IWG-SWW)** ist mit Aufgaben der Abwasser- und Regenwasserbehandlung sowie der biologischen Abfallbehandlung befasst. Die Abteilungen „Verfahrenstechnik in der Siedlungswasserwirtschaft“ sowie „Wassergütwirtschaft und Flussgebietsmanagement“ bearbeiten Fragestellungen des Oberflächen- und Grundwasserschutzes. Neben der Weiterentwicklung und Erprobung von Verfahren zur Abwasserreinigung und Schlammbehandlung sind in diesem Zusammenhang Stoffflussanalysen und innovative Konzepte der Siedlungsentwässerung Schwerpunkte nationaler und internationaler Forschungsarbeiten. Das Spektrum der bearbeiteten Projekte umfasst sowohl die Ertüchtigung zentraler Anlagen in Industrieländern durch die Implementierung innovativer Verfahrensschritte als auch die Entwicklung von Entsorgungskonzepten für Schwellen- und Entwicklungsländer. Konkrete Vorhaben wurden in Ägypten, Bolivien, Brasilien, China, Marokko und Indien durchgeführt.

Das **Geodätische Institut (GIK)** trägt zusammen mit dem Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (IPF) den Studiengang Geodäsie und Geoinformatik an der Universität Karlsruhe. Ein Schwerpunkt dieses Studienganges ist die GIS-Ausbildung der Studierenden. Gerade die Lehrveranstaltungen zum Thema GIS werden als Export einer Reihe von Studierenden anderer Studiengänge angeboten (Geoökologie, Geographie, Geophysik, Angewandte Geowissenschaften, Wirtschaftswissenschaften...) oder sind in deren Studienplan als Pflichtveranstaltungen fest verankert. Außerdem hat das GIK sowohl mit terrestrischen Methoden als auch mit GPS eine große Erfahrung mit Präzisionsvermessungen und auch die notwendige Ausrüstung, um die anfallenden Vermessungsarbeiten im Rahmen einer IWRM-Umsetzung durchzuführen oder zu begleiten.

Das **Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik (IBF)** verfügt mit seinen drei Abteilungen „Bodenmechanik und Grundbau“, „Erddamm- und Deponiebau“ und „Felsmechanik“ über die für das Projekt erforderliche breite Kompetenz in geotechnischen Fragen und kann eine große Erfahrung mit Verbundforschungsprojekten vorweisen. Strömungsvorgänge in Boden und Fels sind Themen aktueller Forschung, die sowohl experimentell als auch theoretisch bearbeitet werden. In einer Kooperation mit dem Geoforschungszentrum Potsdam (GFZ), das über ein hochauflösendes seismisches Verfahren zur Ortung von Hohlräumen verfügt, sollen Karststrukturen in der unmittelbaren Nachbarschaft von Höhlen erkundet werden. Das Institut betreibt eigene messtechnische Entwicklungsarbeit und ist so in der Lage, Monitoring-Systeme für Labor- und Feldmessungen zu planen, zu konstruieren und umzusetzen.

Die Forschungsaktivitäten des **Instituts für Mineralogie und Geochemie (IMG)** werden in die Bereiche Angewandte Geochemie, Angewandte Mineralogie, Urbane Geochemie, Sedimentgeochemie und Petrologie/Lagerstättenkunde gegliedert. Die analytische Infrastruktur umfasst verschiedene Methoden für die Hauptelement-, Spurenelement- und Isotopenanalyse von Festphasen und wässrigen Lösungen sowie zur Mineralphasenanalytik. Die instrumentelle Analytik ist von gut ausgestatteten Laboratorien umrahmt, die eine Durchführung von verschiedenen Anreicherungs-, Matrixabtrennungs- und Aufschlussarbeiten von Gestein-, Boden-, Pflanzen- bzw. Wasserproben gewährleisten. Der Forschungsbereich Angewandte Geochemie findet besonders im Verbund mit Ingenieurwissenschaften ein weites Betätigungsfeld unter Beteiligung mehrerer interdisziplinärer Projekte z.B. in der Entwicklung geophysikalischer / geologischer Explorationsverfahren für Karstaquifere sowie Untersuchung von mineralischen Ablagerungen hinsichtlich ihrer Fähigkeit zur Schwermetallsorption für Wasseraufbereitungsverfahren.

Das **Institut für Massivbau und Baustofftechnologie (IfMB)** mit angeschlossener Amtlicher Materialprüfungsanstalt (MPA Karlsruhe) war bereits in einer Vielzahl interdisziplinär ausgerichteter Forschungsprojekte

beteiligt. Zu den Arbeitsschwerpunkten des Instituts zählen Bauwerksuntersuchungen, Analyse von Bauschäden im Bereich des Beton- und Mauerwerksbau, Schutz und Instandsetzung von Bauwerken aus Beton und Mauerwerk, mechanische Eigenschaften und Stoffgesetze des Betons, Feuchtigkeitstransport in mineralischen Baustoffen, Dauerhaftigkeit und Mikrostruktur von Baustoffen, Bauphysik (Wärme, Feuchte, Brand) sowie Deutsche bzw. Europäische Normung.

Die Forschungsschwerpunkte der **Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine (VA-SHS), Abteilung Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen**, sind Prüfung und Entwicklung neuer Verbindungstechniken im Holzbau, Festigkeitsforschung für Holzbauteile sowie Theorie und Berechnung von Holzkonstruktionen. Neben der Forschung ist die Unterstützung von Industrie und Ingenieurbüros ein weiteres Leistungsangebot. Die Abteilung Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen, verfügt über ausgezeichnete Kontakte zu wissenschaftlichen und industriellen Einrichtungen in Indonesien und hat bereits im Rahmen des laufenden BMBF-Verbundprojekts erfolgreich mit dem Civil Engineering Department der Gadjah Mada University in Yogyakarta kooperiert.

Universität Gießen

Das **Institut für Geographie (IfG)** besitzt eine langjährige Forschungs- und Lehrerfahrung in der Anthropogeographie. Arbeitsschwerpunkte sind dabei die Bereiche Agrargeographie, Landnutzungsplanung in Entwicklungsländern und Regionale Geographie der Tropen, regionale Schwerpunkte sind Südostasien und Ostafrika (speziell Indonesien und Somalia). Als wichtige Voraussetzung für die erfolgreichen Forschungstätigkeiten vor Ort (Indonesien) dienen die guten indonesischen Sprachkenntnisse der beteiligten Mitarbeiter.

Forschungszentrum Karlsruhe

Das **Institut für Technische Chemie, Bereich Wasser- und Geotechnologie (ITC-WGT)** verfügt über mehrere Forschungsabteilungen, von denen diejenigen für Wassertechnologie und Geochemie sowie für Umweltmikrobiologie für das vorgeschlagene Vorhaben relevant sind. Die **Abteilung Wassertechnologie / Wasserchemie** verfügt über langjährige Erfahrungen in verschiedenen Bereichen der technischen Wasseraufbereitung, insbesondere der Elimination organischer Substanzen durch chemische Oxidationsverfahren, der Elimination anorganischer Schadstoffe durch Sorptions- und Fällungsverfahren und der Entfernung von partikulären Verunreinigungen. Ferner verfügt die Abteilung bzw. das Institut über eine reichhaltige Ausstattung mit Messgeräten zur analytischen Erfassung von anorganischen und organischen Wasserinhaltsstoffen und Summenparametern sowie zu geeigneten Analysenverfahren, eingeschlossen solche zur Messung kolloidaler Inhaltsstoffe. Durch zahlreiche enge Kontakte mit den anderen Instituten des DVGW-Institutsverbunds steht zusätzlich die gesamte trinkwasserrelevante Fachkompetenz der deutschen Wasserforschung zur Verfügung. In der **Abteilung Umweltmikrobiologie** des ITC-WGT bestehen langjährige und umfangreiche Erfahrungen mit der mikrobiologischen Kontrolle der Wassergewinnung, Wasseraufbereitung und Wasserverteilung. Einer der Schwerpunkte ist die molekularbiologische Charakterisierung von taxonomischen und funktionellen Genen, vor allem von Pathogenen und Risikogenen. Somit sind für ein Projekt im Rahmen des IWRM umfangreiche Erfahrungen und Kenntnisse vorhanden. Die Abteilung verfügt über eine komplette mikrobiologische und molekularbiologische Ausstattung auf dem neuesten Stand der Technik inklusive quantitativer Echt-Zeit-PCR, Sequenzierungseinrichtungen, SSCP etc. Ebenfalls zur Abteilung gehört das Kompetenzzentrum BioOrganische Massenspektrometrie (BioOMS), das u.a. massenspektrometrische Proteinanalysen, Metabolitstudien und andere organische Spurenanalysen durchführen kann.

Die bereichsübergreifend angesiedelte **Zentralabteilung Technikbedingte Stoffströme (ITC-ZTS)** konzentriert sich auf die Analyse anthropogener Stoffströme, speziell auf die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen technischen Prozessen und den sie ausgelösten Stoffströmen. Es bestehen langjährige und umfangreiche Erfahrungen mit der ökologischen (lebensweg- und risikoorientierten) und betriebswirtschaftlichen Bewertung von Produktionssystemen (Verfahren, Betrieben und regionalen Systemen). In vielen Fällen spielten verfahrensbezogene Wassergewinnung, -aufbereitung, -verteilung und -entsorgung eine wesentliche Rolle.

Der langjährige Schwerpunkt der Forschungsarbeiten des **Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)** liegt in der umfassenden Analyse und der Bewertung der Entwicklung und des Einsatzes von Technik in Wechselwirkung mit gesellschaftlichen Wandlungsprozessen. Eine wesentliche Zielsetzung besteht darin, mit den Methoden der Technikfolgenabschätzung und der Systemanalyse politische Entscheidungsträger durch die Bereitstellung von Handlungs- und Orientierungswissen zu beraten und zu unterstützen. Entsprechend den Zieldimensionen von nachhaltigen Entwicklungsprozessen werden Umwelt bezogene, ökonomische, soziale sowie institutionell-politische Fragestellungen verfolgt sowie alternative Handlungs- und Gestaltungsoptionen zur Lösung bestehender Probleme entworfen und bewertet.

I.4 Meilensteine der Machbarkeitsstudie

An der sechsmonatigen Machbarkeitsstudie waren unter der Federführung des IWG weitere Institute der Universitäten Karlsruhe und Gießen sowie des Forschungszentrums Karlsruhe beteiligt [vgl. Kap. I.3.2]. Dabei stand die Erhebung von Daten über die Modellregion sowie der intensive fachliche Austausch der deutschen und indonesischen Partner im Vordergrund. Im Folgenden sind die Meilensteine der Machbarkeitsuntersuchung dargestellt:

28.10.2004	‚Kick-Off-Meeting‘ am IWG mit Beteiligung aller deutschen Partner zum Informationsaustausch über die Modellregion und zur Diskussion des weiteren Vorgehens im Rahmen des Projekts
16.12.2004	Workshop am IWG: Vorstellung der möglichen Beiträge der einzelnen Partnern zu einer IWRM-Umsetzung
Nov 04 – Jan 05	Zahlreiche bilaterale Treffen zum Austausch und Abgleich von fachlicher Inhalten und von Informationen zur Modellregion
24.02. – 05.03.2005	Reise der deutschen Partner in die Modellregion Exkursion nach Gunung Sewu [siehe Abb. 3] mit Besichtigung von <ul style="list-style-type: none"> - Verteilungsnetz Bribin - alternative Wasserversorgung - sanitäre Anlagen im ländlichen Gebiet Exkursion in die Stadt Wonosari [siehe Abb. 3] mit Besichtigung von <ul style="list-style-type: none"> - Kläranlage des Krankenhauses - öffentliche und private Wasserversorgung - sanitäre Anlagen im urbanen Gebiet - Kleinindustrie (mit großem Wasserverbrauch / Abwasseranfall) - städtische Müllhalde IWRM-Workshop in Yogyakarta mit Beteiligung deutscher und indonesischer Partner [Liste der Vorträge siehe Anlage 3]

Sri Sultan Hamengku Buwono X übernahm persönlich die Eröffnungsrede des zweitägigen Workshops. In seiner Rede betonte er, wie sehr eine funktionierende Wasserversorgung und Abwasserentsorgung die Lebensbedingungen in Gunung Kidul verbessern würde. Er begrüßte die Idee, ein IWRM in Gunung Kidul aufzubauen ausdrücklich, wies auf die bisherige gute Zusammenarbeit hin und bot seine volle Unterstützung an.



Abb. 4: Reise in das Untersuchungsgebiet im März 2005

Das große Interesse der indonesischen Seite an einem zukünftigen interdisziplinären IWRM-Verbundprojekt wurde dementsprechend durch die engagierte Beteiligung verschiedener behördlicher und wissenschaftlicher Institutionen bei der Umsetzung des Workshops und der Unterstützung zur Durchführung der Exkursionen in der Zielregion unterstrichen. Hierbei wurde den deutschen Teilneh-

mern der Zugang zu wasserbaulichen Anlagen ermöglicht, umfangreiche Datenbestände offengelegt und intensive Gespräche mit der Bevölkerung ermöglicht.

I.5 Datengrundlagen, Datenquellen und Veröffentlichungen

Als Grundlage für die Erarbeitung der IWRM-Konzeption für Gunung Kidul sowie für die Erstellung des vorliegenden Berichts konnte auf umfangreiche Literatur sowie Datengrundlagen aus der Modellregion zurückgegriffen werden.

Eine ausführliche Auflistung der relevante Literaturgrundlagen sowie weiterer fachbezogener Literatur und Veröffentlichungen der Kooperationspartner sind im Anhang aufgeführt. Im folgenden ist eine Auswahl der wichtigsten Informationsquellen dargestellt.

Sekundärliteratur

Die ersten wissenschaftlichen Untersuchungen in der Gunung Sewu führte Mitte des 19. Jahrhunderts F.W. Junghuhn durch. Sein Interesse galt vorwiegend den Lebensbedingungen der Bevölkerung und weniger dem Problem der Wasserknappheit. Des Weiteren sind H. Uhlig und J.W. Nibbering zu erwähnen, die sich intensiv mit der Entwicklung der Gunung Sewu und der dortigen Landwirtschaft befassten.

Eine der bedeutendsten Informationsquellen stellen die vom Department of Public Work zur Verfügung gestellten Berichte einer in den 80-er Jahren durchgeführten interdisziplinären Datenerfassung im Bereich Yogyakarta/Wonosari des britischen Consulting-Büros *Sir MacDonald & Partners* dar. Unter dem Titel „Greater Yogyakarta Groundwater Resources Study“ wurden in den Jahren 1980 bis 1984 umfangreiche hydrologische, geologische, topographische und sozioökonomische Studien durchgeführt. Die Daten und Ergebnisse sind in insgesamt 13 Berichtsbänden mit analogem Kartenwerk zusammengeführt.

Die Untersuchungen von MacDonald & Partners wurden 1999 von Electrowatt Engineering weitergeführt. Das Ergebnis ist der dreibändige Report „Yogyakarta Urban Infrastructure Management Support“ (YUIMS), in dem insbesondere die Bereiche Trinkwasser und Feldbewässerung untersucht werden.

Primärdaten

Detaillierte den Wasserektor Gunung Kiduls betreffende Daten wurden bereits im Laufe der in Kap. I.3.1 erwähnten Verbundaktivitäten zum Ausbau der Höhle Bribin erhoben und in Zwischenberichten zusammengefasst. Die Ergebnisse der Teilstudie „Sozioökonomische Auswirkungen einer verbesserten Wasserversorgung für die potentiellen Wassernutzer“ wurde vom IfG bereits abgeschlossen.

Datenerhebung während der Machbarkeitsstudie

Auch in der sechsmonatigen Machbarkeitsstudie konnten bereits umfangreiche Daten erhoben werden, wobei ein besonderes Augenmerk auf die Wasserver- und -entsorgung auf dem Wonosari Plateau gelegt wurde. Im Rahmen einer Diplomarbeit am IfG wird derzeit der Wasserektor in der Stadt Wonosari genauer analysiert. Außerdem laufen im IfG derzeit die Vorbereitungen zu einem vom DAAD finanzierten Studentenprojekt, das sich ebenfalls mit der Wasserver- und -entsorgung in der Stadt Wonosari beschäftigt.

II Das Untersuchungsgebiet Gunung Kidul

II.1 Allgemeine Beschreibung

II.1.1 Die Insel Java

Indonesien besteht aus 13 677 Inseln, die sich auf einer Länge von ungefähr 5 100 Kilometern beiderseits des Äquators erstrecken. Eine Gebirgskette, bestehend aus rund 300 Vulkanen, verläuft bogenförmig von der Südhälfte Sumatras über Java bis nach Timor. Diese hohe Anzahl an Vulkanen wird durch das Zusammentreffen mehrerer geologischer Platten in diesem Raum bedingt (Subduktionszone, vgl. Anlage 5). Entlang der Vulkankette liegt die Plattengrenze zwischen der indisch-australischen Platte, die sich nach Norden schiebt, und der eurasischen Platte, auf deren südöstlichem Bereich der Sundaschelf liegt.

Die Insel Java liegt zwischen dem fünften und zehnten südlichen Breitengrad; sie misst von Westen nach Osten etwa 1 050 Kilometer und ist stellenweise bis zu 204 Kilometer breit. Bewohnt wird Java von über 100 Millionen Menschen. Jakarta ist die größte Stadt der Insel und die Hauptstadt Indonesiens; andere bedeutende Städte sind Yogyakarta, Bandung, Semarang, Surabaya, Cirebon, Pekalongan, Sukabumi, Malang und Surakarta.

II.1.2 Räumliche Abgrenzung der Modellregion

Gunung Kidul liegt an der Südküste der Insel Java ca. 100 km östlich der Großstadt Yogyakarta. Der Verwaltungsdistrikt (indon: ‚Kabupaten‘) ist der Sonderprovinz Yogyakarta (indon: ‚Daerah Istimewa Yogyakarta‘, DIY) untergeordnet und hat bei einer Fläche von ca. 3000 km² eine maximale Ausdehnung von 85 km in Ost-West-Richtung [siehe Abb. 5]. Ins Deutsche übersetzt, bedeutet Gunung Kidul „Das Süd-Gebirge“.

Naturräumlich besteht Gunung Kidul aus drei Teilregionen. Im Norden erhebt sich eine Vulkankette, die **Gunung Baturagung**, die den Distrikt Gunung Kidul nach Norden hin von den eigentlich für Java typischen fruchtbaren Reisbauebenen abgrenzt. Im Zentrum Gunung Kiduls befindet sich das **Central Basin** bzw. **Wonosari Plateau**, das an seinem nördlichen und östlichen Rand vom Flusslauf des Kali Oyo begrenzt wird. Im Süden und Osten schließt sich eine 1400 km² große Karsthügellandschaft, die **Gunung Sewu** an.

Die Region Gunung Kidul ist aufgrund des verkarsteten Untergrundes durch einen akuten Wassermangel insbesondere während der Trockenzeit geprägt. Gleichzeitig sind große unterirdische Wasserressourcen vorhanden, die für eine Verbesserung der Wasserversorgungssituation genutzt werden können. Aufgrund der Siedlungsstrukturen sowie der topografischen, hydrologischen und hydrogeologischen Randbedingungen ergeben sich unterschiedliche Ausgangs- und Bedarfssituationen in den verschiedenen Gebieten Gunung Kiduls [vgl. Kap. II.2 und III.1]. Gemeinsam ist den beiden Teilgebieten Gunung Sewu und Wonosari Plateau jedoch die Karstsituation mit ihren Potentialen und Schwierigkeiten der Wasserver- und -entsorgung.

Als Modellregion für die Umsetzung des IWRM-Konzepts wird der Distrikt Gunung Kidul vorgeschlagen und hier speziell die Gunung Sewu als ländlicher Bereich (250.000 Einwohner) sowie die Stadt Wonosari (35.000 Einwohner) als urbaner Bereich [siehe Abb. 5]. Ausgangspunkt für die Wasserversorgung ist dabei der Karstaquifer des Wonosari Plateaus (südlich der Wasserscheide zum Kali Oyo-EZG) und der Gunung Sewu, welcher über ein vernetztes Höhlensystem nach Süden in den Indischen Ozean entwässert. Die Rolle des Oberflächengewässers Kali Oyo als mögliche Wasser- und Energiequelle sowie als Vorfluter der Entwässerungssysteme während der Regenzeit (in der Trockenzeit fällt er zumeist trocken) ist noch zu klären.

(24)]. So kann sich in ENSO-Jahren die Trockenperiode auf bis zu sieben Monate verlängern. Im Durchschnitt reduzieren sich die Niederschläge in der Trockenzeit um 30-50% [vgl. YOSHINO ET AL. 1997, 33 (44)]. In solchen Jahren wird das Problem der Wasserknappheit noch deutlich verschärft.

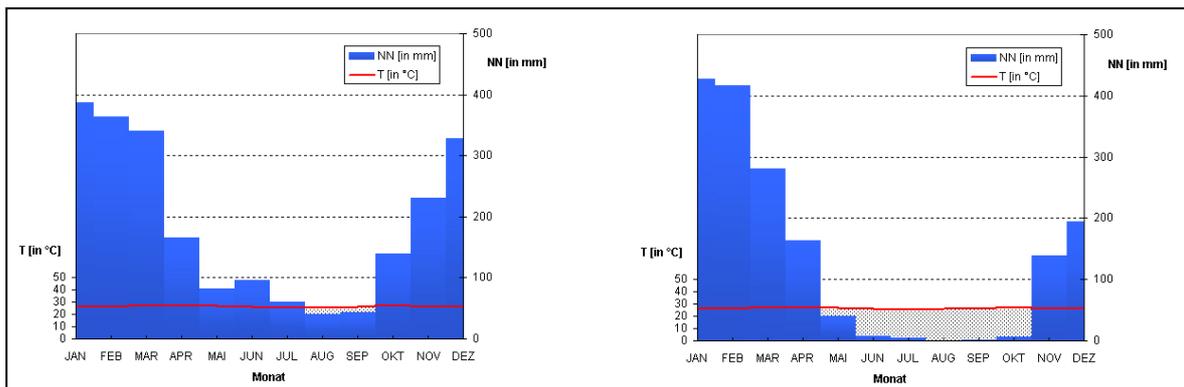


Abb. 6: Durchschnittliche jährliche Niederschlagsverteilung in Gunung Kidul im Zeitraum 1971-2000 (Abb. links) und während der ENSO-Jahre 1991, 1993, 1994, 1997 (Abb. Rechts)



Abb. 7: Gunung Sewu in der Regenzeit (links) und in der Trockenzeit (rechts)

Geologie / Relief / Hydrogeologie

Die Insel Java liegt am Rande einer geologisch aktiven Subduktionszone zwischen der Indio-australischen und der Eurasischen Platte [siehe Anlage 5]. Die Kalkformationen von Gunung Kidul stammen aus dem Tertiär bis Quartär. Der Name der Karstlandschaft Gunung Sewu, „tausend Hügel“ ist auf die auffälligen, durch tropische Karsterosion entstandenen Kegelformationen („Kegelkarst“) zurückzuführen. Die von Ost nach West verlaufende Gebirgskette ist zwischen 150 und 300 Meter hoch; im Nordosten erreicht sie jedoch eine Höhe von bis zu 500 Metern. Im Süden fällt die Karstplatte in einer steilen Küste zum Indischen Ozean ab. Im Norden neigt sich das Gebiet zum Wonosari Plateau mit einer mittleren Höhe von etwa 175 Meter. Zwischen den 30-70 m hohen Hügeln der Gunung Sewu erstrecken sich so genannte ‚Karstwannen‘. Dies sind von Erosionsablagerungen aufgebaute Verebnungen mit teilweise mächtigen Bodenhorizonten. Größtenteils werden diese Karstwannen landwirtschaftlich genutzt [vgl. UHLIG 1980, 31 (33)]. Stellenweise ist der Boden so verdichtet, dass sich in der Regenzeit Niederschlagswasser anstaut und sich kleine Stehgewässer, die so genannten ‚Telaga‘, bilden.

Das gesamte Gebiet der Gunung Sewu ist von hunderten miteinander vernetzten Höhlen durchzogen, welche im Laufe der Jahrtausende durch Korrosion und Erosion des harten Riffkalkgesteins entstanden sind; daraus resultiert der komplette Austausch jeglichen Oberflächenabflusses durch ein weit verzweigtes Abflusssystem im Untergrund. Aufgrund der Speicher- / Pufferkapazität des Karstaquifers führt das System auch in der Trockenzeit eine beträchtliche Abflussmenge. Das Wasser dieser unterirdischen Flüsse tritt fast vollständig erst wieder in Quellen an der Küste zutage. In Abb. 8 ist ein

schematischer Schnitt durch den Aquifer der Gunung Sewu mit Darstellung der wesentlichen hydrogeologischen Merkmale gegeben. Hierbei wird nach dem Ursprung des Wassers

- Niederschlag innerhalb der Gunung Sewu
- Zufluss vom nördlich angrenzenden Wonosari-Plateau

und nach den Mechanismen der Speisung unterschieden. Das Wasser aus beiden Quellen kann entweder in großen Mengen punktuell (Schwinden, Schächte) oder über viele kleine Wege (Sickerung) in den Untergrund einfließen. Diese Unterscheidung ist in Bezug auf die Wasserqualität, Geschwindigkeit und Menge des abfließenden Wassers von großer Wichtigkeit.

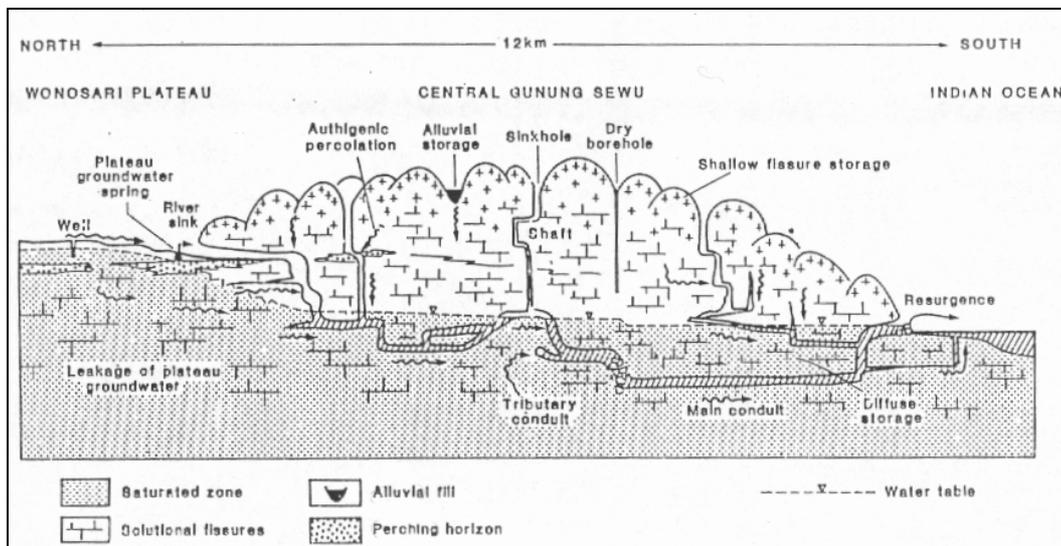


Abb. 8: Karsthydrologie der Gunung Sewu [Quelle: MacDonald & Partners]

Auf dem durch plattige Mergelkalke aufgebauten Wonosari-Plateau findet man ebenso typische Anzeichen eines verkarsteten Gebietes. Oberflächengewässer gibt es nur zur Regenzeit bzw. kurz nach Starkregenereignissen. Ansonsten versickert das Wasser zügig und bildet in etwa 20-30 m Tiefe den Grundwasserspiegel. Der Aquifer entwässert nach Süden in Richtung Gunung Sewu und nach Norden in Richtung des Flusses Kali Oyo. In der Trockenzeit führt der Kali Oyo i.d.R. kein Wasser oder nur geringfügige Mengen.

In Anlage 5 ist eine geologische Karte der Gunung Sewu, aufgenommen 1964 von der U.S. Army, dargestellt. Die blaue Schraffierung markiert die überwiegend aus Riffkalk bestehenden Bereiche des Karstkörpers, die grüne Schraffur die Bereiche aus bioklastischem Karst mit vulkanischen Einlagerungen und gelb dargestellt ist der Bereich mit überwiegend vulkanischem Ursprung.

Die Vulkankette des Gunung Baturagung im Norden von Gunung Kidul erhebt sich bis zu 700 m. Das steile Relief erschwert die Bewirtschaftung der relativ fruchtbaren Böden. Ein gravierender Wassermangel besteht nach Aussagen der Distriktregierung aufgrund der vorhandenen Oberflächengewässer und natürlichen Speichermöglichkeiten in diesem Teilbereich Gunung Kiduls nicht.

II.1.4 Soziale und ökonomische Rahmenbedingungen

In ganz Gunung Kidul leben insgesamt 750.000 Menschen (vgl. BPS 2003). Bei einer Fläche von 1.485km² errechnet sich eine Bevölkerungsdichte von gut 500 Einw./km² (Deutschland 2003: 230 Einw./km²). Im Vergleich zum restlichen Java (950 Einw./km²) ist dieser Wert niedrig, aber für eine Region mit geringem landwirtschaftlichen Potenzial sehr hoch.

Aufgrund der naturräumlichen Benachteiligungen wird Gunung Kidul als das ‚Armenhaus Javas‘ bezeichnet [vgl. NIBBERING 1991, 104 (110 f.)] In der Vergangenheit prägten Hungersnöte die Region. In erster Linie aufgrund fehlender Bewässerungsmöglichkeiten sind die landwirtschaftlichen Erträge bis heute sehr gering.

Eine durchschnittlich große Familie besteht aus fünf Mitgliedern. Aufgrund mangelnder Einkommensmöglichkeiten zieht nach Beendigung der Mittelstufe mindestens ein Kind aus der Region fort. Es arbeitet in einer der größeren Städte Javas als Bauarbeiter, Hausmädchen, in der Industrie oder im informellen Sektor. Die soziale Bindung zwischen dem weggezogenen Kind und der Familie ist weiterhin sehr eng. In ärmeren Familien bezahlen die Migranten häufig das während der Trockenzeit benötigte Wasser, das mit einem Tanklastwagen angeliefert wird [vgl. Kap. I].

Auch der Familienvater sucht sich Einkommensmöglichkeiten außerhalb der Landwirtschaft. In der Regel findet er ein Zweiteinkommen im informellen Sektor in der nahe gelegenen Provinzhauptstadt Yogyakarta². Sein Tagesverdienst liegt in Yogyakarta bei etwa 15.000 bis 20.000 Rp. (= 1,50-2 €), d.h. etwa das Doppelte der Tagelöhne in Gunung Kidul³.

Jede Familie besitzt durchschnittlich 0,2 ha große Felder. Darauf bauen sie zu Beginn der Regenzeit im Oktober/November Trockenreis, Maniok, Mais und Erdnüsse im sog. Misanbau-Verfahren an. Neben dem Feld bewirtschaftet die Familie einen Hausgarten, in dem sie Gemüse und Obst zur Eigenversorgung anbaut. Des Weiteren ist die Rinderhaltung in Gunung Kidul sehr wichtig. Rinder arbeiten als Zugtiere beim Pflügen der Felder, liefern Dünger, dienen als Geldreserve für größere Anschaffungen oder Familienfeste und gelten als Prestigeobjekt. Allerdings verursacht die Rinderhaltung einen erheblichen Arbeitsaufwand für die Futtermittelversorgung und das Tränken. Ein Rind trinkt durchschnittlich 20 l Wasser pro Tag. Dieses Wasser muss – je nach Wasserversorgungssituation der Familie [vgl. Kap. II.2] – zusätzlich zu Trink- und Brauchwasser oft über mehrere Kilometer in stundenlanger Arbeit von Hand herbeigeschafft werden.



Abb. 9: Bedeutung der Rinderhaltung im Gunung Sewu [Quelle: IfG]

Die Verkehrsinfrastruktur ist in den vergangenen Jahren erheblich verbessert worden. Alle Dörfer sind zumindest über eine Schotterpiste erreichbar. Eine Basisversorgung an Bildung ist gewährleistet. Auch eine gesundheitliche Grundversorgung ist in allen Gemeinden gesichert. Das einzige Krankenhaus liegt in der Bezirkshauptstadt Wonosari. Aber in jeder Gemeinde gibt es kleine Krankenstationen. Gut 90% der Haushalte werden mit Elektrizität versorgt. Als Energiequelle zum Kochen benutzen die Menschen Feuerholz, das in den Baumpflanzungen, in den Hausgärten oder auf den Feldern als Erntestereste (u.a. Maniokstängel) reichlich anfällt. Kerosin als Alternative ist zu teuer.

II.1.5 Institutionelle und rechtliche Rahmenbedingungen

Für die Umsetzung eines IWRM sind in erster Linie vier indonesische Institutionen von entscheidender Bedeutung; die Planungsbehörde BAPPEDA, die Baubehörde DPW, die Trinkwasserbehörde PDAM und die Gesundheitsbehörde DINKES. Diese vier Institutionen agieren sowohl auf der Provinzebene DIY wie auch auf der Bezirksebene (Kabupaten).

² Etwa 56% der saisonalen Migranten gehen nach Yogyakarta. Die anderen verteilen sich auf andere Großstädte Javas.

³ In der Hauptstadt Jakarta sind die Verdienstmöglichkeiten weit höher. Tagesverdienste zwischen 25.000 bis 30.000 Rp. sind dort keine Seltenheit. Aber die Stadt ist weit entfernt und die Lebenshaltungskosten sind sehr hoch. Daher lohnt es sich in der Regel nur über einen längeren Zeitraum nach Jakarta zu fahren, um dort zu arbeiten.

Die Planungsbehörde BAPPEDA koordiniert die Aktivitäten aller anderen Behörden. Gleichzeitig verwaltet und vergibt sie Gelder an die einzelnen Behörden. BAPPEDA auf Provinzebene organisiert alle Maßnahmen zur Erreichung des von Sultan Hamengku Buwono X ausgeschriebenen Programms zur Gesundheitsverbesserung bis zum Jahre 2010. Die Wasserver- und -entsorgung zu sichern, ist dabei ein wichtiger Baustein zur Erreichung der aufgestellten Ziele. BAPPEDA auf Bezirksebene wäre für die Koordination aller Aktivitäten eines IWRM in Gunung Kidul zuständig.

Das DPW ist für alle Baumaßnahmen zuständig. Von ihm werden Neu- und Umbauten geplant und deren Durchführung an Baufirmen vergeben. Das DPW ist die Behörde, die für alle Fragen bezüglich der geplanten Baumaßnahmen innerhalb des IWRM anzusprechen ist.

Die Trinkwasserbehörde PDAM verwaltet die vom DPW gebauten Trinkwassersysteme. PDAM ist für das Management inkl. sämtlicher Unterhaltskosten und Reparaturen zuständig. Die Bevölkerung entrichtet ihre monatlichen Leitungswasserkosten an PDAM. PDAM ist der Ansprechpartner für alle Managementfragen bezüglich Trinkwassers, ist aber nicht für Abwasser oder Nutzwasser zuständig. Für Nutzwasser übernimmt zum Teil die Baubehörde DPW das Management. Für Abwasser gibt es bisher keine zuständige Institution. In erster Linie fühlt sich die Umweltüberwachungsbehörde BAPEDAL (auf Provinzebene) bzw. KAPEAL (auf Bezirksebene) für Abwasserfragen verantwortlich.

Die letzte der vier wichtigen Institutionen ist die Gesundheitsbehörde DINKES. Sie überprüft die Wasserqualität und klärt die Menschen über einen hygienischen Umgang mit Wasser auf. Bei DINKES ist das von Sultan Hamengku Buwono X ausgeschriebene Programm zur Verbesserung der Gesundheitssituation verankert.

Im Zuge des Dezentralisierungsprozesses hat Indonesien auch die Gesetzgebung für Wasser geändert. Seit Januar 2004 gilt das neue Wassergesetz No. 7. Darin heißt es, dass die Distrikte für ihre Wasserversorgung selbst verantwortlich sind. Die Praxis zeigt, dass es dadurch zu Problemen zwischen den Distrikten kommen kann. Das geplante IWRM beschränkt sich auf den Distrikt Gunung Kidul und wird die Wasserversorgung anderer Distrikte nicht beeinträchtigen. Es sind demnach keine Konflikte mit der neuen Gesetzgebung zu erwarten. Auch innerhalb Gunung Kiduls sind bisher keinerlei Rechtsansprüche bekannt, die die Umsetzung des IWRM beeinträchtigen oder gar behindern könnten.

II.2 Der Wassersektor in Gunung Kidul

II.2.1 Stand der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung

Das Kabupaten Gunung Kidul ist in ganz Indonesien für Wassermangel bekannt. Bereits Anfang der 80er Jahre hat die indonesische Regierung begonnen, die unterirdischen Wasserreservoirs zu erschließen. Es wurden mit großem Aufwand Diesel betriebene Pumpenanlagen errichtet, Speicherreservoirs gebaut und Wasserleitungen verlegt. Aufgrund von Fehlplanungen, Defekten und mangelnder Pumpenergie ist durch viele dieser Leitungen allerdings bis heute kein Wasser geflossen, weshalb die meisten Menschen auf Alternativen, wie Brunnen, Zisternen, Telaga und Tanklastwagen angewiesen sind. Diese alternativen Versorgungsquellen reichen aber bei Weitem nicht aus, um den Bedarf zu decken.

Die derzeitigen Probleme betreffen nicht nur die Wasserquantität, sondern auch die Wasserqualität. Obwohl bisher nur Stichproben aus den zur Verfügung stehenden Wasserquellen genommen werden konnten, ergeben sie doch ein sich mit den indonesischen Angaben deckendes Bild. Keines der untersuchten Wässer entspricht einer einwandfreien Trinkwasserqualität.

Die Sanitärfrage scheint vor dem Hintergrund der Mangelsituation auf der Wasserversorgungsseite bei der Bevölkerung und der öffentlichen Verwaltung gegenwärtig geringere Priorität zu haben. Ausgereifte dezentrale oder gar zentrale Abwasserreinigung gibt es im Gebiet nicht.

II.2.1.1 Wasserbezugsquellen

Die Bevölkerung von Gunung Kidul ist abhängig von Jahreszeit und regionaler Situation auf unterschiedlichen Arten der Wasserbeschaffung / -versorgung angewiesen. Die verfügbare Wassermenge ist dabei in nahezu allen Fällen unzureichend. Im folgenden sind diese unterschiedlichen Wasserbezugsquellen dargestellt. Auf die regional unterschiedliche quantitative Situation der Wasserversorgung in der Modellregion wird in Kap. II.2.1.3 eingegangen.

Das Wasser der **Telagas** [vgl. Kap. II.2.1] wird neben der Nutzung als Trink- und Kochwasser heute vor allem zum Baden, Waschen der Kleidung sowie zum Tränken und Waschen der Rinder verwendet.

- Vorteil: - kostenfreie Wasserbereitstellung
- Nachteile: - schlechte Wasserqualität / Gesundheitsgefährdung [vgl. Kap. II.2.1.4]
 - geringe Verfügbarkeit in der Trockenzeit
 - hoher Aufwand für Wasserbeschaffung [siehe Abb. 10] (mehrere Std/Tag)

In den 80er Jahren wurden zahlreiche von UNICEF finanzierte **Regenwasserspeicher** gebaut. Die geschlossenen Behälter, die durch eine Regenrinne mit dem Hausdach verbunden sind, haben meist ein Fassungsvermögen von 9 m³.

- Vorteil: - (scheinbar) kostenlose Wasserbereitstellung
- Nachteile: - hohe Baukosten für Neubauten (3 – 3,5 Mio Rupiah, entspricht etwa dem Jahreseinkommen einer Familie)
 - oft schlechte Wasserqualität, v.a. bei langer Lagerung [vgl. Kap. II.2.1.4]
 - Speichervolumen nicht ausreichend für ganzjährige Wasserversorgung insbesondere bei häufig auftretenden Leckagen

Im Gegenteil zu der Bevölkerung der Gunung Sewu können die Menschen des Wonosari Plateaus auch **Brunnen** nutzen. Sie ziehen das Wasser aus einer Tiefe von 25-30 m.

- Vorteil: - kostenlose Wasserbereitstellung
- Nachteile: - häufiges Austrocknen der Brunnen bei Absinken des Grundwasserspiegeln in der Trockenzeit
 - oft schlechte Wasserqualität aufgrund von Verunreinigung durch versickertes Abwasser [vgl. Kap. II.2.1.4]



Abb. 10: „Eigenständige“ Versorgung durch Telagawasser (links), Regenwasserspeicherung (Mitte) und Hausbrunnen, die nur in der Ebene des Wonosari Plateaus zu finden sind (rechts)

In der Gunung Sewu wird Wasser mithilfe von Pumpen aus **Karsthöhlen** gefördert und über Leitungssysteme und Zwischenspeicher ebenfalls mit Pumpenergie weiterverteilt. Die Übergabe an die Verbraucher erfolgt dabei an Hausanschlüssen (SR) oder öffentlichen Anschlüssen (HU) für jeweils ca. 20 Haushalte. Die Energie für die Pumpen stammte bisher hauptsächlich aus Dieselgeneratoren, die inzwischen z.T. durch Stromversorgung aus dem öffentlichen Netz ersetzt werden.

- Vorteile: - ausreichende Wasserressourcen auch in der Trockenzeit
 - Wasserverteilung bis zum Verbraucher möglich

- Nachteile:
- hoher Energiebedarf für die Pumpen und damit hohe Kosten
 - Gefährdung der Wasserressourcen im Karst durch auslaufendes Öl/Diesel der Generatoren
 - unzureichende Wasserverteilung durch defekte Pumpen und Mängel im Leitungsnetz

Auf dem Wonosari Plateau wird das Wasser vorhandener **Karstquellen** gefasst sowie aus **Tiefbrunnen** gefördert und ebenfalls über ein Leitungssystem mit Zwischenbehältern verteilt. Der Energiebedarf ist aufgrund der geringeren Förderhöhen im System geringer als bei den Verteilungssystemen der Gunung Sewu.

- Vorteile:
- ausreichende Wasserressourcen auch in der Trockenzeit
 - Wasserverteilung bis zum Verbraucher möglich
- Nachteile:
- Gefährdung der Wasserressourcen durch Versickerung von Abwässern aus Haushalten und Industrie
 - unzureichende Wasserverteilung durch defekte Pumpen und Mängel im Leitungsnetz

Wenn keine andere Versorgungsquelle zur Verfügung steht, liefern **Tanklastwagen** Wasser auf Bestellung zu den Haushalten. Das Wasser ist von guter Qualität, aber sehr teuer. Der Wasserpreis hängt von der Entfernung und von der Verkehrsinfrastruktur ab. Aufgrund des hohen Wasserpreises schränken die Menschen ihren Konsum auf das Nötigste ein.

- Vorteile:
- Wasserversorgung auch in der Trockenzeit
 - Wasserlieferung bis zum Verbraucher
- Nachteile:
- sehr hoher Wasserpreis
 - nur geringe Wassermengen für die Bevölkerung bezahlbar



Abb. 11: „Öffentliche“ Wasserversorgung durch Wasser aus Karsthöhlen (links), Karstquellen / Tiefbrunnen (Mitte) und mittels Tankwagen als teuerste Variante (rechts)

II.2.1.2 Zustand der Wasserverteilungssysteme

Das Rohrleitungssystem, welches in der Gunung Sewu seit den 80er-Jahren ausgebaut wurde, befindet sich in einem äußerst schlechten Zustand. Die Fundamente der Wasserleitungen weisen zahlreiche durchgängige Risse sowie Stahlkorrosion auf und sind häufig stark zerstört. Wesentliche Ursachen hierfür stellen eine falsche bauliche Durchbildung mit fehlender elastischer Lagerung der Rohre dar, ungünstige Bewehrungsführung sowie eine falsche Planung und Auslegung des Gesamtleitungsnetzes. Durch daraus resultierende Zwangsspannungen sind die Rohrleitungen stark belastet und gefährdet. Neben bereits häufiger auftretenden Undichtigkeiten können die erwähnten Mängel insbesondere bei höheren geförderten Wassermengen zu einem vollständigen Versagen der Leitungen führen.

Zur mangelhaften Ausführungsqualität kommt hinzu, dass große Bereiche des Verteilungsnetzes völlig fehldimensioniert sind, was auf eine schlechte geodätische Vermessungsarbeit, fehlendes Fachwissen in der rohrhydraulischen Dimensionierung von Verteilungssystemen und auf die diskontinuierliche Erweiterung des Systems zurückzuführen ist.

Die im Projektgebiet gegenwärtig genutzten Hochbehälter/Reservoire weisen sowohl aus hygienischer (halboffene Bauweise, teilweise kunststoffmodifizierte Beschichtungen) als auch aus baulich-konstruktiver Sicht erhebliche Mängel auf. Häufig zu beobachten sind Leckagen im Bereich tief liegender Arbeitsfugen der Behälterwände, Bewehrungsstahlkorrosion insbesondere am oberen Rand der Behälter sowie im Deckelbereich, minderwertige Betonqualität, schlechte Abdichtungen sowie ein unzureichender Überlaufschutz.



Abb. 12: Mängel an Leitungen und Bauwerken des Verteilungnetzes [Quelle: IfMB]

II.2.1.3 Wassermengen

Art und Qualität der Wasserversorgung sind in der Modellregion regional unterschiedlich. Es lassen sich drei Gebiete – Gunung Sewu, Wonosari Plateau (ländlicher Bereich) und Wonosari Stadt (urbaner Bereich) – unterscheiden, die sich annähernd mit den vorhandenen Wasserversorgungssystemen decken. Die Gebiete sind in Abb. 13 dargestellt und deren Versorgungssysteme (u.a. Bribin- und Seropan-System) skizziert.

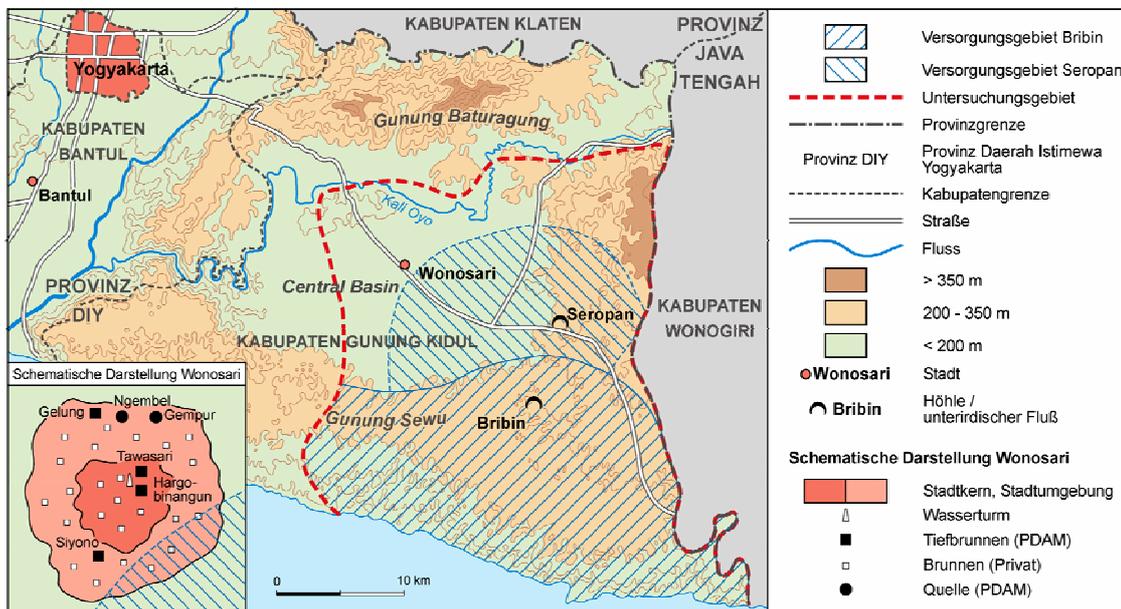


Abb. 13: Modellregion Gunung Kidul mit bestehenden Wasserversorgungssystemen [Quelle: IfG/IWG]

Gunung Sewu

Ab etwa Mitte der 90er Jahre investierte die indonesische Regierung in Wasserleitungsnetze. In dieser Zeit wuchs das Bribin-Leitungsnetz auf seine heutige Größe an. Pumpen, die über Dieselgeneratoren betrieben wurden, beförderten das Wasser in das etwa 340 km lange Leitungsnetz. Um das hügelige Relief zu überbrücken, sind mehrere Verteilungspumpen innerhalb des Leitungsnetzes erforderlich. Bei einer Fördermenge von 60 l/s an 8 Stunden pro Tag (Jahresdurchschnitt) entstehen jährliche Betriebs- und Wartungskosten von ca. 100.000 €.

Bis heute profitieren nicht alle in gleichem Maße vom Bribin-Leitungsnetz. Vielmehr gibt es erhebliche regionale Unterschiede. Der Hauptgrund hierfür ist die zu geringe Wassermenge, die von der Pumpenanlage aus der Bribin-Höhle in das Netzwerk eingespeist wird. Folgende Gründe führen zu einer ungenügenden Wassergewinnung bzw. Wasserverteilung:

- Die Pumpen arbeiten technisch bedingt bzw. aus Kostengründen lediglich sechs bis zehn Stunden am Tag. Sie sind sehr störanfällig und fallen wegen Defekts teilweise über Wochen aus.
- Die Verteilung funktioniert aufgrund von Fehlkonstruktionen und Mängeln im Verteilungssystem nur ungenügend.

Durch die unzureichende Fördermenge und die fehlerhafte Verteilung kann nicht das gesamte Leitungsnetz in seiner vollen Ausdehnung bedient werden. Viele Gemeinden werden nur teilweise oder überhaupt nicht mit Leitungswasser versorgt, obwohl sie an das Bribin-System angeschlossen sind. Daraus ergibt sich eine räumliche Differenzierung in drei Wassernutzungsgebiete (WNG):

WNG 1: Das Gebiet ist gekennzeichnet durch eine regelmäßige Versorgung mit Leitungswasser. Regelmäßig bedeutet, dass die angeschlossenen Haushalte mehrmals pro Woche Leitungswasser nutzen können.

WNG 2: Hier ist die Versorgung mit Leitungswasser unregelmäßig, d.h. die Haushalte erhalten nur etwa einmal pro Woche, manche auch seltener, Wasser aus Bribin.

WNG 3: Obwohl manche Haushalte an das Bribin-Netzwerk angeschlossen sind, erhalten sie kein Wasser aus der Leitung.

In den drei WNG sind die insgesamt 80.000 Menschen in unterschiedlichem Maß auf die Versorgung aus Telagas, Regenwasserspeichern und Tankwagen angewiesen. In Abb. 14 sind die WNG sowie die anteilige Nutzung der verschiedenen Versorgungsquellen exemplarisch für WNG 3 dargestellt [siehe auch Anlagen 12 und 14].

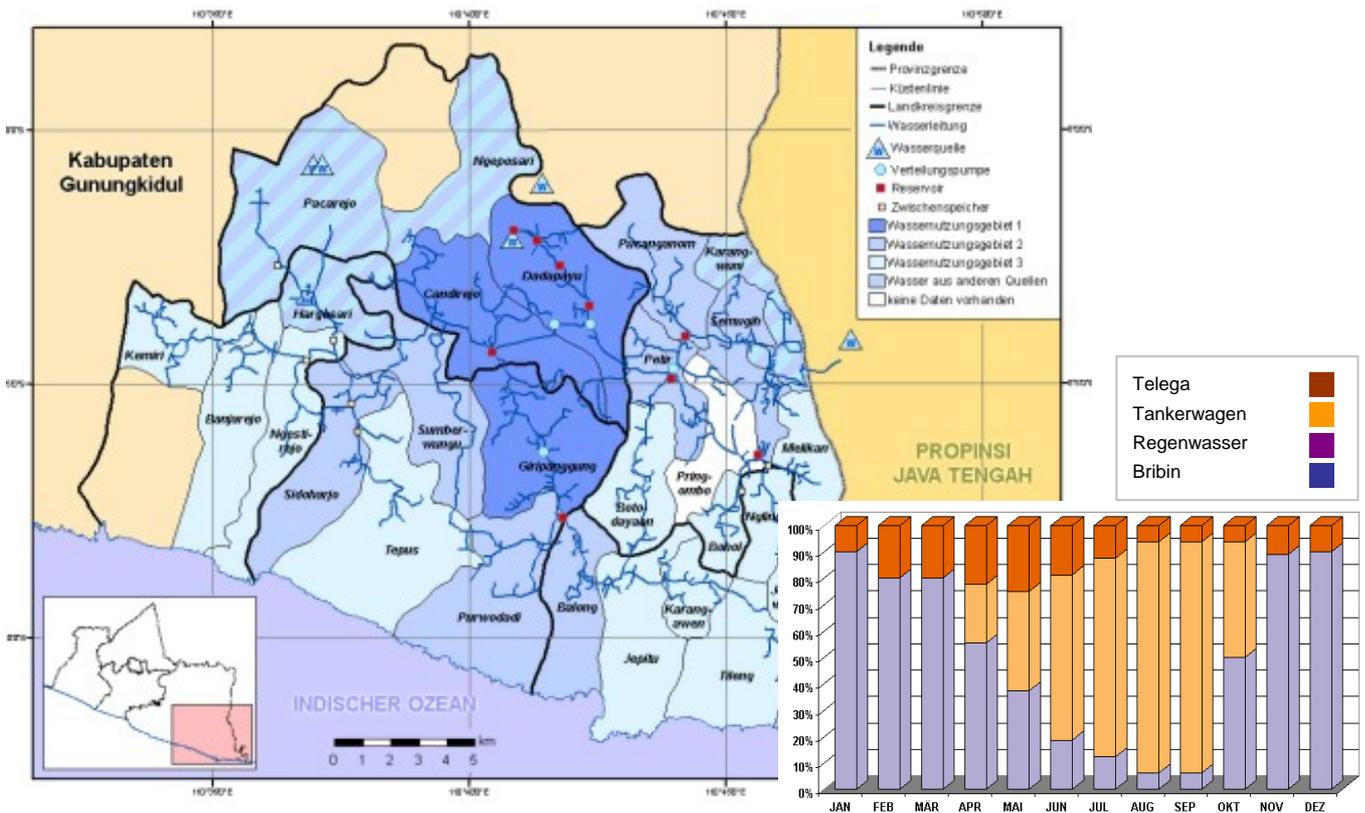


Abb. 14: Wassernutzungsgebiete (WNG) im Versorgungsgebiet des Bribin-Leitungsnetzes und anteilige Nutzung der Versorgungsquellen exemplarisch für WNG 3 (kleines Bild rechts) [Quelle: IFG]

Wonosari Plateau (ländlicher Bereich)

Die Bevölkerung des Wonosari Plateaus nutzt drei Formen der Wasserversorgung: Regenwasserspeicher, Brunnen und Leitungswasser. Vor allem in der Trockenzeit besteht vielfach akuter Wassermangel, da sowohl die Regenwasserspeicher als auch die Brunnen nur während bzw. unmittelbar nach der Regenzeit nutzbar sind [vgl. Kap. II.2.1.1].



Abb. 15: Wehranlage und Förderpumpen in der Höhle Seropan

Als Alternative haben Teile der Bevölkerung die Möglichkeit Leitungswasser aus dem Seropan-System zu nutzen. Derzeit werden mit Hilfe von Pumpen 25 l/sec Wasser aus dem unterirdischen Fluss der Höhle Seropan gewonnen. Weil PDAM derzeit aus ökonomischen Gründen nur einen Teil der vorhandenen Pumpen betreibt, erhalten nicht alle Nutzer regelmäßig Wasser. Die Energiekosten für eine größere Fördermenge sind zu hoch.

Insgesamt ist die Wasserversorgung im Wonosari Plateau besser als in der Gunung Sewu, aber laut Aussagen der Bevölkerung sowie von PDAM dennoch unzureichend. Für die ca. 100.000 Menschen im Verteilungsgebiet Seropan können pro Kopf und Tag zeitweise weniger als 10 lpcd zur Verfügung gestellt werden. Der von der WHO angegebene Wert von 50 lpcd wird demnach auch auf dem Wonosari Plateau bei Weitem nicht erreicht.

Wonosari Stadt (urbaner Bereich)

Die Bevölkerung von Wonosari Stadt nutzt zwei Formen der Trinkwasserversorgung. Eigene Brunnen sowie Leitungswasser, das aus verschiedenen Quellen gewonnen wird. Wie in Tab. 1 dargestellt, verfügen alle Quellen über ein bisher noch ungenutztes Potential. Die Fördermenge ist auch hier durch die Energiekosten beschränkt.

Nr.	Name der Quelle	Art der Quelle	Baujahr	Potential der Quelle [l/sec]	Förderung [l/sec]	Laufzeit [h/Tag] Jahresschnitt	Ort der Verteilung
1	Gempur	Quelle	2002	28	20	20	Reservoir Gelung
2	Ngembel	„	1987	70	4,5	12	„
3	Gelung	Flachbrunnen	1981	20	7,5	22	„
4	Hargobinangun	Tiefbrunnen	1981	60	35	24	Wasserturm
5	Tawasari	„	1982	25	17,5	23	„
6	Siyono	Brunnen	2004	?	22	22	direkt z. Verbr.
7	Seropan	Höhle	?	1500	25	17	„
	gesamt			1703	131,5	20,0	

Tab. 1: Quellen der Wasserversorgung von Wonosari Stadt

Etwa 70% der Haushalte erhalten Leitungswasser. Die 1979 gebauten Wasserleitungen sind in einem schlechten Zustand, sie sind größtenteils aus Asbest und brechen häufig. Welche Wassermenge derzeit jeder einzelne Nutzer erhält, ist schwer zu bestimmen. Bisher ist nicht bekannt, wie viel Leitungswasser durch öffentliche Einrichtungen und Industrie genutzt wird. Aus den bisher geführten Interviews wird deutlich, dass bei einigen der angeschlossenen Haushalte noch nie Wasser aus der Leitung floss.

Zusätzlich nutzen etwa 2/3 der Haushalte Brunnen, um ihren täglichen Wasserbedarf zu decken. Im Gegensatz zu den öffentlichen Tiefbrunnen, bei denen das Wasser aus einer Tiefe von rund 100m gewonnen wird, sind die Brunnen zwischen 20 und 30 m tief. Die Förderung aus so geringer Tiefe ist aufgrund der geringen Filterwirkung des Karstuntergrundes vor dem Hintergrund der unzureichenden Abwasserentsorgung [vgl. Kap.. II.2.1.5] als äußerst bedenklich einzustufen. Die Nutzung des Brunnenwassers führt laut Aussage der Bevölkerung oftmals zu gesundheitlichen Problemen.

II.2.1.4 Wasserqualität

Im Rahmen der IWRM-Machbarkeitsstudie wurden vom ITC-WGT stichprobenartig an verschiedenen Standorten des Untersuchungsgebietes Wasserproben entnommen und analysiert sowie die von den Behörden zur Verfügung gestellten Daten zur Wasserqualität ausgewertet.

Es zeigte sich, dass die **mikrobiologische Qualität des Wassers** sehr stark zwischen den verschiedenen Quellen differiert. So ist Quell- und Höhlenwasser von etwas besserer Qualität hinsichtlich Krankheitserregern als Regenspeicher- und Telagawasser. Die Qualität des verfügbaren Wassers für den menschlichen Gebrauch ist umgekehrt proportional zur derzeit verfügbaren Quantität. So beträgt der Anteil von Brunnen- und Regenwasser an der Nutzung als Trinkwasser über 80%, die mikrobiologische Qualität jedoch nur zwischen 9 und 15% des einwandfreien Status von 100%. Ähnlich verhält es sich mit der Qualität des Karsthöhlenwassers, welches während der Regenzeit etwa das Zehntausendfache an Fäkalindikatoren (Coliforme und E. coli) aufweist als während der Trockenzeit.

Obwohl eigene Analysendaten nur Stichprobencharakter haben [siehe Tabelle Anlage 19], ergeben sie doch ein sich mit den indonesischen Angaben deckendes Bild. **Keines der untersuchten Wässer entspricht einer einwandfreien Trinkwasserqualität.** Als Krankheitserreger wurde in Regenspeicher- und Leitungswasser (!) *Yersinia enterocolitica* nachgewiesen. Fäkale und opportunistische Keime wie *E. coli*, Enterococci und *Pseudomonas aeruginosa*, die unter bestimmten Umständen auch Krankheiten verursachen können, waren in allen Wässern nachweisbar. Traditionell genutzte Wasserquellen wie Regenspeicher und Brunnen weisen ebenso fäkale und z.T. auch pathogene Bakterien auf. Die mikrobiologische Qualität des Telaga-Wassers konnte wegen des hohen Trübstoffanteils nicht bestimmt werden.

Neben den mangelhaften Qualitäten der Wasserquellen liegt ein Hauptproblem der Hygiene in der Wasserverteilung. Dies zeigt die Verschlechterung der Wasserqualität hinsichtlich der Krankheitserreger auf dem Weg von Bribin über den Speicher R 5 bis zur Zapfstelle. Das Brunnenwasser in Wonosari zeigt hinsichtlich der Verkeimung eine geringfügig bessere Qualität als das Wasser aus der Leitung (Zapfstelle Wonosari). Einige Brunnen sind allerdings auch in unmittelbarer Nähe von Abtritten niedergebracht (z.B. Wonosari). Andere Brunnen wie im Krankenhaus Wonosari haben offenbar eine solch geringe oder unterschiedliche Schüttung, dass ebenfalls Zweifel an ihrer hygienischen Qualität angebracht sind.

Ein systematisches Monitoring der Wasserqualität in den Verteilungssystemen scheint es nicht zu geben. Zwar werden die mikrobiologischen Grundparameter von Dinas Kesehatan nach eigener Aussage untersucht, aber nur in großen zeitlichen Abständen (etwa einmal pro Jahr).

Die **anorganische Zusammensetzung** von Höhlenwasser, Brunnenwasser und Telagas zu Regen- und Trockenzeiten wurde vom IMG (Uni KA) analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass die Ca^{2+} - und HCO_3^- -dominanten Höhlenwässer aus Bribin nahezu gesättigt an Calcit sind (Sättigungsindex = $-0,1$ bis $+0,1$). Die pH-Werte schwanken um 7,0, die Sauerstoffsättigung liegt bei ca. 80% und die Tempe-

ratur ist nahezu konstant bei 27°C. Die Gehalte von Nitrat und Phosphat schwanken zwischen 2 bis 15 mg NO₃⁻/l bzw. 0,15 bis 0,50 mg PO₄³⁻/l; Ammonium weist Konzentrationen unterhalb von 0,3 mg/l auf. Damit entspricht das Höhlenwasser der Trinkwasserverordnung.

Wesentlich schlechtere Wasserqualitäten weisen die untersuchten Wasserspeicher in den umliegenden Dörfern von Bribin auf. Besonders das Telaga im Dorf Bohol ist stark eutrophiert mit Algenmassenentwicklungen. Regenwasserbehälter und Zisternen zeichnen sich oft durch niedrige Sauerstoff und erhöhte Nährstoffgehalte (bis 12 mg PO₄³⁻/l; bis 30 mg NO₃⁻/l) aus. Die Ergebnisse der Wasseranalysen von Gua Bribin werden gestützt durch die Messungen der anorganischen Zusammensetzung an Hand einer Einzelprobe durch das ITC-WGT. Diese Messung ergab, dass die Härte bei etwa 100 mg/L Calcium liegt, was nur etwa 14 °dH entspricht. Die Konzentrationen an Magnesium, Kalium und Natrium, sowie Sulfat, Nitrat und Chlorid lagen jeweils unter 5 mg/L [siehe Tabelle Anlage19]. Auch der Gehalt an gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) liegt im unteren Konzentrationsbereich. Das Wasser enthielt erkennbar Trübstoffe, deren Menge jedoch nicht aufgeklärt werden konnte.

Das Wasser aus der Bribinhöhle wird jedoch von den Einwohnern wegen seiner Härte nicht besonders geschätzt. Seitens der Indonesier wird behauptet, dass die Härte des Wassers zu Nierensteinen bei der Bevölkerung führt, was nach Erkenntnissen in Deutschland nicht zutrifft. Dies gilt insbesondere auch unter dem Aspekt, dass nur ein geringer Teil der täglich aufgenommenen Mineralstoffe über das Trinkwasser in den menschlichen Körper gelangen. Wenn die genannten Probleme tatsächlich bestehen, dürften sie ihre Ursache in der Art der Ernährung haben.

II.2.1.5 Abwasserentsorgung

Entsprechend der Siedlungsstruktur, der Einkommenssituation und der Wasserverfügbarkeit finden sich im Untersuchungsgebiet verschiedene einfache Ansätze der Schmutzwasserentsorgung, in der Regel ohne Behandlung. Ausgehend von einfachen ungedichteten Gruben sind vor allem Septic Tanks verbreitet.

In Wonosari verfügen beispielsweise 16.164 Haushalte über 15.566 private Toiletten - in der Regel mit einem Septic Tank. In Letzterem werden Feststoffe gesammelt und die flüssige Phase versickert resp. als Grubenüberlauf abgeleitet. Eine geregelte Entleerung der Septic Tanks findet nach den vorliegenden Erkenntnissen nicht statt. Die Mehrzahl der Toiletten ist mit einem Eimer Wasser oder einem betonierten Wasserbecken zur Körperreinigung nach dem Toilettenbesuch und zur Spülung (Porzellanabtritte haben einen Siphon als Geruchsverschluss) ausgestattet. Hotelanlagen sowie größere Verwaltungs- und Regierungsgebäude haben konventionelle Wasserklosetts.



Abb. 16: Kläranlage im Krankenhaus der Stadt Wonosari [Quelle: IWG-SWW]

Eine zentrale Abwasserreinigung gibt es im Gebiet nicht. Nur das Krankenhaus der Stadt Wonosari verfügt über ein mehr oder weniger geordnetes Ableitungssystem für Schmutzwasser und eine nachgeschaltete biologische Kläranlage.

Im ländlichen Gebiet der Gunung Sewu werden – wenn überhaupt – Toiletten genutzt, die bestenfalls Septic Tanks unter den Abtritten beinhalten. Auch einfache Erdlöcher waren in Toiletten-Hütten vorhanden. Die Septic Tanks werden nicht entleert, sondern nach Füllung sich selbst überlassen und ei-

ne alternative Toilette an anderem Ort errichtet. Weder diese Entsorgung noch der Gebrauch einfacher Erdlöcher sind in einem Karstgebiet hygienisch tragbar. Entsorgungsleitungen und Kläranlagen sind flächendeckend nicht vorhanden. Dementsprechend dürfte die hygienische Qualität der Vorfluter bzw. der Oberflächenabschwemmungen während der Regenzeit sein.



Abb. 17: Verschiedene sanitäre Anlagen in der Gunung Sewu

Eine Regenwasserableitung findet nur im städtischen Bereich über offene Gerinne in das nächstgelegene Gewässer statt. In diese Rinnen werden auch organische Abwässer eingeleitet, wie Massenentwicklungen von *Sphaerothilus natans* belegen.

II.2.1.6 Bewässerungsanlagen

In der näheren Umgebung der Stadt Wonosari gibt es einige Quellen, die speziell zur Feldbewässerung genutzt werden. Die Anlagen wurden vom DPW gebaut und werden von der Bevölkerung selbst unterhalten. Größere Reparaturen werden allerdings nach wie vor vom DPW übernommen, d.h. die Systeme werden staatlich subventioniert.

Die Bewohner bezahlen die Nutzung dieser Bewässerungsanlagen pro Stunde, d.h. lassen sie 30 min lang Wasser auf ihr Feld laufen bezahlen sie auch nur diese Zeit. Das Geld wird an einen Verwalter bezahlt, der selbst Mitglied der Nutzergruppe ist. Er erhält dadurch einen kleinen Zuverdienst, ist aber auch dafür verantwortlich, dass die Anlage läuft. In der Trockenzeit kann ein längerer Ausfall die komplette Ernte und damit die Einnahmen vernichten.

Auch aus dem unterirdischen Fluss Seropan wird Wasser gewonnen, das zur Feldbewässerung genutzt wird. Dieses System wird von DPW subventioniert und in enger Kooperation mit den Nutzern gemanagt. Von den geplanten 1.000 ha Bewässerungsfläche werden derzeit jedoch nur ca. 10 ha bewässert. Der Wasserpreis beträgt Rp. 500 / m³ und ist somit deutlich günstiger als Trinkwasser, das pro m³ Rp. 1.250 zzgl. Verwaltungskosten von Rp. 2.500 kostet.

II.2.2 Geltende und geplante Strategien

Der Gouverneur der Yogyakarta Special Province (DIY), Sri Sultan Hamengku Bowono X, hat bis zum Jahre 2010 ein Programm zur Gesundheitsverbesserung in seiner Provinz ausgerufen. Die Wasser- und -entsorgung für Gunung Kidul zu sichern ist ein wichtiger Baustein zur Erreichung des aufgestellten Ziels. Neben dem bereits erwähnten Verbundprojekt „Erschließung und Bewirtschaftung unterirdischer Karstfließgewässer“ [vgl. Kap. I.3.1] sind derzeit noch zwei weitere Wasser-Projekte in Gunung Kidul bekannt.

Als erstes ist die von einer japanischen Agency (JICA) geplante Zusammenlegung der Trinkwasser-Systeme Baron und Ngobaran zu nennen. Beide Systeme zusammen versorgen den Westteil Gunung Sewus mit Trinkwasser. In einigen Dörfern gibt es Überschneidungsbereiche zwischen diesen beiden Systemen und dem Bribin-Leitungsnetz. JICA hat bereits eine Machbarkeitsstudie durchgeführt, deren Ergebnisse bisher aber nicht öffentlich zugänglich sind. Eine Abstimmung mit den japanischen Kollegen ist geplant.

Das zweite Projekt wird von indonesischer Seite geplant. Die Trinkwasserversorgung der Stadt Wonosari soll durch Wasser aus der Höhle Seropan verbessert werden. Die derzeitige Situation des mit Dieselgenerator betriebenen Pumpsystems ist von langen Ausfallzeiten der Wasserversorgung geprägt. Das DPW hat bereits eine Machbarkeitsstudie über einen Ausbau des Seropan-Systems angefertigt. Vor dem Hintergrund der negativen ökologischen Auswirkungen und den wirtschaftlichen Aussichten, ist die bisherige Konzeption als problematisch anzusehen. Die Umsetzung des technologischen Konzepts eines Volleinstaus durch ein Absperrbauwerk zur regenerativen Energiegewinnung analog Bribin ist nicht zielführend, da Felduntersuchungen des IWG und des *ASC Speleological Club* eine deutlich sichtbare Instabilität des Karstkörpers ergeben haben. Es liegen jedoch bei *Gua Seropan* optimale Bedingungen vor, die in der Höhle vorhandenen Wasserressourcen zu nutzen und mit Hilfe einer Druckrohrleitung aus Holz Energie zur Wasserförderung zu erzeugen (siehe unten).

III Einführung eines IWRM in der Modellregion

III.1 Bedarfsituation bzgl. einer IWRM-Umsetzung

III.1.1 Erkundung und Erschließung von Wasserressourcen

Nach wie vor liegt der größte Bedarf bezüglich Wasser in Gunung Kidul darin, den Menschen den Zugang zu Trinkwasser zu erleichtern. Vor allem die unterirdischen Wasserressourcen in den Höhlensystemen der Gunung Sewu aber auch das Karstgrundwasser des Wonosari-Plateaus müssen dafür effektiv und mit nachhaltiger Technik erschlossen werden. Für die ländlichen Gebiete der Gunung Sewu bedeutet das in erster Linie eine Erschließung weiterer unterirdischer Wasserressourcen sowie den Ausbau bestehender Systeme.

Die Höhle *Gua Seropan* ist dafür nur ein Beispiel: Momentan wird mit Hilfe einer Wehranlage ein künstlicher Rückstaubereich als Pumpensumpf erzeugt. Das Förderwasser wird über vertikal durch das Gebirge geführte Rohrleitungen in ca. 60 m höher liegende Wasserbehälter gepumpt und von dort auf umliegende Siedlungen verteilt. Das Pumpsystem hat eine Förderleistung von ca. $Q_F = 25$ l/s und wird über Dieselaggregate betrieben. Die derzeitige Situation ist jedoch von langen Ausfallzeiten der Pumpen und damit der Wasserversorgung geprägt. Laut DPW und PDAM ist eine Erhöhung der Fördermenge geplant. Hinsichtlich Hydrologie, Geologie und Topografie liegen bei der *Gua Seropan* optimale Bedingungen vor, die in der Höhle vorhandenen Wasserressourcen zu nutzen und mit Hilfe einer Druckrohrleitung aus Holz und einer Kleinwasserkraftanlage Energie zur Wasserförderung zu erzeugen.

Für die Erschließung weiterer Wasserressourcen müssen zunächst die hydrologischen, hydraulischen und hydrogeologischen Verhältnisse im Modellgebiet detaillierter untersucht werden. Dazu zählen die Abgrenzung der Einzugsgebiete potenzieller Wasserentnahmestellen sowie die Interaktion zwischen dem Grundwasser-Aquifer des Wonosari Plateaus und dem Karstaquifer der Gunung Sewu. Neben der Exploration der unterirdischen Karstfließgewässer ist die geowissenschaftliche Bewertung der Karsthöhlen hinsichtlich ihrer Eignung als Wasserspeicher von besonderer Bedeutung.

Für die Nutzung unterirdischer Wasservorkommen im Karst sind geeignete Sperrwerke oder Abdichtungstechniken für vorhandene Karstkavitäten unerlässlich. Zentrale Frage in Karstgebieten ist hierbei immer die Dichtheit einer solchen Konstruktion, die sich maßgeblich auf die mögliche aufzustauende bzw. nutzbare Wassermenge auswirkt. Hierbei wird für jedes einzelne unterirdische Fließgewässer bzw. Wasserreservoir ein Bauwerk exakt auf die geologischen und auch geodätischen Gegebenheiten abgestimmt werden müssen, wobei der Abdichtung des Karstgesteins mit angepassten Injektionstechniken (Dichtungsschirme, Verschließen kleinerer Kavitäten etc.) besondere Bedeutung zukommt.

III.1.2 Wasserverteilung

Wie in Kap. II.2.1.3 beschrieben sind große Teile der bestehenden Verteilungssysteme im ländlichen Bereich der Gunung Sewu fehldimensioniert, undicht oder zerstört, manche auch demontiert. Gleiches gilt für Zähler oder Hähne an Haus- (SR) bzw. öffentlichen Anschlüssen (HU). Aber nicht nur das Leitungssystem ist marode, sondern auch die Verteilungspumpen. Diese mit Diesel oder Strom betriebenen Pumpen sind häufig defekt und fallen über Wochen aus. Laut PDAM sind die Pumpen im Unterhalt so teuer, dass häufig das Geld fehlt, sie zu reparieren. Die Pumpen verursachen einen Großteil der Gesamtbetriebskosten. Kosten, die PDAM durch die neuen Techniken des IWRM einsparen und zur Reparatur bzw. zum Ausbau des bestehenden Leitungsnetzes verwenden könnte.

Auch für die Stadt Wonosari besteht ein erheblicher Bedarf an einer Sanierung und Erweiterung des bestehenden Leitungsnetzes. Um die Gesundheitssituation der Bevölkerung zu verbessern, müssen die bisher nicht angeschlossenen Haushalte möglichst rasch ans Leitungssystem angeschlossen werden. Um den erhöhten Bedarf durch die zusätzlichen Abnehmer zu decken, müssen weitere Bezugsquellen erschlossen werden. Hierzu bietet sich eine Anbindung an das Seropansystem an.

Um eine bedarfsgerechte Sanierung und Erweiterung der vorhandenen Verteilungssysteme umsetzen zu können, muss zunächst eine optimierte Auslegung der Leitungsnetze erfolgen. Optimierte bedeutet in diesem Fall, dass sowohl die zu erwartenden Durchflussmengen und Druckverhältnisse im System als auch der aktuelle Zustand des Leitungsnetzes (Rohrleitungsstränge und -durchmesser, Zwischenspeicher und -pumpen) simuliert werden und darauf aufbauend die wirtschaftlichste Konzeption bezüglich Bau und Betrieb ermittelt wird. Hierzu bietet sich die Entwicklung eines angepassten Optimierungswerkzeuges an.

III.1.3 Wasseraufbereitung / Sicherung der Wasserqualität

Die Probleme in Gunung Kidul betreffen nicht nur die Wasserquantität, sondern auch die Wasserqualität. Obwohl bisher nur Stichproben aus den zur Verfügung stehenden Wasserquellen genommen werden konnten, ergeben sie doch ein sich mit den indonesischen Angaben deckendes Bild. Keines der untersuchten Wässer entspricht einer einwandfreien Trinkwasserqualität.

Die zur Verfügung stehenden Wässer können bisher nicht ohne Aufbereitung als Trinkwasser genutzt werden können. Das Wasser wird deshalb vor dem Verzehr abgekocht. Allerdings ist dieses Verfahren problematisch, wenn eine größere Menge von Wasser benötigt wird, wie beispielsweise im Krankenhaus oder in Schulen. Die Folge ist eine Unterversorgung mit Wasser. Hieraus ergibt sich großer Bedarf, alternative Lösungen zur Wasseraufbereitung zu erarbeiten und einzuführen. Denkbar wäre eine zentrale Wasseraufbereitung am Ort der Förderung. Dies setzt allerdings einen hygienisch einwandfreien Transport bis zum Endverbraucher voraus. Ebenso ist auch eine dezentrale Wasseraufbereitung denkbar, die möglichst nahe am Verbraucher stattfindet.

Die Gesundheitsbehörde (DinKes) untersucht die mikrobiologischen Grundparameter der Wässer. Jedoch geschieht diese Untersuchung nach eigener Aussage nur in großen und offenbar nicht regulierten zeitlichen Abständen (etwa einmal pro Jahr). Um wasserinduzierte Krankheiten zu vermeiden und nachhaltige Konzepte zur Sicherung der Wasserqualität erarbeiten zu können, ist ein systematisches Monitoring der Wasserqualität dringend erforderlich.

Karstwässer haben die Eigenschaft, dass sich ihre Zusammensetzung auf Grund von Ereignissen an der Oberfläche (Regen, Verschmutzungen, landwirtschaftliche Nutzung, Unfälle) relativ schnell ändert. Eine zuverlässige Aufbereitung setzt daher vor allem Kenntnisse der Schwankungsbreite der Zusammensetzung voraus.

Um eine effiziente Vor-Ort-Desinfektion bei den Verbrauchern zu erleichtern ist eine wirksame Filtration unerlässlich, bei der partikuläre Verunreinigungen eliminiert werden. Eventuell ist auch eine Enthärtung des Wassers sinnvoll, um die Akzeptanz bei der Bevölkerung zu erhöhen [vgl. Kap. II.2.1.4].

III.1.4 Abwasserentsorgung / Schutz des Grundwasserspeichers

Insgesamt erscheint die Sanitärfrage vor dem Hintergrund des Handlungsbedarfes auf der Wasserversorgungsseite bei der Bevölkerung und der öffentlichen Verwaltung gegenwärtig eine geringere Priorität zu haben. Aufgrund der vergleichsweise geringen Siedlungsdichte im ländlichen Raum, der Entkoppelung von Wassergewinnung und Abwasserentsorgung und der wirtschaftlichen Situation der Landbevölkerung ist dies zumindest im Bereich Gunung Sewu nachvollziehbar.

Wie in Kap. II.2.1 beschrieben, ist jedoch von einer Beeinträchtigung der Trinkwasserqualität durch Abwasserversickerung auszugehen. Der verkarstete Untergrund bietet keinen nennenswerten Rückhalt von Abwasserinhaltsstoffen, so dass die grundsätzlich hochwirksame Abwasser-Boden-Behandlung unter den gegebenen Randbedingungen nicht funktioniert. Dies gilt insbesondere für die Stadt Wonosari, wo im Gegensatz zum Umland eine enge Kopplung von Wassergewinnung und Abwasserentsorgung besteht. Der Wasserbedarf ist hier aufgrund der Bevölkerungsdichte, des Lebensstandards und des gewerblichen Bedarfes hoch und wird zu großen Anteilen aus Brunnen (20 m Tiefe) gedeckt. In unmittelbarer Nähe zu diesen Brunnen werden Fäkal- und Produktionsabwässer versickert.

Der Besuch der Müllkippe von Wonosari verdeutlicht, dass große Mengen an biologisch abbaubarem Abfall anfallen. Im Zusammenhang mit der Entwicklung eines angepassten Behandlungssystems kann eine kombinierte Behandlung flüssiger und fester organischer Abfälle sinnvoll sein. Ein weiteres Problem – insbesondere im Karstgebiet – stellen die vielfach undichten Septic Tanks unter den Abtritten dar, die nur unregelmäßig oder gar nicht geleert werden. Auch hier können Sanierungsmaßnahmen bzw. Neukonzeptionen zu einer deutlichen Verringerung der Schadstoffbelastung des Grundwassers führen. Im urbanen Bereich können von Gewerbe und Handwerk gemeinsam genutzte Kleinkläranlagen die Grundwassersituation weiter verbessern. Aufgrund verschiedenster aggressiver Substanzen im Abwasser sowie erhöhter mechanischer Belastung durch Abrasion müssen an die beaufschlagten Bauteile erhöhte Anforderungen hinsichtlich der Dauerhaftigkeit gestellt werden.

III.1.5 Bautechnik und Baustoffe

Der Mangel an Wasser in der Karstregion Mittel-Java verpflichtet, vorhandene Wasservorkommen optimal auszuschöpfen und dem Wasserverlust durch dichte und dauerhafte Konstruktionen und/oder geeignete Abdichtungsmaßnahmen wirksam zu begegnen. Dies gilt gleichermaßen für neuartige unterirdische als auch konventionelle oberirdische Bauwerke, wie Regenwasserspeicher, Zwischenspeicher im Verteilungsnetz und Rohrleitungsfundamente.

Problematisch ist in der Zielregion zudem, dass die vorhandenen baulichen Anlagen zur Speicherung, Verteilung und Aufbereitung von Wasser, die weit überwiegend aus mineralischen Baustoffen (Mörtel und Beton) bestehen, vielfach gravierende Bauschäden aufweisen. Hiermit ist nicht nur ein großer volkswirtschaftlicher Verlust, sondern auch ein hohes Sicherheitsrisiko für die Gesundheit der Bevölkerung verbunden. Die Ursachen dieser Schäden sind vielfältig und resultieren aus materialtechnologischen, verarbeitungstechnischen sowie konstruktiven Unzulänglichkeiten. Der technologische Bedarf im baulichen Bereich reicht also von einer optimierten Ausschöpfung der Wasserressourcen durch die Minimierung von Wasserverlusten bis hin zur Ertüchtigung und verbesserten konstruktiven Durchbildung wasserbaulicher Anlagen. Zur Nutzung der unterirdischen Wasserressourcen und Energiegewinnung mittels einer Kleinwasserkraftanlage kann der partielle Einstau der Höhle durch ein Stahlbetonbauwerk oder die Zuleitung über eine Druckrohrleitung aus Holz erfolgen.

III.1.6 GIS / Management

Für die nachhaltige Umsetzung eines IWRM-Konzept wird ein Management-Instrument für den Wassersektor benötigt. Hierzu ist die Nutzung eines Geographisches Informationssystems (GIS) zur

Datenbereitstellung unabdingbar. Es ist das ideale Instrument, um die Erfassung, Verarbeitung und Auswertung der heterogenen Daten miteinander zu verbinden. Hierauf aufbauend kann ein Werkzeug zur Simulation und Optimierung der Wasserverteilung bzw. der Stoffströme entwickelt werden.

Verschiedene indonesische Behörden (z.B. Planungsbehörde, Wasserbehörde, Umweltbehörde) in der Zielregion arbeiten bereits mit einem GIS. Allerdings arbeitet jede Behörde für sich. Jede Maßnahme bedient sich daher nur der in der jeweiligen Behörde zur Verfügung stehenden Daten. Die Zusammenführung der Daten fehlt, auch wenn der Bedarf an interdisziplinärer Planung sehr groß ist.

In einem ersten Schritt gilt es, die vorhandenen Daten zu sichten und hinsichtlich ihrer Vollständigkeit und Qualität zu analysieren. Die fehlenden Daten müssen danach vor Ort erfasst werden. Für die großräumige Planung dürfte hierfür eine Genauigkeit, die mit Hilfe von Handheld-GPS Empfängern erreicht werden kann, ausreichend sein. In einem nächsten Schritt muss ein Datenmodell entworfen werden, das in der Lage ist, sämtliche anfallenden und erforderlichen Daten aufzunehmen. Das Datenmodell erhält seine Realisierung in Form einer relationalen Datenbank mit Ihren Tabellen, Spalten und deren Verknüpfungen.

III.1.7 Systemanalyse / Bewertung

Da Wasser wie keine andere natürliche Ressource in allen wirtschaftlichen Sektoren, im öffentlichen Leben sowie im persönlichen Umfeld bis hin zur Religionsausübung von Bedeutung ist, ist zu erwarten, dass ein an den Grundsätzen einer nachhaltigen Entwicklung orientiertes IWRM einen wesentlichen Beitrag zu einer insgesamt nachhaltigen Entwicklung in der Untersuchungsregion leisten kann. Grundlagen hierzu sind u.a. im Brundlandtreport [vgl. WCED 1987] und im integrativen Nachhaltigkeitskonzept der HGF gegeben.

Die wesentliche Aufgabe der Systemanalyse besteht darin, handhabbares Orientierungswissen für politisches und technisches Handeln in einem IWRM zur Verfügung zu stellen. Hierzu sind Arbeiten auf drei Ebenen erforderlich:

- Die Reflektion bestehender Entwicklungsziele für die Region und die Festlegung grundlegender Nachhaltigkeitsleitlinien, die Entwicklung hierfür angemessener Indikatoren und konkreter Zielwerte zusammen mit Entscheidungsträgern bzw. Stakeholdern
- Die Identifikation und Ursachenanalyse wesentlicher Problemlage(n) vor Ort
- Die Analyse der Realisierungsbedingungen bestimmter technischer Systemoptionen sowie bestehender bzw. darüber hinaus erforderlicher gesellschaftliche Steuerungsmechanismen und Governance-Strukturen (staatliche und nicht-staatliche Akteure umfassend).

Innerhalb dieses thematischen Dreiecks aus Ziel-, Problem- und Handlungsorientierung besteht eine weitere wesentliche Aufgabe der Systemanalyse darin, das IWRM bei der inhaltlichen Integration einzelner Teilprojekte hinsichtlich technologischer, wirtschaftssektoraler und geographischer Aspekte zu unterstützen und auf dieser Basis Handlungsoptionen zur Umsetzung des IWRM aufzuzeigen.

Vorgesehene Infrastruktursysteme sollten in jedem Fall aufwärts kompatibel projektiert werden, sowohl was die quantitative Auslegung (z.B. Auslegung semi-zentraler Anlagen, um später auch dezentral anfallende Abfälle beispielsweise aus septic tanks mit verarbeiten zu können), als auch was die technische Qualität betrifft (z.B. Möglichkeit schaffen, später Automatisierungstechnik nachzurüsten).

Im Hinblick auf sein großes Gefährdungspotenzial für die Wasserqualität und wegen der besonders vulnerablen Karst-Wasserressource sollte auch der Einfluss des motorisierten Verkehrs (MOTORRÄDER, LKW, Busse) hinsichtlich Betrieb, Wartung, Reparatur und Entsorgung in der Studie berücksichtigt werden.

III.2 Eignung der Modellregion für die Einführung eines IWRM

Aus den im Rahmen der Machbarkeitsuntersuchung sowie den mehrjährigen Projektaktivitäten in der Yogyakarta Special Province (DIY) gewonnenen Erkenntnissen erscheint die Region Gunung Kidul prädestiniert für die exemplarische Erarbeitung und Umsetzung eines IWRM-Konzeptes. Dies aus folgenden Gründen:

- Gunung Kidul gilt als „Armenhaus“ Javas.
- Aufgrund der naturräumlichen hydrologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten sowie dem Mangel an nachhaltigen Technologien zur Wassergewinnung und -verteilung besteht vor allem im Karsthügelgebiet der Gunung Sewu (ca. 250.000 EW; ländliche Hüttsiedlungen) akuter Bedarf an einer Verbesserung des Zugangs zu Trinkwasser und Sicherung der Wasserqualität.
- Auch im eher urban-geprägten Gebiet des Wonosari Plateaus ergeben sich während der Trockenzeit gravierende Engpässe in der Wasserversorgung. Zudem besteht vor allem im Kernbereich der Stadt Wonosari (ca. 35.000 EW) aufgrund der hohen Einwohnerdichte und der vorhandenen Industrie- bzw. Gewerbeansiedlungen eine starke Gefährdung des vulnerablen Karstaquifers (welcher die maßgebende Wasserquelle für dieses Gebiet darstellt) und somit zusätzlich ein Bedarf an angepassten Abwasserentsorgungstechnologien und Wasseraufbereitungsverfahren.
- Das Vorhandensein großer unterirdischer Süßwasservorkommen im Karstbereich mit einem bisher ungenutzten beträchtlichen Potenzial an regenerativer Wasserkraft, welches über entsprechende innovative Technologien verfügbar gemacht werden kann, stellt die Basis für den Aufbau eines IWRM dar.
- Die Aktivitäten konzentrieren sich auf ein hydrologisch zusammenhängendes Gebiet, welches Bereiche unterschiedlicher sozio-struktureller Ausprägung integriert. Hierdurch haben die einzelnen Teildisziplinen umfassende Entfaltungsmöglichkeiten, da sich die Bedarfssituation in den verschiedenen Gebieten differenziert darstellt. Zudem wird hierdurch die Einbindung von Industriepartnern bzw. die Initiierung und der Ausbau von Gewerbe gefördert und es ergibt sich eine verbesserte Übertragbarkeit auf andere Gebiete (Multiplikation).
- Das bereits auf allen Ebenen vorhandene deutsch-indonesische Netzwerk von Regierungsbehörden, wissenschaftlichen Partnerinstitutionen sowie Industrie und Gewerbe stellt eine effektive Zusammenarbeit und somit die erfolgreiche Umsetzung eines IWRM innerhalb weniger Jahre in Aussicht.
- Die große Resonanz umliegender Regionen auf die laufenden Projektaktivitäten in Gunung Kidul und die über den Besuch des indonesischen Staatspräsidenten Ende 2004 manifestierte Bekanntheit und Bedeutung des laufenden Projektes lässt bereits heute die Wirkung eines zukünftigen IWRM als „Leuchtturmprojekt“ erahnen. Gegenden mit ähnlichen naturräumlichen und strukturellen Randbedingungen gibt es weltweit in großer Zahl, so dass umfassende Multiplikationsmöglichkeiten gegeben sind.

Die Einbeziehung der Stadt Wonosari, die z.T. mit Karst-Wasser aus dem Seropan-System versorgt werden könnte, soll die Möglichkeit der Umsetzung von z.B. Wasser- oder Abwasseraufbereitungstechnologien bieten, die in den ländlichen Gebieten der Gunung Sewu nicht zielführend sind. Zudem sind Gunung Sewu und Wonosari auch aus sozio-ökonomischer Sicht eng verbunden: Durch eine Verbesserung der Situation von Wonosari kann eventuell die Abwanderung („Brain-drain“) aus den ländlichen Gegenden nach Yogyakarta reduziert werden. Wonosari-Stadt als Arbeitsplatz erlaubt ein tägliches Pendeln, wodurch Kosten für Kost und Logie gespart werden könnten.

III.3 IWRM-Grundkonzeption

Ein Integriertes Wasser-Ressourcen-Management muss alle Bereiche von der Trinkwassererschließung über die bauliche Infrastruktur zur Wasserverteilung bis hin zur Abwasserentsorgung unter Berücksichtigung der hydrologischen, hygienischen, ökologischen, sozialen und kulturellen sowie der betriebs- und volkswirtschaftlichen Randbedingungen und Folgewirkungen beinhalten [vgl. Kap. IV.4]. Ziel ist es, eine Versorgungssituation zu erreichen, die den WHO-Standards entspricht. Außerdem muss sich das IWRM mit den verschiedenen Nutzungsformen von Wasser (Trinkwasser, Brauchwasser, Bewässerung, etc.) befassen. Dabei ist es von besonderer Bedeutung, bei den Menschen in der Modellregion durch Aufklärungsarbeit und Schulungen ein Bewusstsein für den nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser zu schaffen.

Diese Aufgabenstellungen können zusammen mit einer integralen Systemanalyse und dem Transfer von Technologie und Know-how („*Capacity-Building*“) innerhalb eines exemplarischen Verbundprojekts umgesetzt werden, das dann als wegweisendes Demonstrationsprojekt für weitere Projekte dienen kann. Dabei ist vor allem die Anwendung von an das Können (Betrieb und Wartung) und die Bedürfnisse von Mensch und Natur in harmonischer Weise angepasster Technologien zu berücksichtigen. Die Entwicklung und Umsetzung solcher „appropriate technologies“ soll dabei vor allem durch die Einbeziehung deutscher Industrieunternehmen erfolgen [vgl. Kap. IV.3].

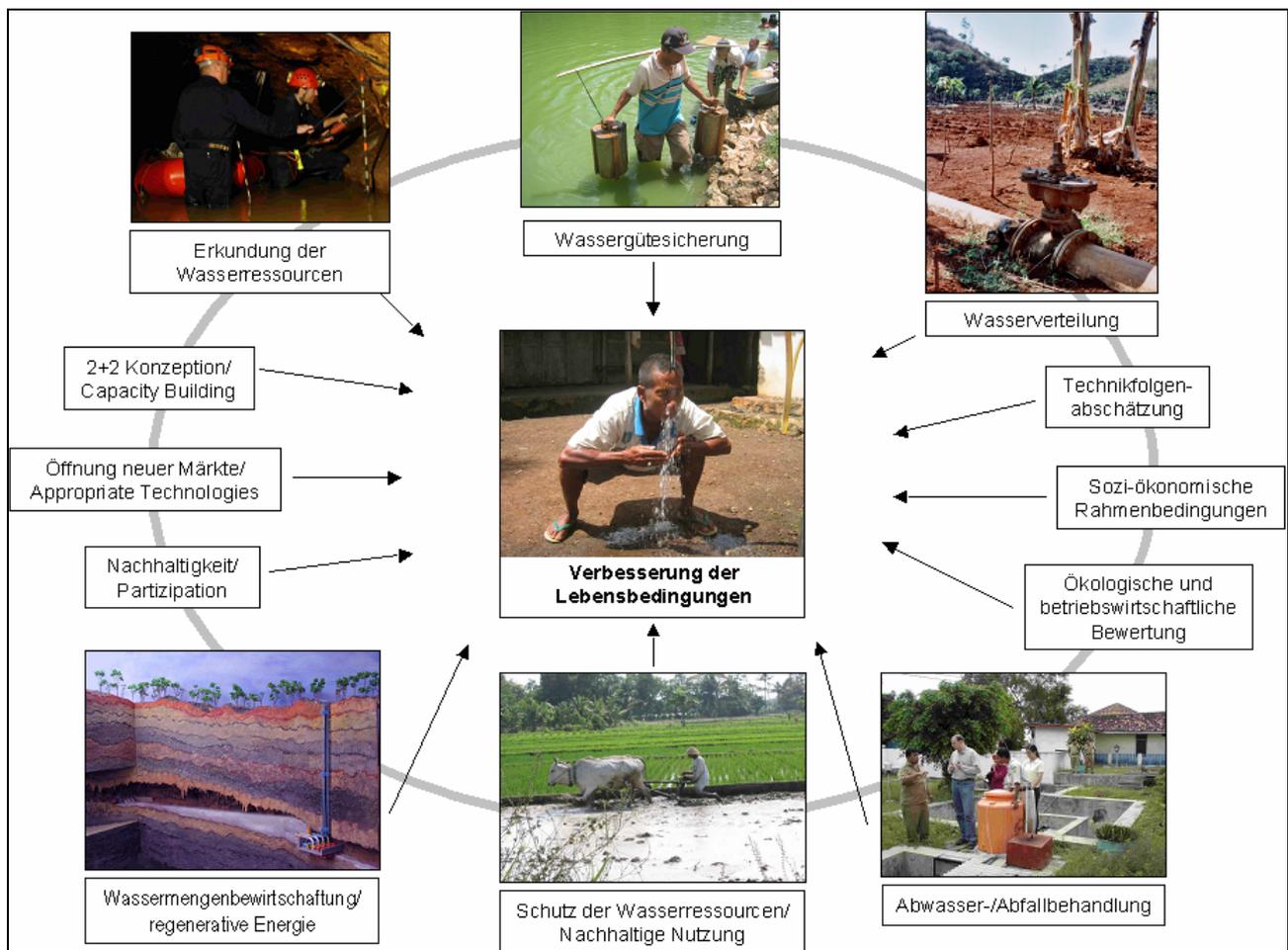


Abb. 18: IWRM-Grundkonzeption [Quelle: IWG/IfG]

Die Grundkonzeption des IWRM für Gunung Kidul folgt den Philosophien Nachhaltigkeit und Partizipation. Die Bedürfnisse der lokalen Bevölkerung werden dabei ebenso berücksichtigt wie der Schutz der Umwelt und ein ökonomischer Betrieb der implementierten Anlagen. Für Bau und Betrieb von Inf-

rastruktur sollen dabei auch unterschiedliche Managementansätze berücksichtigt werden: Management durch Behörde oder Bevölkerung („community based“) [vgl. Kap. IV.4].

Bezogen auf die geographische Ausdehnung und die Berücksichtigung relevanter Wirtschaftssektoren sollte das Untersuchungsgebiet die Stadt Wonosari im Norden und die Gunung Sewu bis zur Küste im Süden umfassen. Dadurch könnten den Überlegungen zur Wechselwirkung eines IWRM mit den unterschiedlichen Wirtschaftssektoren Land- und Fortwirtschaft in der Gunung Sewu, mit Handwerksclustern und Krankenhaus im städtischen Umfeld Wonosaris bis hin zu einem ggf. zu entwickelnden Tourismus in der Küsten-Region innerhalb eines hydrologischen Einzugsgebiets entsprochen werden. Je nach funktionaler Auslegung kann sich ein IWRM auf die speziellen Aspekte der Trinkwasserversorgung und Abwasserbehandlung beschränken oder zusätzlich Erfordernisse landwirtschaftlicher Bewässerung oder auch der Feuerbekämpfung aufgreifen.

III.4 Arbeitsschwerpunkte / „Work-Packages“

Die geplanten thematischen Arbeitsschwerpunkte sind in den folgenden „Work-Packages“ zusammengestellt:

WP1 Erkundung der Wasserressourcen / Wasserdargebot

- Erfassung und Bewertung der hydrologischen, hydraulischen und hydrogeologischen Randbedingungen hinsichtlich des Wasserdargebots (Niederschlags-/Abflussbildung, Fließwege, Abflusstransformation, Wasserrückhalt/-speicherung sowie Abgrenzung der Einzugsgebiete potenzieller Wasserentnahmestellen, Interaktion GW-Aquifer Wonosari Plateau – Karstaquifer Gunung Sewu)
- Bewertung der (hydro-)geologischen Randbedingungen unter Einsatz geophysikalischer Verfahren
- Erkundung des unterirdischen Fließgewässernetzes mittels Speleo- und Tracertechnik
- Geodätische Erfassung der Geländetopographie / Volumenbestimmung begehrbarer Höhlensysteme
- Chemische und mikrobiologische Bewertung der Wasserqualität und Lokalisierung möglicher Kontaminationseinträge
- Stofftransport (Geschiebe, Schwebstoffe / Schlämme, gelöste Schadstoffe)
- Ausbau eines regionalen hydrologischen und hydrogeologischen Monitoringsystems

WP2 Wassermengenbewirtschaftung (Wasserspeicherung, Energieerzeugung, Wasserförderung)

- Erarbeitung geotechnischer Konzepte zur Wasserspeicherung im Karst (Nutzung vorhandener Karstkavitäten, unterirdische Sperrwerke, Abdichtungstechniken)
- Erarbeitung nachhaltiger Speicherbewirtschaftungskonzepte unter Einsatz regenerativer Energien und angepasster Bautechniken (Weiterentwicklung „Pump as turbines“, Holzdruckrohrleitung, Betontechnik, Baubetrieb, Sedimentfrachten)
- Entwicklung eines Monitoring-Systems zur Langzeit-Überwachung von Absperrbauwerken (Deformationen, Umläufigkeit) einschl. Auswerteverfahren und Definition von Kriterien zur Erkennung von kritischen Zuständen
- mikrobiologisch-hygienische Bewertung der eingesetzten Technologien

WP3 Wasserverteilung, -aufbereitung, -gütesicherung

- Sanierung und Optimierung des Wasserverteilungsnetzes, ggf. unter Einbeziehung eines deutschen Wasserversorgungsunternehmens (Hydraulik, Steuer- und Regelungstechnik, Baustofftechnologie)
- Dezentrale Energierückgewinnung im Verteilungsnetz
- Entwicklung angepasster Technologien zur Aufbereitung, Verteilung und Nutzung von Trinkwasser
- Analyse, Bewertung und Weiterentwicklung technischer Anlagen zur Wasserversorgung und -aufbereitung
- Chemische und mikrobiologische Qualitätskontrolle und -bewertung der eingesetzten Techniken und des Wassers

WP4 Abwasser- / Abfallbehandlung

- Entwicklung angepasster Technologien zur Trennung, Aufbereitung, Nutzung und Rückführung von Abwasser- und Abfallströmen
- mikrobiologisch-hygienisch Bewertung der eingesetzten Technologien
- Bilanzierung der wassergebundenen Stoffströme in den Versorgungsgebieten für den Ist-Zustand und verschiedene Szenarien der Wassernutzung und Abwasseraufbereitung
- Umsetzung der für das Gebiet ermittelten Vorzugsvariante

WP5 Sozio-ökonomische Rahmenbedingungen / Ökologische und betriebs-wirtschaftliche Bewertung / Technikfolgenabschätzung

- Analyse der gegenwärtigen wirtschaftlichen und sozialen Situation und der aktuellen Trinkwasserversorgungslage im Projektgebiet
- Erstellung eines grundlegenden Anforderungsprofils
- Entwurf und Bewertung alternativer Szenarien zur Wasserbereitstellung und Abwasser- / Abfallbehandlung durch eine umfassende Kosten/Nutzenanalyse
- Verallgemeinerungsfähige Stofffluss- und Energiebedarfsmodellierung der Wasserver- und -entsorgungssysteme und der Wassernutzung
- Mehrkriterielle Bewertung der alternativen Wasserbewirtschaftungssysteme während Konzeption, Entwurf und Realisierung
- Durchführung der Verträglichkeitsprüfung aus ökologischer und betriebswirtschaftlicher Sicht
- Bestimmung der Verringerung der ökologischen Risiken durch das Gesamtprojekt im Sinne einer Vorher-/Nachher-Analyse
- Forschung zur gesellschaftlichen Akzeptanz der zum Einsatz vorgesehenen Technologien
- Identifizierung weiterer Modellregionen für den Einsatz von umwelt- und sozialverträglichen Technologien der Trinkwasserversorgung

WP6 Umsetzung / Technologie- und Know-how-Transfer (Capacity-Building)

- Umsetzung der Ergebnisse in Form von Demonstrations- und Lernobjekten
- Durchführung von Schulungen und Workshops auf den Ebenen von Forschungseinrichtungen, Behörden und Betriebspersonal im Rahmen des Capacity-Building mit dem Ziel der Beherrschung der eingesetzten Technologien durch die lokale Bevölkerung
- Sensibilisierung und Schulung der örtlichen Bevölkerung im Umgang mit den Ressourcen Wasser und Energie
- Förderung der lokalen Industrie insbesondere mittelständischer Unternehmen

WP7 Koordination / Management

- Koordination der Projektpartner innerhalb und zwischen den „Work-Packages“ (Synergieeffekte)
- Erstellung, Pflege und Bereitstellung einer gemeinsamen GIS-Datenbank
- Schnittstelle zu indonesischen Partnern

IV FuE-Konzept und Umsetzungsstrategien

IV.1 Skizzierung eines Verbundprojekts und möglicher Teilprojekte

Die Umsetzung des IWRM-Konzepts in Gunung Kidul soll im Rahmen eines Verbundprojekts mit Partnern der Universitäten Karlsruhe und Gießen, des Forschungszentrums Karlsruhe sowie mehrerer Industriepartner erfolgen. Dabei finden sich die Arbeitsschwerpunkte der „Work-Packages“ in verschiedenen Teilprojekten entsprechend der Kompetenzen der Partner wieder [siehe Tab. 2].

	IWG WK	GIK	IMG	IBF	IfMB	VA-SHS	ITC-WTG	IWG SWW	ITC-ZTS / ITAS	IfG
Erkundung der Wasserressourcen	X	X	X	X						
Wasserspeicherung	X	X	X	X	X					
Energieerzeugung	X	X		X	X	X		X		
Wasserrförderung	X	X	X	X	X	X				
Wasserverteilung	X	X			X	X				
Wasseraufbereitung Wassergütesicherung			X		X		X	X		
Abwasser- Abfallbehandlung					X		X	X		
Sozioökonomie										X
Ökologie	X						X	X	X	X
Betriebswirtschaftliche Bewertung	X				X	X	X	X	X	
Technik- folgeabschätzung									X	X
Capacity Building	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Managementtools	X	X								
Koordinierung	X									X

Tab. 2: Matrixstruktur der Arbeitsschwerpunkte entsprechend der Kompetenzen der Projektpartner

TP0 Koordination des Verbundprojekts (IWG/WK, Uni KA)

Das Teilprojekt „Koordination des Verbundprojekts“ soll den reibungslosen Ablauf des Projekts garantieren. Die durchzuführenden Aufgaben bestehen u.a aus:

- Koordination des zeitlichen Verlaufs der Arbeiten im Rahmen der Teilprojekte
- Unterstützung der inhaltlichen Abstimmung
- Vertretung des Projektes gegenüber den Projektträgern
- Kontakt(-vermittlung) zu den indonesischen Projektpartnern
- Öffentlichkeitsarbeit (Deutschland, Indonesien,...)
- Kontaktaufnahme und Kooperation mit weiteren Wasserprojekten
- Unterstützung bei der Akquise externer Fördermittel

Alle Arbeiten der Koordination erfolgen in enger Absprache mit den einzelnen Projektgruppen sowie dem Projektträger.

TP1 Nachhaltige Wasser- und Energiebewirtschaftung in tropischen Karstregionen (IWG/WK, Uni KA)

Die möglichen fachspezifischen Beiträge des IWG-WK konzentrieren sich auf die Themenschwerpunkte

- Erkundung und Erschließung vorhandener Wasserressourcen (ober- und unterirdisch)
- Weiterentwicklung nachhaltiger Technologien zur Wasserförderung
- Simulation und Optimierung von Wasserverteilungsnetzen / Operationelles Management-Tool für die Wasserbehörde
- Dezentrale Energierückgewinnungsanlagen
- Wissenstransfer an indonesische Hochschulen und behördliche Einrichtungen (Capacity-Building) sowie Multiplikation

Die wesentliche Basis zur Entwicklung eines angepassten IWRM-Konzeptes ist die fundierte Kenntnis über die hydrologischen und hydrogeologischen Randbedingungen im Wassereinzugsgebiet der Zielregion. Bisher konzentrieren sich die im Rahmen der bisherigen Projektaktivitäten gewonnenen Daten bzgl. Wasserdargebot und Fließwege auf das Einzugsgebiet der Höhle Gua Bribin. Zukünftiger Forschungsbedarf besteht in erster Linie in der tiefergehenden Analyse

- der Abflussbildungsprozesse im Gesamteinzugsgebiet,
- des jahreszeitabhängigen Speicherverhaltens des Karstkörpers
- der weiträumigen Vernetzung des unterirdischen Fließgewässernetzes
- sowie der Interaktion zwischen dem Grundwasseraquifer des Wonosari Plateaus und dem Entwässerungssystem der Gunung Sewu

Aus energetischen Gründen sollte das Augenmerk auch auf das Wasserpotential der topographisch höher gelegenen aber bisher kaum erschlossenen Karstgegend im Nord-Osten der Gunung Sewu bei Jomblang und Song Gilap gelegt werden. Hierzu sind der Ausbau eines Monitoringsystems (Niederschlagswerte, Abflussraten ober- und unterirdischer Fließwege, Grundwasserstände) sowie gezielte Messkampagnen zu unterirdischen Fließwegen (Tracermessungen) sowie zur Erfassung von Geschiebe-, Schwebstoff- und Schlammfrachten erforderlich. Neben der speleologischen Exploration der Höhlensysteme im Gunung Sewu Karst sollten geophysikalische Analysen sowie Erkundungsbohrungen (vgl. TP3-4) die Datenerfassung unterstützen. Die Erkenntnisse bieten die Grundlage zur optimalen Dimensionierung von Bewirtschaftungs-, und Verteilungsanlagen sowie zur Umsetzung von Strategien zum Schutz der vulnerablen Wasserressource.

Nach bisheriger Kenntnis stellen sich während der Trockenzeit die unterirdischen Wasserressourcen als maßgebende Quelle der Wasserversorgung dar. Neben der Quantifizierung des potenziell verfügbaren Wasserdargebotes sind Konzepte zur Förderung des Wassers zu erarbeiten und exemplarisch umzusetzen. Hierzu werden zur Zeit durch den Ausbau der Höhle Gua Bribin mit regenerativer Wasserkraft bereits wertvolle Vorarbeiten geleistet (vgl. Kap. I.3.1). Das Konzept der Errichtung eines Sperrwerkes zum Einstau eines partiellen Höhlensystems wird jedoch nicht auf alle Höhlensysteme im Karst übertragbar sein. Als Alternative für unterirdische Systeme, bei welchen ein Einstau aufgrund zu großer Wasserverluste im Speicherraum oder geostatischen Problemen nicht möglich ist, könnte die Erstellung einer unterirdischen Druckrohrleitung zielführend sein. Voruntersuchungen hierzu werden zur Zeit vom VA-SHS im Wasserbaulabor des IWG-WK durchgeführt. Zur Umsetzung einer Baumaßnahme besteht u.a. Forschungsbedarf in der rohrhydraulischen Optimierung von Energieverlusten in Holzdruckrohrleitungen in Zusammenarbeit mit TP6.

Im Rahmen des IWRM-Projektes wäre die wasserführende Höhle Seropan (siehe TP6) als zentrale Wasserquelle des Wonosari-Plateaus für die pilothafte Ausarbeitung und exemplarische Umsetzung dieses Ansatzes prädestiniert. Für die Multiplikation regenerativer Fördertechnologie unter Tage in andere Regionen weltweit würden zukünftig zwei sich ergänzende Konzepte mit entsprechendem wissenschaftlichen Erfahrungsschatz aus den „Laborhöhlen Gua Bribin & Seropan“ zur Verfügung

stehen. Das IWG-WK würde die konstruktiv wasserbaulichen Aspekte der Anlagenplanung übernehmen sowie in Zusammenarbeit mit Industriepartnern die angepassten Pumpenturbinenmodule entwickeln. Die Aufteilung von Zuständigkeiten innerhalb des deutsch-indonesischen Verbundes könnte sich am laufenden Projekt orientieren. Es ist zu betonen, dass der Ausbau Seropans zur Laborhöhle bedeutend kostengünstiger erfolgen könnte als der von Gua Bribin.

Die Sanierung und Erweiterung der bestehenden Wasserverteilungsnetze stellt für die gesamte Zielregion eine grundlegende Maßnahme zur Gewährleistung einer stabilen Wasserversorgung im Rahmen des IWRM dar (vgl. Kap. III.1). Zur kostenoptimalen Planung eines vermaschten Leitungsnetzes bedarf es numerischer Verfahren zur zeitabhängigen Simulation des hydraulischen Verhaltens unter Berücksichtigung von Rohrlängen, -durchmessern und -rauheiten, Verbrauchswerten und Einspeisungen, Pumpen- und Speicherkennwerte etc.. Die Optimierung berechnet Durchmesser und Einspeisedruckhöhen eines geplanten Netzes für einen vorgegebenen Verbrauch. Entwurfskriterien, z.B. minimale Drücke oder maximale Fließgeschwindigkeiten, werden ebenso berücksichtigt wie Standorte von Pumpen und Behältern oder bereits verlegte Rohre. Die Zielfunktion enthält Investitionskosten sowie den Gegenwartswert der Betriebskosten.

Am IWG wurde u.a. im Rahmen einer GTZ-Förderung eine erste Stufe eines solchen Simulations- und Optimierungswerkzeuges entwickelt. Im Rahmen des IWRM-Projektes könnte das System als Basis für die Netzplanung dienen und zu einem operationellen Management-Tool für die Wasserbehörde PDAM ausgebaut werden. Hierzu sind neben dem Modellaufbau, angepasste Benutzeroberflächen, Zusatzfunktionalitäten sowie GIS-gestützte Datenschnittstellen zusammen mit TP2 zu entwickeln.

Die durch starke Geländegradienten charakterisierte Karsthügellandschaft der Gunung Sewu erfordert einen hohen energetischen Input, um das Grund- bzw. Höhlenwassers weiträumig in die Siedlungsbereiche zu leiten. Die Zwischenspeicher im Verteilungsnetz liegen z.T. bedeutend höher als die Endabnehmer. Die kumulierte Höhendifferenz der Zuleitung liegt z.B. im Bribin-Leitungsnetz bei einem mehrfachen des absoluten Höhenunterschiedes zwischen Höhlenwasserspiegel und Siedlungsbereichen der Außenbezirke. Zum Ausgleich der negativen Energiebilanz ist ein Konzept zur dezentralen Energierückgewinnung zu erarbeiten und exemplarisch umzusetzen. Zudem ist zu überprüfen, inwieweit die Zuleitung von Höhlenwasser aus entfernteren Regionen im Nord-Osten der Gunung Sewu, welche jedoch topographisch höher liegen als das Wonosari-Plateau und die Siedlungsbereiche im süd-westlichen Teil des Karstgebietes ökonomisch sinnvoll und technisch machbar ist. Das Thema Energierückgewinnung könnte auch für die nahegelegene Stadt Yogyakarta interessant sein. Es existieren Planungen seitens der Regierung Yogyakartas, Grundwasser über den westlichen Hügelkamm Gunung Kiduls Grundwasser aus der Zielregion Richtung Großstadt zu leiten. Da die Umsetzung eines solchen Konzeptes gravierende Auswirkungen auf die Wasserversorgung der Zielregion haben könnte, sollten die Planungen konzeptionell im Rahmen eines IWRM-Projektes begleitet werden.

Technische Basis dezentraler Energierückgewinnung könnte die Weiterentwicklung von Pumpenturbinen darstellen, die speziell an die Randbedingungen vor Ort angepasst sind. Hierdurch könnte die Etablierung der bereits im Rahmen des laufenden Projektes begonnenen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der „appropriate technologies“ zur Wasserförderung unter Berücksichtigung regenerativer Ansätze fortgeführt werden.

Alle genannten Aufgabenstellungen lassen sich im Sinne einer „2+2-Projekt-konzeption“ in direkter Zusammenarbeit mit den indonesischen wissenschaftlichen und behördlichen Partnerinstitutionen und z.T. unter Einbeziehung von NGO's und der lokalen Bevölkerung umsetzen. Eine wichtige Zielsetzung des Teilprojektes ist der Ausbau eines umfangreichen Lehr- und Ausbildungsprogramms im Bereich "Nachhaltige Wasserwirtschaft" bzw. "Energy and Natural Resources" sowie die Schulung von Betriebs- und Wartungspersonal wasserwirtschaftlicher Anlagen („capacity-building“).

Vernetzung: Die Erkundung der Wasserressource erfordert eine interdisziplinäre Verknüpfung der Wasser- und Energiewirtschaft mit den Fachbereichen Geodäsie (TP2), Geotechnik (TP4) und Geo-

physik (TP3). Dies gilt auch für die Ausarbeitung und bauliche Umsetzung von Bewirtschaftungs- und Energierückgewinnungsanlagen, wobei hierbei zusätzlich die Fachbereiche Baustofftechnologie (TP5) und Holzbau (TP6) relevant werden.

Die hydrologischen, hydraulischen und hydrogeologischen Ergebnisse des Teilprojektes fließen zudem als Planungsgrundlage in die Bereiche Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung ein (TP7-9). Eine Rückkoppelung existiert vor allem im Themenbereich Stoffströme (z.B. Simulation der Ausbreitung von Schadstoffeinträgen). Der Aufbau eines operationellen Simulations- und Managementtools ist zudem eng mit dem Arbeitsfeld GIS aus TP2 Geodäsie gekoppelt.

Neben den genannten Verknüpfungen ist eine direkte Zusammenarbeit mit den Partnern der Fachbereiche Geographie und Sozialwissenschaft sowie Technikfolgenabschätzung erforderlich, um die Nachhaltigkeit der ingenieurwissenschaftlichen Konzepte und Maßnahmen sicherzustellen. Hierbei geht es u.a. um die belastbare Prognose der Akzeptanz von Maßnahmen sowie dem Potenzial an Wissenstransfer und zukünftiger Multiplikation.

Mögliche Industriepartner rekrutieren sich aus den Fachbereichen Grundbau und Bohrtechnik, Pumpentechnologie, Steuer- und Regelungstechnik sowie Software-Entwicklung. Vor dem Hintergrund des bereits bestehenden hervorragenden Netzwerkes und dem regen Interesse aus umliegenden Distrikten ist von einer guten Perspektive zur längerfristigen Erschließung neuer Märkte auszugehen.

TP2 Erstellung eines Geoinformationssystems und geodätische Begleitung des Vorhabens (GIK, Uni KA)

Die wesentlichen Zielsetzung des Projektes sind

- Aufbau eines Geoinformationssystems als Managementwerkzeug für die lokale Wasserbehörde Gunung Kiduls
- Geodätische Begleitung des Gesamtprojektes zur Umsetzung der teilprojektspezifischen Zielsetzungen

Um ein effektives Managementsystem aufzubauen müssen in einem ersten Schritt, die vorhandenen Geodaten gesichtet und hinsichtlich ihrer Vollständigkeit und Qualität analysiert werden. Die fehlenden Daten müssen danach vor Ort erfasst werden. Für die großräumige Planung dürfte hierfür eine Genauigkeit, die mit Hilfe von Handheld-GPS Empfängern erreicht werden kann, ausreichend sein. Je nach eingesetzter Methode liegen die damit erreichten Punktgenauigkeiten im Bereich einiger Meter oder auch darunter (Differentieller Modus beim gleichzeitigen Einsatz mehrerer Empfänger). Der Einsatz dieser Geräte ist leicht erlernbar, die Datenerfassung kann so teilweise von angelerntem Personal vor Ort (Capacity Building) und/oder von Projektpartnern der anderen Teilprojekte durchgeführt werden.

In einem nächsten Schritt muss ein Datenmodell entworfen werden, das in der Lage ist, sämtliche genannten Daten und auch weitere, die von den anderen Teilprojekten benötigt werden, aufzunehmen. Das Datenmodell erhält seine Realisierung in Form einer relationalen Datenbank mit Ihren Tabellen, Spalten und deren Verknüpfungen. Der Einsatz eines GIS stellt durchaus eine der Situation angepasste (appropriate) Technologie dar. Die indonesischen Behörden (Wasserbehörde, Umweltbehörde) arbeiten bereits mit solchen EDV-gestützten Systemen. Als Komponenten werden grafikseitig der Einsatz von Autodeskprodukten (AutoCAD und Map Guide) und datenbankseitig von Oracle vorgeschlagen. Alle genannten Produkte sind in ihrem Bereich Standardsoftware, die weltweit verfügbar und durch einen sehr großen Nutzerkreis auch akzeptiert ist.

Im Laufe des Projektes werden eine Vielzahl vermessungstechnischer Arbeiten anfallen, die nur von geschultem Personal mit entsprechender Ausrüstung ausgeführt werden können. Die Aufgaben werden im großräumigen Bereich liegen, wenn nach Abschluss der Planungsarbeiten bauvorbereitende oder baubegleitende Messungen höherer Genauigkeiten gefordert sind, z.B. für den Bau von Leitungsnetzen.

Im kleinräumigen Bereich geben die bereits durchgeführten Arbeiten im laufenden Verbundprojekt einen guten Überblick über die möglichen Tätigkeiten des GIK im Rahmen des IWRM. Wie zuvor auch, werden im IWRM Vermessungsarbeiten in Höhlen für deren geometrische Erfassung notwendig sein, um z.B. die geplanten Holzrohrleitungen konstruieren zu können und eine Volumenbestimmung durchzuführen. Die Absteckung von Bohrpunkten für Sondierungsbohrungen oder die Einrichtung eines Festpunktfeldes für Überwachungsmessungen wird auch hier wieder notwendig sein. Gerade durch das Bribin-Projekt hat das GIK große Erfahrungen im Bereich der Höhlenvermessungen erworben. Einige Spezialvermessungen ergeben sich erst im Projektverlauf.

Vernetzung: Das vorgeschlagene Teilprojekt ist mit allen anderen Disziplinen des IWRM vernetzt. In das GIS können die unterschiedlichsten Daten einfließen, von geometrischen Daten über technische Untersuchungen (Gewässeranalysen etc.) bis hin zu sozio-ökonomischen Daten (aktueller Stand der Versorgung und Bedarfsanalyse). Die vermessungstechnische Begleitung liefert die Grundlagen für eine Reihe anderer Teilprojekte (Geometrische Erfassung der Höhle zur Konstruktion einer Holzrohrleitung oder präzise vermessungstechnische Daten zur Realisierung des Leitungsnetzes).

TP3 Geowissenschaftliche Exploration von unterirdischen Karstfließgewässern und Nutzung von mineralischen Ressourcen zur Trinkwasseraufbereitung (IMG, Uni KA)

Das Institut für Mineralogie und Geochemie (IMG) hat sich speziell im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes „Erschließung und Bewirtschaftung unterirdischer Karstfließgewässer in Indonesien“ intensiv mit Gestein/Wasser-Wechselwirkungen in Karstaquiferen des IWRM-Zielgebietes Gunung Kidul befasst. Im Verbund mit dem *Geophysical Department* des *Institute of Technology Surabaya* und dem *Geological Engineering Department* der *Gadjah Madah University Yogyakarta* besteht seit drei Jahren eine intensive Kooperation zu geologisch-mineralogisch-geophysikalischen Untersuchungen zu Gestein/Wechselwirkungen in Karsthöhlen von Gunung Sewu. Im Rahmen dieser Aktivitäten werden die Verwitterungsprozesse und Wasserwegsamkeiten im Gesteinsverbund untersucht. Diese Arbeiten dienen als Grundlage für eine Bewertung von Karsthöhlen hinsichtlich ihrer Eignung als Wasserspeicher. Darauf aufbauend sollen sich die Forschungsaktivitäten in diesem Teilprojekt auf folgende Aspekte fokussieren:

- Entwicklung und Anwendung eines geologisch/geophysikalischen Verfahrens zur Exploration von unterirdischen Wasserressourcen. Mit einem integrativen Ansatz aus geophysikalischen Methoden (Vertical Electrical Sounding, Very Low Frequency) und geologisch-mineralogischen Methoden (Bohrkernaufnahmen, Kartierungen) sollen unterirdische Wasserressourcen gefunden und deren Fließwege bestimmt werden.
- Geowissenschaftliche Bewertung der Eignung von Karsthöhlen zur Wasserbewirtschaftung. Dies umfasst die mineralogische und geochemische Charakterisierung der Gesteine im Höhlenverbund, Untersuchungen zur Porosität, Permeabilität und Klüftigkeit der Gesteine, Ablagerung und Verteilung von Lockersedimenten in der Höhle, Bestimmung der Korrosivität des Höhlenwassers und deren Trinkwasserqualität.
- Isotopengeochemische Untersuchungen (H-, O-Isotopie) zur Quellenidentifikation der Höhlenwässer und deren Transportpfade.
- Entwicklung von angepassten Verfahren zur Verbesserung der Wasserqualität unter Berücksichtigung der zukünftigen Nutzung. Es ist geplant, mit lokal vorhandenen mineralischen Ressourcen Filtersysteme zu entwickeln, mit deren Hilfe Schwermetall-belastete Trinkwässer dekontaminiert werden können.

Vernetzung: Zur erfolgreichen Bearbeitung der geplanten Forschungsaktivitäten des IMG ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit insbesondere mit dem Fachbereich Geophysik und den ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen (Geodäsie, Wasserbau, Felsmechanik) notwendig, um die Exploration von unterirdischen Karstfließgewässern erfolgreich durchführen zu können und Fragestellungen zur Stabilität des Gesteinsverbundes erfolgreich bearbeiten zu können. Besondere Relevanz hat auch die

Kooperation mit indonesischen Geowissenschaftlern, die Kompetenz hinsichtlich der regional- (hydro)geologischen Aspekte aufweisen können. Die geplanten Aktivitäten hinsichtlich der Entwicklung von angepassten Technologien zur Trinkwasseraufbereitung sollen in enger Zusammenarbeit mit der Technischen Chemie erfolgen.

Dabei werden die geowissenschaftlich ausgerichteten Forschungsarbeiten durch die vernetzte Zusammenarbeit mit dem Geophysikalischen Institut, dem Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik, dem Institut für Wasser- und Gewässerentwicklung der Universität Karlsruhe und dem Institut für Technische Chemie des Forschungszentrum Karlsruhe stark profitieren.

TP4 Kurz- und Langzeitverhalten von Karstgebirge in der Umgebung von unterirdischen druckwasserhaltenden Absperrbauwerken (IBF, Uni KA)

Zentraler Bestandteil des geplanten Projekts eines integrierten Wasserressourcen-Managements sind untertägige Wasserspeicher mit Mikro-Wasserkraftanlagen, für die druckwasserhaltende, den Querschnitt voll einstauende Absperrbauwerke in Karsthöhlen errichtet werden müssen. Das Teilprojekt zielt darauf ab, das Kurz- und Langzeitverhalten des durchströmten Gebirges im Nahbereich solcher Bauwerke zu untersuchen und eine Prognose über die Standsicherheit und Gebrauchsfähigkeit über die Nutzungsdauer machen zu können. Hierzu bietet das im Bau befindliche Projekt in der Bribin-Höhle sehr gute Voraussetzungen. Zusammen mit dem Teilprojekt des Institutes für Massivbau und Baustofftechnologie und einem Industriepartner (z.B. GIF) soll ein geeignetes Monitoring-System entwickelt werden. Die dort erhaltenen Ergebnisse sollen direkt in die Untersuchung der Standorte für weitere Erschließungen von Karstwasservorkommen (z. B. Höhle Seropan) einfließen.

Im Hinblick auf den nicht auszuschließenden Fall, dass keine ausreichend dichtende Wirkung vorhanden ist oder Letztere durch rückschreitende Erosion oder Durchbruch verloren gehen kann, sollen Technologien zur Karstabdichtung entwickelt und erprobt werden, bei denen insbesondere vorhandene Karstfüllungen stabilisiert werden sollen. Hierzu sind kombinierte Injektionstechniken erforderlich, die einerseits die unkontrollierte Ausbreitung von Injektionsmaterialien verhindern (z. B. durch Primärinjektionen mit Schäumen) und andererseits durch die Verwendung eines quellfähigen Injektionsguts eine Konsolidierung der Karstfüllungen bewirken können. Für dieses Vorhaben bestehen Kontakte zu den Firmen Keller Grundbau GmbH und Minova Carbo Tech GmbH.

Hauptarbeitsschritte:

- Entwicklung eines Monitoring-Systems zur Langzeit-Überwachung des Absperrbauwerkes und seiner Gründung (Deformationen, Umläufigkeit) einschl. Auswerteverfahren und Definition von Kriterien zur Erkennung von kritischen Zuständen (in Zusammenarbeit mit Prof. Fecker, Fa. GIF, Ettlingen als Industriepartner).
- Bildung eines 3D-Modells des verkarsteten Gebirges in der Umgebung eines Absperrbauwerkes (in Zusammenarbeit mit GFZ, Potsdam).
- Untersuchung der Integrität der Karstfüllungen und Mergellagen (in Zusammenarbeit mit IMG)
- Entwicklung von Technologien zur Stabilisierung und Verdichtung der Karstfüllungen und Mergellagen für den Fall, dass keine ausreichende dichtende Wirkung vorhanden ist oder Letztere durch rückschreitende Erosion oder Durchbruch verloren gehen kann (in Zusammenarbeit mit IfMB, Keller Grundbau und Minova Carbo Tech).

Vernetzung: Die Ziele des geotechnischen Teilprojekts sind nur in enger Zusammenarbeit mit anderen Teilprojekten zu erreichen. Das geplante Monitoring des Absperrbauwerkes und des umgebenden verkarsteten Gebirges in Bribin ist eine Gemeinschaftsaufgabe für die Teilprojekte TP 4 und TP 5, bei der Daten aus den Teilprojekten TP 1, TP 2 und TP 3 unabdingbar sind. Im Sinne des Capacity Building sollen die indonesischen Partner in den Aufbau des Monitoring-Systems einbezogen werden und die kontinuierliche Ablesung und Vorauswertung der Daten selbst durchführen. Die Entwicklung

von Technologien zur Stabilisierung und Verdichtung von Karstfüllungen ist ebenfalls ein Ziel, dass von der baustofftechnologischen Seite eng mit dem Teilprojekt TP 5 verknüpft sein wird.

TP5 Optimierte bauliche Anlagen zur dauerhaften Speicherung, Verteilung und Aufbereitung von Wasser (IfMB, Uni KA)

Der Schwerpunkt des Beitrags des IfMB liegt in der Entwicklung angepasster ingenieurtechnischer Konzepte und Systeme, um dauerhaft dichte wasserbauliche Konstruktionen zu gewährleisten. Teilaspekte erstrecken sich hierbei auf:

- optimierte und angepasste Bau- und Injektionsmaterialien
- Techniken zur sach- und fachgerechten Bauausführung
- Instandsetzungskonzepte
- Detaillösungen für z. B. Anschlüsse, Lager, Einlaufbereiche
- Systemvorschläge zum Bauwerksmonitoring und zur Qualitätskontrolle

Bezug: WP2 Wassermengenbewirtschaftung

Für die weitere Erschließung unterirdischer Fließgewässer bzw. Wasservorkommen im Karst werden Konzepte zur unterirdischen Wasserspeicherung erarbeitet. Ein wichtiger Schwerpunkt liegt bei Abdichtungstechniken im Fels, die basierend auf den Erfahrungen mit der Injektionstechnik in der Höhle bei Bribin (geplant im Sommer/Herbst 2005) für neue Bauvorhaben angepasst und weiterentwickelt werden.

Im Rahmen der Planung und baulichen Umsetzung einer Druckrohrleitung aus Holz werden konstruktive Detaillösungen (z. B. Ein- und Auslaufbauwerke, Fundamente, Anschlüsse Holz-Beton) unter Berücksichtigung geeigneter Materialien und eines optimierten Bauablaufs entwickelt.

Die Ergebnisse eines im Rahmen des TP4 vom IBF entwickelten Sperrwerk-Monitorings werden im Hinblick auf die baulichen Ausführungen von zukünftigen unterirdischen Sperrbauwerken bewertet. Entsprechende Beurteilungsverfahren und die Definition von Kriterien zur Erkennung kritischer Zustände werden bereitgestellt.

Für die weit verbreiteten und teils noch intensiv genutzten Regenwasserspeicher wird eine Erfassung und Bewertung des Zustandes hinsichtlich Dichtheit, konstruktiver Durchbildung, verwendetem Material und Sanierungsbedarf durchgeführt. Weiterhin sollen einfache und für die Bevölkerung bezahlbare Sanierungsmaßnahmen konzipiert sowie ggf. verbesserte Bauweisen erarbeitet und vorgeschlagen werden. Eine besondere Bedeutung kommt hierbei der Verwendung von örtlich verfügbaren, mineralischen Baustoffen zu, die im Gegensatz zu teuren, polymeren Beschichtungen i.d.R. hygienisch unbedenklich sind.

Bezug: WP3 Wasserverteilung, -aufbereitung, -gütesicherung

Zur nachhaltigen Sanierung der vielfach undichten und vorgeschädigten Hochbehälter/Wasserreservoirs werden anhand umfangreicher Bauwerksuntersuchungen vor Ort die Ursachen (Materialauswahl, Konstruktion/Planung, Bauausführung, Nutzung) identifiziert und darauf aufbauend Instandsetzungskonzepte entwickelt. Weiterhin werden für evtl. erforderliche Neu- oder Umbauten materialtechnische Empfehlungen und konstruktive Hinweise zur Ausführung gegeben.

Gleiches gilt für die zahlreichen Fundamente der Überlandleitungen, die großteils starke Rissbildung aufweisen bzw. vielerorts bereits vollständig zerstört sind. Hierbei kommt der Neukonzeption einfacher aber robuster Bauformen mit elastischer Lagerung der Wasserleitungen ein besonderes Gewicht zu. Die reine statische Bemessung von Bauteilen ist dagegen eine Routineaufgabe, die von indonesischer Seite erledigt werden kann und, ähnlich deutschen Verhältnissen, keiner wissenschaftlichen Beratung bedarf.

Bezug: WP4 Abwasser- / Abfallbehandlung

Bei der Planung und dem Neubau von Trinkwasseraufbereitungsanlagen, Kleinkläranlagen, unterirdischen Reaktoren zur Behandlung von organischen/biologischen Abfällen sowie von Septic Tanks erfolgt eine baustofftechnologische Beratung bzw. Betreuung der Projektpartner. Aufgrund des potenziell starken korrosiven Angriffs von Abwässern auf Wasserbauwerke kommt hierbei der Auswahl und Abstimmung der Baumaterialien sowie Details der konstruktiven Durchbildung eine besondere Bedeutung zu.

Vernetzung: Im Rahmen des hier beschriebenen baustofftechnologischen Teilprojekts sind die baulichen Anlagen in verbesserter Weise neu zu konzipieren oder angepasst instand zu setzen. Hierdurch ergibt sich zwangsläufig eine enge Vernetzung zu allen anderen im IWRM-Projekt vertretenen Disziplinen.

Im Bereich der Abdichtungsmaßnahmen/Injektionstechniken im Karstgestein erfolgt eine enge Zusammenarbeit mit der Geotechnik/Felsmechanik sowie mit der Geologie/Mineralogie. Für unterirdische Sperrwerke ist neben der Geotechnik auch die enge Abstimmung mit dem Bereich Wasserbau/Pumpentechnik unabdingbar. Bei Realisierung der Variante „Holzdruckrohrleitung“ erfolgt zusätzlich eine Zusammenarbeit mit dem Ingenieurholzbau.

Weiterhin ist eine enge Vernetzung mit den Bereichen Wasserbau und Geodäsie für das Verteilungsnetz, die Leitungsfundamente und die Behälter erforderlich, da die Dimensionierung Einfluss auf die bauliche Durchbildung hat.

Für die Sanierung, Optimierung oder Neukonzeption der verschiedenen Wasserbauwerke bzw. -bauteile (Großbehälter, Regenwasserspeicher, Trinkwasser-Aufbereitungsanlagen, Kleinkläranlagen, Septic Tanks, Abwasserrohre/-rinnen) sind neben der Disziplin Wasserbau auch die Bereiche Siedlungswasserwirtschaft und Wasserqualität eng mit dem IfMB verknüpft.

TP6 Bemessung und Herstellung einer Druckrohrleitung aus Holz zur Wasser- und Energiebewirtschaftung der Höhle Gua Seropan (VA-SHS, Uni KA)

Im Rahmen des IWRM sollen alternative Technologien zur Bewirtschaftung von Karsthöhlenwasser entwickelt werden. Als nachhaltige Variante zur Energiegewinnung und Wasserförderung in der Höhle Gua Seropan, welche neben Gua Bribin eine zentrale Wasserquelle der Zielregion darstellt, wird eine Druckrohrleitung aus Holz als Bestandteil einer unterirdischen Kleinwasserkraftanlage vorgeschlagen. Aufgrund der Unwegsamkeit und Enge in den Karsthöhlen und den sich daraus ergebenden Schwierigkeiten beim Verlegen der Rohrleitung sowie der optimalen Anpassung der Trassenführung an die örtlichen Gegebenheiten bietet sich der Baustoff Holz an.

Druckrohrleitungen aus Holz bestehen aus einzelnen Bohlen oder Kanthölzern mit Nut- und Federverbindungen, die gegeneinander versetzt und mit Stahlringen zusammengehalten werden. Die Dichtheit der Rohrleitung wird durch das Quellen des Holzes gewährleistet und die stetige Wassersättigung des Holzes verhindert zuverlässig einen Pilzbefall.

Die baustoffrelevanten Grundlagen zur Nutzung von unterirdischen Wasserressourcen in Indonesien mit Hilfe von Druckrohrleitungen aus Holz wurden im Rahmen des laufenden Verbundprojekts erarbeitet.

Zielsetzung des nun folgenden Teilprojektes im Rahmen des IWRM ist

- die pilothafte Entwicklung und Umsetzung einer angepassten Bauausführung in der Praxis
- der Wissenstransfer sowohl für den Bereich der wissenschaftlichen Seite als auch des handwerklichen und gewerblichen Bereiches von kleinen und mittleren Unternehmen
- die Vermittlung von Wert und Nutzen einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung ⇒ hierdurch wird ein wertvoller Beitrag zum „sustainable development“ in der Region geleistet

Die Verlegung der Druckrohrleitung in der Höhle soll durch indonesische Partner unter Anleitung der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine erfolgen. Ein deutscher Industriepartner (z.B. Zwick Holzbau GmbH) kann zur Herstellung der Druckrohrleitung eine beratende Funktion übernehmen. Die Bearbeitung der einzelnen Holzdauben erfolgt mit einem Fräskopf zur Herstellung der Nut- und Federverbindung. Die dazu benötigten Holzbearbeitungsmaschinen können z.B. von der Michael Weinig AG, welche Niederlassungen in Südostasien betreibt, bezogen werden. Auf indonesischer Seite werden der Holzhandel und holzverarbeitende Betriebe sowie universitäre Partner mit einbezogen.

Mit dem Einsatz von Druckrohrleitungen aus Holz ist eine Bewirtschaftung von Karstfließgewässern in Höhlen realisierbar, in denen der partielle Einstau der Höhle aufgrund von Wasserverlusten oder geostatischen Problemen nicht möglich ist. Mit den Höhlen Gua Bribin und Gua Seropan wären somit beide Möglichkeiten zur Nutzung unterirdischer Wasserressourcen (partieller Einstau bzw. Druckrohrleitung aus Holz) realisiert, was für den Multiplikationseffekt zur Übertragung des Konzeptes auf weitere Höhlen von großer Bedeutung wäre.

Vernetzung: Das Konzept zur Umsetzung der Wasser- und Energiebewirtschaftung der Höhle Gua Seropan wird in Zusammenarbeit dem IWG-WK und dem Turbinen- und Pumpenhersteller KSB AG (Frankenthal) erstellt. Die geodätische Detailvermessung der Gua Seropan zur Planung der Trassenführung der Druckrohrleitung und zur Erschließung der Höhle erfolgt durch das GIK. Für die Planung und den Bau von Fundamenten und Gründungen unter Berücksichtigung örtlich verfügbarer Baustoffe und Technologien ist eine Kooperation mit dem IfMB vorgesehen.

TP7 Beitrag zur Hygienisierung des Trinkwassers und zur hygienischen Kontrolle vom Rohwasser bis zum Verbraucher (ITC-WGT, FZ KA)

Der für ein IWRM zu leistende Beitrag der Mikrobiologie bezieht sich auf

- Monitoring der mikrobiologischen Wasserqualität vom Rohwasser bis zum Verbraucher
- Hygienische Teilaufbereitung des Wassers vor und während der Verteilung
- Endgültige Hygienisierung des Wassers beim Verbraucher
- Mikrobiologische Kontrolle der Fäkal-Entsorgung
- Know-how-Transfer bzgl. Mikrobiologischem Monitoring und Aufbereitung zu den indonesischen Partnern; Beteiligung am Capacity Building z.B. an Schulen

Für das Monitoring der mikrobiologischen Wasserqualität sind in enger Zusammenarbeit mit den indonesischen Behörden im Rohwasser und Verteilungssystem adäquate Probenahmestellen, ein regulierter Probenahmerhythmus sowie eine kritische Überprüfung der indikativen Parameter aufzustellen. Die Qualität der Laboranalysen vor Ort muss überprüft werden. Für Sonderparameter (Pathogene etc.) können vorläufig eigene Analysen in Karlsruhe erstellt werden. Die dabei eingesetzte Technik kann indonesischen Partnern in geeigneten Einrichtungen (z.B. UGM) vermittelt werden.

Die hygienische Aufbereitung des Wassers vor und während der Verteilung sollte sich mit der geplanten chemisch-physikalischen Aufbereitung verzahnen. Beispielsweise können Flockungs- und Fällungsreaktionen sowie Filtrationsschritte schon erste signifikante Verbesserungen der hygienischen Qualität mit sich bringen. Ein Erreichen der mikrobiologischen Trinkwasserqualität ist damit allerdings je nach Qualität des Ausgangswassers nicht zu erwarten.

Die endgültige Hygienisierung des Wassers zur Trinkwasserqualität nach WHO-Standards sollte unmittelbar beim Verbraucher erfolgen. Basis ist das bereits vorhandene Abkochgebot. International anerkannte Alternativen (Keramikfiltration, Solarenergie) sollten erprobt werden. Bei der Versorgung größerer Einheiten als der Familienverbund (z.B. Schulen, Krankenhaus) sollten verstärkt Alternativen zum Abkochen hinsichtlich hygienischer Effizienz und Handhabung erprobt werden. Bei der Planung sind außerdem Unterschiede Land – Stadt zu berücksichtigen.

Die Entsorgung der Fäkalien muss aufgrund der Anfälligkeit von Karstgebieten dringend mikrobiologisch überwacht werden. Die Planung und Erprobung alternativer Entsorgungstechniken sollte mit einem mikrobiologischen Überwachungsprogramm begleitet werden. Ggf. können einzelne mikrobiell basierte Aufbereitungsschritte durch entsprechende Untersuchungen flankiert werden.

Vernetzungen: Eine hygienisch einwandfreie Qualität des Wassers ist die Basis für die Versorgung und Gesundheit der Bevölkerung bei einem integrierten Wasserressourcen-Management. Daher sind mikrobiologisch-hygienische Bewertungen von Wässern und Technologien Bestandteil mehrerer Arbeitspakete eines solchen Projekts. Eine Vernetzung wird vor allem mit dem Bereich Wasseraufbereitung zu Trinkwasser und dem Bereich der Entsorgung von Abwasser und Fäkalien erfolgen, wie in den Work Packages 3 und 4 bereits aufgeführt. Neben der mikrobiologisch-hygienischen Kontrolle der eingesetzten Technologien sollen auch innovative und dem Einsatzort angepasste Hygienisierungstechnologien (Desinfektion) erprobt werden. Im Bereich Abwasser- und Abfallbehandlung sind auch mikrobiologisch basierte Technologien wie Nitrifikation und anaerober Abbau einzubeziehen.

Eine enge Vernetzung mit dem ingenieurtechnischen Bereich der Wasserbereitstellung und -verteilung ist ebenfalls unabdingbar. Dies betrifft sowohl die Rohwasserbewertung und die Lokalisierung möglicher Kontaminationsquellen (WP 1) als auch die hygienische Bewertung der bei der Wassermengenbewirtschaftung eingesetzten Technologien (WP 2). Bei den baulichen Maßnahmen muss besonders auf die Instandhaltung und den Betrieb des Verteilungsnetzes Einfluss genommen werden, da hier eine bedeutende Schwachstelle bei der Versorgung liegen kann (WP 3). Eine Beratung im Zusammenhang mit baustofftechnologischen Fragestellungen erfolgt durch das IfMB.

TP8 Konzipierung und Implementierung einer angepassten Trinkwasseraufbereitung sowie der Versorgung und Abwasserentsorgung (ITC-WGT, FZ KA)

Die Beiträge seitens ITC-WGT zur (Vor-)Aufbereitung des Wassers und zu seiner Verteilung bestehen aus folgenden Punkten:

- Monitoring der relevanten Inhaltsstoffe des Bribin-Wassers zur Feststellung des Technologiebedarfs für die Aufbereitung. Feststellung des Technologiebedarfs: An Hand der bisherigen Ergebnisse sowie der Resultate des Monitorings kann festgestellt werden, welche Art Aufbereitungsmaßnahmen unbedingt erforderlich sind, welche gegebenenfalls in Betracht kommen können und welche Aufbereitungskapazitäten bereitzustellen sind.
- Konzipierung der Aufbereitung: Diese wird mit Sicherheit aus einer effizienten Partikelfiltration bestehen, bei der die Trübstoffe soweit wie möglich eliminiert werden. Im Sinne der üblichen Multi-Barrier-Strategie sollte die Aufbereitung auch einen Aktivkohlefilter als Sicherheitsfilter gegen organische Schadstoffe umfassen. Für dieses Filter sind nach Möglichkeit einheimische Produkte vorzusehen. Eine zentrale Desinfektion ist nach den Erfahrungen des Besuchs nicht vorzusehen, da Behälter und Verteilungsnetz derzeit nicht in hinreichend gutem Zustand sind und auch nicht abzusehen ist, dass nach erfolgter Instandsetzung eine hinreichend gute Wartung erfolgen wird. Die Partikelabtrennung vereinfacht die Vor-Ort-Desinfektion jedoch beträchtlich. U.U müsste auch eine Eliminierung gesundheitsbedenklicher anorganischer Schadstoffe (Schwermetalle) in Betracht gezogen werden.
- Optional kann eine Enthärtung durch Fällung mit Calciumhydroxid vorgesehen werden, um die Akzeptanz des Wassers bezüglich seiner Härte zu erhöhen. Wegen der damit verbundenen Kosten und der erforderlichen Überwachung durch geschultes Personal dürfte eine Teilenthärtung aber nur geringe Chancen auf Verwirklichung haben. Für alle Komponenten der Voraufbereitung ist wichtig, dass sie robust und einfach sind und ohne komplizierte Bedienung und ständige Wartung auskommen.
- Überwachung der Qualität des aufbereiteten Wassers im Rahmen der Projektdauer: Hierzu wird im Rahmen eines Messprogramms die Leistung der Aufbereitung über Entnahme von Proben beurteilt und überwacht werden.

- Kontrolle des Verteilungsnetzes: Für die Überwachung der Verteilung des Wassers innerhalb des (sanierten) Leitungsnetzes kann ein deutsches Wasserversorgungsunternehmen (z.B. Stadtwerke Karlsruhe) angesprochen werden, welches beratend mitwirkt, das Leitungsnetz zu überwachen und Instandzuhalten und das indonesische Mitarbeiter entsprechend einweist und schult.
- Capacity-Building hinsichtlich Betrieb und Wartung der Aufbereitungsanlagen: Im Rahmen von Trainingskursen für die Bevölkerung (z.B. für die Verantwortlichen der Versorgung in den Dörfern) können die für den sicheren Betrieb der Anlagen erforderlichen Kenntnisse vermittelt werden.
- Kontakte zur indonesischen Industrie auf dem Wasserversorgungssektor. Hierzu können bestehende Kontakte zu indonesischen Firmen genutzt werden, um Anlagen und Anlagenkomponenten durch die einheimische Industrie zu liefern.

Vernetzung: Vernetzungen dieses Beitrags mit anderen Teilen des Gesamtvorhabens ergeben sich in folgender Weise:

- Zur Lokalisierung möglicher Kontaminationsquellen des Rohwassers (WP1) einschließlich der Abwasserbehandlung als gegenwärtige potentielle Quelle von diffusen Verunreinigungen. Hier muss angestrebt werden, dass möglichst kein ungereinigtes Abwasser versickert und dadurch in das Wasser der Bribinhöhle gelangt und dieses kontaminiert.
- Zur Mikrobiologie, indem gewährleistet sein muss, dass die Aufbereitung die Desinfektion unterstützt und erleichtert. Weitere Vernetzungen ergeben sich insbesondere zum Bereich Abwasserentsorgung.
- Zur Wasserverteilung, bei der sicherzustellen ist, dass keine erneute Kontaminierung mit den zuvor eliminierten Schadstoffen stattfindet.

Im Falle der Behandlung des gesammelten Abwassers kleiner Siedlungsbereiche oder der Stadt Wonosari können Beiträge auch zur Gewinnung von Phosphathaltigem Dünger und damit zum Recycling von Wertstoffen geleistet werden.

TP9 Entwicklung und Umsetzung angepasster Technologien zur Abwasser- und Abfallbehandlung (IWG/SWW, Uni KA)

Der mögliche Beitrag des IWG/SWW bezieht sich auf die Entwicklung und Umsetzung angepasster Technologien zur Abwasser- und Abfallbehandlung. Ziele sind der Schutz der Wasserressourcen, die Sicherstellung hygienischer Verhältnisse in Siedlungen und die energetische Nutzung organischer Abfälle mit anschließender Rückführung in die landwirtschaftliche Produktion.

Erste Arbeitsschritte befassen sich mit der Präzisierung relevanter Randbedingungen in den Untersuchungsräumen. In Zusammenarbeit mit lokalen Ingenieur-/Naturwissenschaftlern und Wasserbehörden sowie den am Vorhaben beteiligten Sozialwissenschaftlern sind Grundlagendaten zu erheben/auszuwerten und Entwicklungsszenarien zu entwickeln.

Ausgehend von diesen Arbeiten werden Stoffströme für den heutigen Zustand und verschiedene Prognoseszenarien berechnet werden (z.B. Weiterentwicklung von Wonosari zu gewerblichem Zentrum). Sie bilden eine fachliche Grundlage für die Auswahl angepasster und erforderlicher Maßnahmen im Umgang mit organischen, abbaubaren Abfällen und zur Sensibilisierung und Bewusstseinsbildung von Bevölkerung und Verwaltung. Der letztgenannte Aspekt ist von besonderer Bedeutung, da eine Veränderung der Entsorgungssituation zunächst mit Kosten verbunden ist, ohne dass für die Bevölkerung in jedem Fall ein unmittelbarer Nutzen erkennbar ist. Neben den im Rahmen des TP zu bearbeitende technische Fragen ist beispielsweise die Akzeptanz neuer Sanitärtechnologien zu klären und durch geeignete Partizipations- und Trainingsprogramme sowie durch kostenoptimierte Lösungen zu fördern.

Anhand konkreter Fallbeispiele in der Zielregion werden die genannten und weitere Fragen geklärt und Entsorgungskonzepte bis zur Umsetzungsreife entwickelt. Die Stadt Wonosari wird als Start- und Schwerpunkt der Aktivitäten im Bereich Abwasser- und Abfallbehandlung gewählt.

Konkrete Ansatzpunkte werden gesehen in:

- einem Abwasser- und Abfallkonzept für örtliches Gewerbe/Industrie auf Basis der Kreislaufwirtschaft
- einer Verbesserung der Abwasserbehandlung des Krankenhauses
- einer Abwasser- und Abfallentsorgung in örtlichen Schulen

In den ländlichen Regionen werden zwei weitere Arbeitsschwerpunkte gesehen:

- Weiterentwicklung der Sanitärtechnologie auf Basis von Gemeinschaftslösungen
- Einführung von umweltentlastenden Sanitärtechnologien für Einzelanwesen

Die Initiativen der Weltbank zur Förderung der Abwasserentsorgung unter dem Titel „Of people, by people for people“ bietet einen wichtigen Ansatzpunkt, um ein technologisches Upgrading etablierter Systeme im Sinne des Grundwasserschutzes auf den Weg zu bringen.

Für die genannten Arbeitsschwerpunkte (urbaner und ländlicher Raum) gilt, dass die verfügbaren und teilweise erprobten technischen Ansätze vielfältig sind und von einfachen dezentralen Maßnahmen bis zu komplexen Sammel- und Behandlungsverfahren, die für semizentrale Lösungen zu bevorzugen sind, reichen. Da innerhalb des IWRM- Vorhabens bedarfsgerechte Lösungen unter Verwendung angepasster Technologien zu entwickeln sind, kann beim heutigen Kenntnisstand keine Festlegung für eine bestimmte Technologie erfolgen. Die Konzeption und technische Umsetzung einer angemessenen und nachhaltigen Abwasserinfrastruktur ist in hohem Maße abhängig von den gegebenen oder zu erwartenden Siedlungsstrukturen, so dass die zu präferierenden technischen Lösungsansätze bei gleicher Zielsetzung sehr unterschiedlich sein werden.

Vernetzung: Essentielle Vernetzungen bestehen insbesondere während der konzeptionellen Phase mit den sozialwissenschaftlich arbeitenden Partnern (TP10, 11). Darüber hinaus ist die Zusammenarbeit mit Projektpartnern, die sich mit Fragen des Wasserdargebotes der Wasserverteilung (TP1) und der Wasserqualität (TP7, 8) befassen, wesentlich, um die Notwendigkeit einer neu orientierten Abwasser- und Abfallbehandlung transparent und vermittelbar zu machen. Die Entwicklung nachhaltiger Konzepte erfolgt in enger Abstimmung mit den Kollegen aus dem Fachbereich Technikfolgenabschätzung. Für die Umsetzung der Maßnahmen ist schließlich die enge Vernetzung mit dem Fachbereich Baustofftechnologie (TP5) (Werkstoffauswahl, Behälterbau) und dem Institut für Mineralogie und Geochemie (TP3) unerlässlich.

TP10 Integrative Nachhaltigkeitsbetrachtung durch Systemanalyse und Technikfolgenabschätzung (ITAS, ITC-ZTS, FZ KA)

Das Aufgabenspektrum der Systemanalyse und Technikfolgenabschätzung umfasst zum einen die Unterstützung bei der Optimierung des IWRM in Richtung auf eine nachhaltige Entwicklung im Untersuchungsgebiet, zum zweiten die optimale Vernetzung der einzelnen Arbeitspakete und Projektelemente im Hinblick auf ein integriertes Management der Wasserressourcen und zum dritten die Analyse und Bewertung der in die nähere Auswahl gefassten technologischen Optionen. Es wird folgende zeitliche Vorgehensweise vorgeschlagen:

Frühphase:

- Beteiligung an Monitoring zwecks Feststellung konkreter Zielvorstellungen und deren Hierarchie bei den beteiligten indonesischen Institutionen und den gesellschaftlichen Akteuren
- Analyse und Ranking wesentlicher Nachhaltigkeitsdefizite im Wassersektor und der Regionalentwicklung
- Beteiligung an Monitoring zu sozio-ökonomischen Randbedingungen

- Beteiligung bei der Auswertung existierender Umfrageergebnisse und bei der Festlegung zentraler Ziele und Elemente des IWRM

Hauptphase:

- Mitwirkung bei der Entwicklung alternativer explorativer Szenarien für die Teilregionen, die durch unterschiedliche gesellschaftliche Entwicklungsmuster und unterschiedliche dezentrale bzw. semi-zentrale Technologien gekennzeichnet sind.
- Life-Cycle-Assessment für ausgewählte Technologieoptionen innerhalb dieser Szenarien zur Optimierung der Technologieoptionen aus ökologischer und betriebswirtschaftlicher Sicht
- Integrale Technikfolgenabschätzung für priorisierte Technikooptionen
- Analysen zu institutionellen und politischen Realisierungsbedingungen (politische bzw. ökonomische Mechanismen) für die einzelnen Handlungsoptionen zur Umsetzung des IWRM

Spätphase:

- Beteiligung bei Erstellung von Modulen und Materialien zu einem umfassenderen Capacity Building Tool

Vernetzung: Im Hinblick auf die Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung und wegen des Ziels eines insgesamt integrierten Wassermanagements sind die Arbeiten der Systemanalysegruppe mit allen anderen Arbeitspaketen und –gruppen zu vernetzen.

Soweit es die stimmige Vernetzung der einzelnen Arbeitspakete in der Stadt bzw. auf dem Land, die Kopplung der unterschiedlichen wirtschaftlichen Sektoren und die Abstimmung einzelner technischer Optionen untereinander anbelangt, ist eine enge Vernetzung mit der Projekt-Koordination sinnvoll.

Im Hinblick auf die Bearbeitung des WP 5 ist eine enge Kooperation mit dem Institut für Geographie der Universität Gießen vorgesehen.

TP11 Sozioökonomische Analyse, Umsetzung partizipativer Ansätze und Wirkungsanalyse (IfG, Uni Gießen)

Der Erfolg eines IWRM hängt entscheidend von der Akzeptanz durch die betroffene Bevölkerung ab. Ohne eine angemessene Beteiligung der Zielgruppen an der Planung, Implementierung und Instandhaltung der Wasserver- und -entsorgungseinrichtungen kann keine Nachhaltigkeit der Projektmaßnahmen gewährleistet werden. Folgende Fragen stellen sich:

- Welche Einrichtungen eines Wassermanagements existieren bereits und wie funktionieren diese?
- Mit welchen Auswirkungen auf die Lebensqualität der Bevölkerung ist zu rechnen – insbesondere in Bezug auf Gesundheit, Arbeitserleichterung und zusätzliche Einkommensmöglichkeiten?
- Wie groß ist über das Trink- und Brauchwasser hinaus der Bedarf an zusätzlichem Wasser für eine Ausweitung des Bewässerungsfeldbaus (Reis!), und der Tierhaltung sowie der Entwicklung von Handwerk und Kleinindustrien?
- Inwieweit ist die Bevölkerung nicht nur bereit, sondern auch in der Lage, sich an den Kosten eines IWRM zu beteiligen?
- Welche traditionellen Regelungen und Organisationsformen bestehen bezüglich der Wasserverteilung und -entsorgung und wie lassen sich diese in ein IWRM einbinden?
- Welche staatlichen Institutionen sind für die verschiedenen Sektoren eines IWRM verantwortlich und wie effizient arbeiten diese zusammen? Welche Rolle spielen Nichtregierungsorganisationen?
- Welche Ansätze/Programme/Projekte für ein IWRM gibt es bereits in Indonesien (und darüber hinaus), welches sind deren Erfahrungen und gibt es Kooperationsmöglichkeiten?
- Welchen Beitrag kann ein IWRM zur regionalen Entwicklung leisten, z.B. zur Reduzierung der gegenwärtigen Auswanderungstendenz?

Antworten auf diese Fragen liegen zum Teil, allerdings nur aus dem Teilgebiet Gunung Sewu, schon vor. Aus den dort bereits durchgeführten Untersuchungen können wichtige Erkenntnisse hinsichtlich

der Erwartungen und Möglichkeiten auf Seiten der Zielgruppe gezogen sowie Defizite der bestehenden Wasserver- und -entsorgung aufgezeigt werden. Zudem wird deutlich, dass sich die Bevölkerung durchaus der Bedeutung eines verbesserten Wassermanagements bewusst ist. In einzelnen Dörfern gibt es bereits Ansätze für ein lokales Wassermanagement – ein Indikator für das Interesse der Bevölkerung und der Bereitschaft, sich an einem IWRM aktiv zu beteiligen. Die Untersuchungen zeigen weiterhin, dass die Bevölkerung der Gunung Sewu nicht nur eine verbesserte Trink- und Brauchwasserversorgung benötigt, sondern dass man sich zusätzlich Wasser für die Tierhaltung, die Feldbewässerung, die Anlage von Fischteichen und den Aufbau von Kleinindustrien verspricht. Zweifellos ergäben sich in diesen Bereichen gute Möglichkeiten für eine Einkommenssteigerung. Entlang der Südküste hat sich in den letzten Jahren ein bescheidener Tourismus entwickelt. Die Voraussetzungen für einen Ausbau sind günstig, allerdings konnte bislang das Problem der Wasserversorgung nicht gelöst werden.

Im Verlaufe des IWRM-Projekts werden auf das sozioökonomische Team weitere wichtige Aufgaben zukommen; dazu gehören:

- Ausweitung der sozioökonomischen Untersuchungen auf das Wonosari-Plateau, einschließlich der Beantwortung oben gestellter Fragen. Hierbei wäre es sinnvoll, auf die bewährten Methoden des IfG zurückzugreifen.
- Organisation regelmäßiger Workshops mit Vertretern der Bevölkerung und der verantwortlichen Institutionen mit dem Ziel einer Bewusstseinsbildung, Motivierung und aktiven Beteiligung der Zielgruppen (partizipativer Ansatz).
- Analyse der Auswirkungen der Projektmaßnahmen auf die Zielgruppen in Jahresabständen (bzw. Monitoring).
- Beteiligung an der Evaluierung nach Abschluss des Projekts.

Vernetzung: Das sozioökonomische Team strebt eine Vernetzung mit allen beteiligten Partnern an. Angesichts der heterogenen Rahmenbedingungen in den verschiedenen Teilen des Projektgebiets wird für alle Partner die Frage „welche Maßnahme an welchem Ort?“ von grundlegender Bedeutung sein. Bei der Beantwortung dieser Frage wird die Sozioökonomie aufgrund ihrer landeskundlichen und landessprachlichen Kompetenz eine wichtige Orientierungshilfe sein.

IV.2 Potential zur Umsetzung des Konzepts auf indonesischer Seite

Der Gouverneur der Yogyakarta Special Province (DIY), Sri Sultan Hamengku Bowono X, hat im Rahmen des IWRM-Workshops in Yogyakarta am 1./2. März 2005 angeboten, auf indonesischer Seite die Schirmherrschaft für ein mögliches IWRM-Verbundprojekt zu übernehmen. Sultan Hamengku Bowono X hat bis zum Jahre 2010 ein Programm zur Gesundheitsverbesserung in seiner Provinz ausgerufen. Die Wasserver- und -entsorgung für Gunung Kidul zu sichern ist ein wichtiger Baustein zur Erreichung des aufgestellten Ziels. Vor diesem Hintergrund wurde aus allen administrativen und wissenschaftlichen Ebenen und Fachbereichen ein großes Interesse an einem interdisziplinären IWRM-Projekt für Gunung Kidul bekundet und das Potenzial für ein umfassendes Engagement im Rahmen einer „2+2 Konzeption“ zugesichert.

Die indonesische Seite sieht Möglichkeiten der Projektförderung in Krediten internationaler Finanzinstitutionen, Investitionen der Privatwirtschaft sowie Fördergeldern der indonesischen Zentral-, Provinz- und Kommunalregierung. Kredite internationaler Geber wie z.B. Weltbank oder Asian Development Bank (ADB) könnten insbesondere für Infrastrukturprojekte im Wasser- und Energiesektor aber auch im Transportwesen und für Bildungsmaßnahmen genutzt werden.

Privatwirtschaftliche Investitionen (Eigenmittel und Bankkredite) setzen meist eine aktive Beteiligung der privaten Unternehmen an der Projektdurchführung voraus, sind jedoch im Rahmen einer IWRM-Umsetzung durchaus denkbar. Fördermittel der Zentralregierung können hingegen flexibler eingesetzt werden, z.B. für Investitionen in die Infrastruktur und Routineausgaben. Die Zentralregierung fungiert

zudem als Schuldner und Gegenfinanzierer bei der Projektförderung durch internationale Geber. Die finanziell geringer ausgestattete Provinzregierung ist in erster Linie mit der Projektinitiierung und -implementierung sowie der Organisation der nationalen Gelder betraut.

Die Kommunalregierung soll auf Provinzebene aktiv in Ausschüssen an dem Projekt beteiligt werden und die Maßnahmen an die lokale Bevölkerung vermitteln. Ein möglicher monetärer Beitrag von Provinz- und Kommunalverwaltung besteht in der Verpachtung bzw. Bereitstellung von Land, Vermietung ungenutzter Gebäude sowie der Bereitstellung von Personal insb. für Projektkoordination und -monitoring.

Die indonesische Seite betont, dass sich ihr Beitrag zur Projektförderung nicht am Kriterium ökonomischer Gewinnmaximierung, sondern an der Erreichung sozialer Ziele orientiert. Parameter der Förderfähigkeit von Projekten sind u.a. ihre soziale, politische und ökologische Akzeptanz, Durchführbarkeit (Infrastruktur), Finanzierbarkeit sowie ihr Nutzen für Bildung, Tourismus und Mikroökonomie. Diese Haltung der Regierung von Sri Sultan H.B.X kommt auch in folgendem Zitat zu den laufenden Forschungsaktivitäten in Gua Bribin zum Ausdruck:

„There is a certain priceless value in the development of Bribin Project - a collaborative civic mission of the University Karlsruhe, BMBF, BATAN and Local Governments of Yogyakarta!“

IV.3 „Capacity Building“ und „Know how“-Transfer sowie Marktchancen für deutsche Unternehmen

Die vorgeschlagene Konzeption des Verbundprojektes als 2+2-Projekt gemäß den Förderrichtlinien des BMBF setzt die enge Zusammenarbeit mit den indonesischen Partnern voraus. Zur Gewährleistung der Nachhaltigkeit eines IWRM sind von den verschiedenen Fachdisziplinen Technologien zu entwickeln, welche an das Können (Betrieb und Wartung) und die Bedürfnisse von Mensch und Natur in harmonischer Weise angepasst sind („appropriate technologies“). Die Entwicklungsarbeiten und Umsetzungen sind durch einen intensiven Know-how-Transfer zu begleiten. Das Capacity-Building muss sich hierbei neben den zuständigen Verwaltungsbehörden vor allem auf wissenschaftliche Partner, Industrie und Gewerbe sowie die ansässige Bevölkerung beziehen. Hierdurch wird die Basis gelegt für eine langfristig kooperative Zusammenarbeit mit Indonesien, die für die indonesische Seite eine deutliche Verbesserung der Lebensumstände im Karstgebiet sowie eine wissenschaftliche und technologische Förderung der beteiligten Institutionen und für die deutschen Industriepartner die Perspektive weitreichender ökonomischer Vorteile birgt.

Ein umfassendes Capacity Building Programm sollte v.a. die folgenden Maßnahmen einschließen:

- Administration: - Ausbildung und Inwertsetzung von Betriebs- und Wartungspersonal (z.B. PDAM)
- Weiterbildung der Aufsichtsbehörden/politisch Verantwortlichen
- Wissenschaft: - Austausch von Wissenschaftlern und Experten
- Gastaufenthalte in Forschungseinrichtungen
- Betreuung von Forschungs- und Doktorarbeiten
- Bevölkerung: - Kampagnen zur Hygieneaufklärung in Schulen und in der Erwachsenenbildung
- Offenlegung der Wechselwirkung von Wasserver- und -entsorgung
- Gewerbe: - Ausbildung lokaler Handwerker
- Übergreifend: - Durchführung von Workshops für nachhaltige Wasser- und Energienutzung

Was die konkrete bauliche Umsetzung angeht scheint unter dem Aspekt des Capacity Building die Schaffung entsprechender Ver- und Entsorgungssysteme an Orten mit größerem Publikumsverkehr (Moschee, touristische Einrichtung, Krankenhaus) sinnvoll zu sein. Im Hinblick auf die von den lokalen Behörden eingeforderte frühzeitige Gesundheitserziehung sollten Demonstrationsobjekte bevorzugt in Schulen (auch auf dem Land) errichtet werden.

Der Transfer von Know-how erfolgt durch die intensive Einbindung deutscher Unternehmen bei der technologischen Umsetzung des IWRM-Konzepts im Rahmen der Teilprojekte unter Einbeziehung indonesischer Industriepartner. Durch die wissenschaftliche Begleitung der Maßnahmen auf deutscher und indonesischer Seite werden Wirkung und Nachhaltigkeit des Know-how-Transfers noch verstärkt. In Anlage 21 sind mögliche deutsche und indonesische Partner für die Umsetzung verschiedener Maßnahmen im Rahmen der Teilprojekte dargestellt. Diesbezüglich wurden bereits Kontakte zu verschiedenen deutschen Unternehmen aufgenommen.

Aus der Einbindung der deutschen Unternehmen ergibt sich für diese nicht zuletzt auch ein erhebliches Potenzial für die Erschließung neuer Märkte. Durch die enge Zusammenarbeit mit indonesischen Partnern und die daraus entstehenden guten Kontakte und Regionalerfahrungen können sich neben Folgeaufträgen bei der Multiplikation der pilothaft umgesetzten Maßnahmen auch Chancen für neue Projekte in ganz Indonesien ergeben. Außerdem werden sich durch die Durchführung eines solchen internationalen Referenzprojekts die Marktchancen der Unternehmen auf dem Weltmarkt und damit auch in Deutschland verbessern. So kann beispielsweise durch den Bau einer Holzdruckrohrleitung in Seropan auch die Nutzung von Rohrleitungen aus Holz in Deutschland verstärkt in den Blickpunkt gebracht werden, so dass sich auch hier ein größerer Markt entwickeln kann. Dies lässt sich in ähnlicher Weise auf andere Industriebranchen übertragen.

IV.4 Synergien mit weiteren deutschen und internationalen Organisationen

In Indonesien sind derzeit zahlreiche deutsche und internationale Organisationen aktiv, viele davon im Wassersektor und einige auch in Zentraljava. Derzeit bestehen bereits Kontakte zu folgenden Organisationen bzw. Projekten:

GTZ / KfW: „ProAir“:

Ländliche Wasser- und Sanitärversorgung in der indonesischen Provinz Nusa Tenggara Timur (NTT)

GTZ: Ecological Sanitation - EcoSan:

Nachhaltige Abwasser- und Sanitärversorgungssysteme auf Basis stoffstromorientierter Kreislaufwirtschaft mit Aktivitäten in Indonesien, China, Botswana, Ägypten und der Sahelzone

BORDA: „Sanimas“:

Aufbau von Abwasserentsorgungssystemen für Kleinstädte Westjawas und Balis unter Berücksichtigung regenerativer Energien und Partizipation der lokalen Bevölkerung „Sanimas“:

Weltbank: „Kecamatan Development Project“ zur Verbesserung lokaler Infrastruktur mit Fördermöglichkeiten u.a. von Trinkwasser- und Abwasserentsorgungssysteme in ganz Indonesien sowie das „Water Resources & Irrigation Sector Management Program“ mit Projektgebieten u.a. in Westjava und Lombok

Die Tätigkeitsfelder dieser Organisationen sind thematisch eng mit den IWRM-Inhalten verknüpft. Somit können Erfahrungen bezüglich Trinkwassergewinnung, Wasserqualität, Abwasserentsorgung, Bewässerungsfeldbau und Partizipation der lokalen Bevölkerung in das geplante IWRM in Gunung Kidul einfließen. Die deutschen und internationalen Organisationen können im Gegenzug die innovativen technologischen und konzeptionellen Entwicklungen des IWRM nutzen. Von diesen Synergien profitieren nicht zuletzt auch die deutschen Unternehmen: Werden im IWRM angewandte Technologien von anderen Organisationen übernommen, erschließen sich für die Unternehmen neue Märkte und Möglichkeiten.

Seitens der **Weltbank** bestehen projektbegleitende Finanzierungsmöglichkeiten von Infrastrukturmaßnahmen, wie z.B. der Sanierung und Erweiterung der Wasserverteilungssystems Bribin und Seropan. Die **Asian Development Bank (ADB)** fördert im Rahmen des Programmes „*Renewable Energy Development Projects*“ zur Zeit Wasserkraftprojekte in Indonesien. Die ADB wurde diesbezüglich von Seiten der indonesischen Partner als möglicher Mittelgeber zur IWRM-Umsetzung genannt.

In den vergangenen Jahren ergaben sich hervorragende projektbezogene Synergieeffekte mit dem **DAAD-Förderprogramm** „Fachbezogene Partnerschaften mit Hochschulen aus Entwicklungsländern“ (z.B. Austausch von Gastwissenschaftlern der Sebelas Maret University und Ausrichtung eines Workshops zum Thema an *Energy and Natural Resources*). Auch Institutionen wie die *Stiftung für Entwicklungszusammenarbeit SEZ des Landes Baden-Württemberg* fördern projektbegleitende Vorhaben in Entwicklungsländern, wodurch sich sinnvolle Ergänzungen ergeben können (z.B. Aufbau eines physikalischen Modells der bestehenden Wehranlage in der Bribinhöhle am Wasserbauinstitut der Gadjah Mada University Yogyakarta, 2004 im Auftrag des IWG).

Das IWG erörtert zur Zeit mit der **Stadt Karlsruhe** und dem **Technologiepark Karlsruhe** die Möglichkeiten einer Regionalpartnerschaft zwischen der Technologieregion Karlsruhe und der Yogyakarta Special Province. Kontakte zwischen Bürgermeister Manfred Groh und Gouverneur Sri Sultan H.B. X bestehen bereits seit 2003. Vor dem Hintergrund der Tsunami-Katastrophe haben sich zur Konkretisierung gemeinsamer Aktivitäten in Indonesien neue Randbedingungen ergeben. Zum Einen könnte eine Regionalpartnerschaft auf die Aufnahme einer gemeinsamen Patenschaft in der Krisenregion Nord-Sumatras ausgeweitet werden. Zum Anderen bietet das geplante IWRM-Verbundprojekt ideale Voraussetzungen um Fördermittel (z.B. Spendengelder) zielgerichtet zur Finanzierung von Infrastrukturmaßnahmen auch in Gunung Kidul zukommen zu lassen. Aber auch auf der Ebene einer behördlichen Zusammenarbeit könnte die Stadt Karlsruhe einen wichtigen Beitrag zum Capacity Building leisten, so z.B. im Bereich der Wassergütesicherung in Kooperation mit den **Stadtwerken Karlsruhe**, zu denen im Verbund ebenfalls langjährige Kontakte bestehen.

Zudem steht eine Kooperation mit dem **Geoforschungszentrum Potsdam (GFZ)** in Aussicht. Die *Abteilung Geoengineering* (Prof. Dr. Günter Borm) verfügt über ein hochauflösendes geoseismisches Verfahren zur Ortung von Hohlräumen, welches zur Erkundung der Wasserressourcen in Gunung Kidul eingesetzt und weiterentwickelt werden kann (vgl. Inhalte TP4).

Weitere teilprojektbezogene Kooperationen sind mit den Stadtwerken Pforzheim (TP2,TP7,TP8,TP9), dem Technologiezentrum Wasser des DVGW (TP8) sowie dem Rheinisch-Westfälische Institut für Wasserforschung (TP8) angedacht.

IV.5 Zeitplanung für die Konzeptumsetzung

Das im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsuntersuchung skizzierte Verbundvorhaben versteht sich als Pilotprojekt zur gesamtheitlichen Entwicklung und Umsetzung eines IWRM-Konzeptes für eine ländlich bis urban geprägte Küstenregion Südostasiens.

Aufgrund des Umfangs der geplanten Arbeitsschwerpunkte und der Zielsetzung, die Entwicklungen unter der Berücksichtigung von Nachhaltigkeitszielen in enger Zusammenarbeit mit den indonesischen Behörden, Wissenschaftspartnern sowie Industrie und Gewerbe langfristig zu etablieren wird eine Projektlaufzeit von insgesamt 5 - 7 Jahren für realistisch gehalten. Die nachfolgenden Darstellungen zum Zeitablauf und den entsprechenden Kosten beziehen sich auf die Mindestlaufzeit von 5 Jahren mit zwei sich zeitlich überlappenden Projektphasen zur Umsetzung der verschiedenen Arbeitsschwerpunkte.

Bei der zeitlichen Planung des Projektablaufes ist zu beachten, dass die Abfolge der Maßnahmen an das finanzielle, personelle und organisatorische Potenzial der indonesischen Seite angepasst ist. Dies gilt insbesondere für die bauliche Umsetzung technologischer Konzepte bzw. Infrastrukturmaßnahmen in Zusammenarbeit mit indonesischen Industriepartnern. Der Zeit- und Kostenplan kann in Abhängigkeit der Haushaltsplanungen der indonesischen Seite sowie möglichen zusätzlichen Förderquellen [vgl. Kap. IV.4] zur gemeinsamen Implementierung bzw. Umsetzung von Technologiekonzepten angepasst werden. Diesbezüglich kann eine zeitliche Streckung der IWRM-Umsetzung auf 6 – 7

Jahre sinnvoll sein. Diese wäre mit einer Erhöhung der Gesamtaufwendungen für die deutschen Wissenschaftspartner, welche die Umsetzung zu begleiten haben, um ca. 10-20 % verbunden.

Wie sich im Rahmen des IWRM-Workshops und der Exkursionen gezeigt hat, bewertet sowohl die Bevölkerung als auch die öffentliche Verwaltung vor dem Hintergrund des akuten Handlungsbedarfes auf der Wasserversorgungsseite die Bereiche Wasserqualität und -entsorgung gegenwärtig mit geringerer Priorität, so dass die hiermit verbundenen Work-Packages und Umsetzungsmaßnahmen schwerpunktmäßig in der zweiten Projektphase angesiedelt werden. Es ergibt sich der in Abb. 19 dargestellte Entwurf zur Meilensteinplanung.

Pos	Arbeitsschwerpunkte PHASE I	Kernphase			Nachphase		Bezug
		2006	2007	2008	2009	2010	
1	Erkundung der Wasserressourcen im Einzugsgebiet / Abdichtungsverfahren für Sperrbauwerke im Karst						
1.1	Speleologische Erkundungen in Gunung Kidul und angrenzenden Regionen						TP1
1.2	Geodätische Vermessungsarbeiten (u.a. Seropan)						TP2
1.3	Erkundungsbohrungen / Geologische Bewertung (u.a. Seropan)						TP2, TP3, TP4
1.4	Entwicklung und Anwendung geophysikalischer Verfahren						TP3
1.5	Aufbau eines hydrologischen / hydrogeologischen Monitoringsystems						TP1
1.6	Entwicklung von Abdichtungstechniken im Fels und Technologien zur Stabilisierung und Verdichtung von Karstfüllungen						TP 4, TP5
1.7	Entwicklung und Aufbau eines Monitoring-Systems zur Langzeit-Überwachung von Absperrbauwerken (u.a. Bribin)						TP4, TP5
2	Entwurf und Bau der unterirdischen Wasserkraftanlage Gua Seropan mit Holzdruckrohrleitung						
2.1	Entwicklung bautechnischer und baustofftechnologischer Konzepte für unterirdische Wasserfassung etc.						TP1,TP5,TP6
2.2	Erarbeitung geotechnische und geophysikalischer Bewertungsverfahren und Lösungen						TP3,TP4
2.3	Projektierungsphase, Dimensionierung						TP1, TP2,TP4,TP5,TP6
2.4	Bau eines Zugangsschachtes (Vertikalbohrung)						TP2,TP4
2.5	Bau der Wasserkraftanlage mit Holzdruckrohrleitung						TP1,TP4, TP5, TP6
2.6	Implementierung angepasster Turbinen-/Pumpentechnologie und Steuerungseinheit						TP1
3	Sanierung des Verteilungsnetzes Bribin (Kegelkarstgebiet) mit Speicherbauwerken						
3.1	Aufbau eines Simulationsmodells zur Netzoptimierung						TP1
3.2	Entwicklung angepasster Konzepte zur Energierückgewinnung						TP1
3.3	Entwicklung angepasster baulicher / baustofftechnologischer Lösungen für Rohrleitungsfundamente und Zwischenspeicher						TP5
3.4	Bauliche Umsetzung der Sanierung und Erweiterung des Verteilungsnetzes						TP1, TP5
4	Entwicklung eines Geoinformationssystems (Konzeptionell)						
4.1	Zusammenführung existierender Geodatenbestände						TP2, TP11
4.2	Erstellung einer Konzeption für das Datenmanagement						TP2
Pos	Arbeitsschwerpunkte PHASE II	Vorphase		Kernphase		Bezug	
		2006	2007	2008	2009		2010
5	Erweiterung des Verteilungsnetzes Seropan (Wonosari Plateau) mit Speicherbauwerken						
5.1	Anpassung des Simulationsmodells Bribin an Anforderungen im urbanen Bereich						TP1
5.2	Bauliche Umsetzung der Sanierung und Erweiterung des Verteilungsnetzes auf dem Wonosari Plateau						TP1, TP5
6	Konzepte zur dezentralen Energierückgewinnung						
6.1	Konzeptentwicklung zu dezentralen Energierückgewinnungsanlagen						TP1
6.2	Exemplarische Implementierung einer Energierückgewinnungsanlage im Verteilungssystem Bribin						TP1

7 Entwicklung und Umsetzung angepasster Wasseraufbereitungstechnologie							
7.1	Intensivierung der behördlichen und wissenschaftlichen Kontakte, erster Wissenstransfer und Datenrecherche						TP3, TP7, TP8
7.2	Konzeptentwicklung für ein Monitoringsystem zur Wassergüte (Auswahl Indikatoren, Entnahmestellen und -rythmus)						TP7, TP8
7.3	Implementierung des Monitoringsystems zur Qualitätsüberwachung (Bribinsystem, Seropan, Wonosari)						TP7, TP8
7.4	Entwicklung angepasster Verfahren zur Hygienisierung (Mikrobiologie)						TP7, TP8
7.5	Entwicklung angepasster Filterverfahren (Anorganik)						TP3, TP7, TP8
7.6	Exemplarische bauliche Umsetzung dezentraler Trinkwasser-Aufbereitungsanlagen						TP7,TP8 (TP1,TP5, TP11)
8 Entwicklung und Umsetzung angepasster Abwasserbehandlungs- / -entsorgungssysteme							
8.1	Intensivierung der behördlichen und wissenschaftlichen Kontakte, erster Wissenstransfer und Datenrecherche						TP9
8.2	Erstellung eines Stoffstrommodells für das Wassereinzugsgebiet						TP1, TP9
8.3	Entwicklung eines Abfall- und Abwasserkonzeptes für den urbanen Bereich (Wonosari-Stadt)						TP9
8.4	Weiterentwicklung der Sanitärtechnologie für den ländlichen Bereich auf Basis von Gemeinschaftslösungen						TP9
8.5	Exemplarische Umsetzung des Konzeptes für Einzelanwesen, Gewerbe/Industrie, Schulen und Krankenhaus (Wonosari-Stadt)						TP9 (TP5,TP11)
8.6	Einführung von umweltentlastenden Sanitärtechnologien für Einzelanwesen und Schulen im ländlichen Bereich						TP9 (TP5,TP11)
8.7	Aufbau eines mikrobiologischen Abwasserüberwachungssystems für Wonosari-Stadt						TP7, TP9
9 Implementierung eines GIS-gestützten Managementsystems bei der lokalen Wasserbehörde							
9.1	Programmierung von angepassten Funktionalitäten, Benutzeroberflächen, Datenschnittstellen						TP1,TP2
9.2	Systemimplementierung bei der Wasserbehörde						TP1,TP2
Pos	Phasenübergreifend						Bezug
		2006	2007	2008	2009	2010	
10. Integrative Nachhaltigkeitsbetrachtung und Technikfolgenabschätzung (TA)							
10.1	Feststellung der (Nachhaltigkeitsziele / Analyse der Nachhaltigkeitsdefizite						TP10,TP11
10.2	Konzipierung alternativer explorativer Szenarien hinsichtlich gesellschaftlicher Entwicklungsmuster und Technologieoptionen						TP1-TP11
10.3	Life-Cycle-Assessment für ausgewählte Technologieoptionen/ Integrative TA für die priorisierten Technologieoptionen						TP10
10.4	Analyse institutioneller und politischer Realisierungsbedingungen/						TP0,TP10,TP11
10.5	Erstellung von Capacity-Building-Modulen						TP1-TP11
11 Sozioökonomische Analyse, Umsetzung partizipativer Ansätze und Wirkungsanalyse							
11.1	Sozioökonomische Analyse der Zielgruppen/ Monitoring der Auswirkungen der Projektmaßnahmen						TP10,TP11
11.2	Durchführung von Workshops für nachhaltige Wassernutzung und Unterhaltung der implementierten Systeme (partizipativer Ansatz)						TP10,TP11
11.3	Identifizierung von vergleichbaren Regionen bezüglich Übertragbarkeit des IWRM-Ansatzes						TP11
12 Projektkoordination							
12.1	Koordinierung der deutsch-indonesischen Verbundaktivitäten						TP0
12.2	Kontaktaufnahme und Kooperation mit weiteren Wasserprojekten in Indonesien / Unterstützung der Aquisie externer Förderungen						TP0,TP11

Abb. 19: Entwurf zur Meilensteinplanung

IV.6 Verwertungsaussichten

Aus den interdisziplinären FuE-Arbeiten im Rahmen des Projektes resultiert letztendlich die Grundlage für die Schaffung einer wissenschaftlich-technologischen Kompetenz zur Erschließung und nachhaltigen Nutzung der Wasserressourcen in tropischen Gebieten mit ausgeprägten Regen- und Trockenzeiten. Die Auswahl der Modellregion fokussiert bewusst auf eine Karstregion, da diesbzgl. weltweit ein besonders großer Bedarf besteht und hinsichtlich Erkundung, Bewirtschaftung und Schutz der Wasserressource zusätzliche Herausforderungen an alle Fachdisziplinen eines IWRM gestellt werden. Wichtige Zielsetzung ist hierbei, basierend auf dem fundierten Wissen über „high-technologies“, angepasste Methoden zu entwickeln, welche die Anforderungen und Möglichkeiten der

Bevölkerung in der Zielregion berücksichtigen. Eine Vielzahl an Forschungsergebnissen des IWRM-Projektes werden sich zudem auch auf Gegenden mit nicht verkarstem Untergrund übertragen lassen [vgl. Kap. IV.8].

Die Konzeption des Verbundprojektes als 2+2-Projekt gemäß den Förderrichtlinien des BMBF setzt die enge Zusammenarbeit mit den Behörden und wissenschaftlichen Institutionen vor Ort voraus und gewährleistet den effektiven Transfer von Know-How im Rahmen des Capacity-Building (→ „Hilfe zur Selbsthilfe“). Aus den gewonnenen Erfahrungen sollen wissenschaftlich fundierte und praxisbezogene Aus- und Fortbildungsunterlagen erarbeitet werden, die einerseits im Rahmen von Lehrprogrammen an den Hochschulen vermittelt werden können und andererseits den behördlichen Einrichtungen im Wassersektor als Grundlage für den weiteren Ausbau bzw. die Übertragung des IWRM-Konzeptes dienen werden.

Hierdurch wird die Basis gelegt für eine langfristige Fortführung der kooperativen Zusammenarbeit mit Indonesien, die für die indonesische Seite eine deutliche Verbesserung der Lebensumstände im Karstgebiet sowie eine wissenschaftliche und technologische Förderung der beteiligten Institutionen und für die deutschen Unternehmen die Perspektive weitreichender ökonomischer Vorteile birgt.

Somit wird das IWRM-Projekt in Gunung Kidul letztendlich drei Funktionen erfüllen:

1. Verbesserung der Situation der Wasserversorgung für etwa 300.000 Menschen
2. Bereitstellung der methodischen Grundlagen eines IWRM-Konzeptes zum Zwecke der Multiplikation auf andere Regionen („Leuchtturmprojekt“)
3. Entwicklung angepasster Technologien → weitreichende Öffnung von Marktchancen für deutsche Unternehmen

Die Erfolgsaussichten sind aufgrund der detaillierten Vorarbeiten und des umfassenden bestehenden Netzwerkes auf allen Ebenen als sehr hoch einzustufen. Nicht zuletzt wird das Projekt einen wichtigen Beitrag zur interkulturellen Verständigung leisten, was gerade vor dem Hintergrund der weltpolitischen Situation von existentieller Bedeutung ist.

Themenbezogene Hinweise zu den Verwertungsmöglichkeiten finden sich in den Beschreibungen der Teilprojekte [vgl. Kap. IV.1].

IV.7 Kostenabschätzung

Die folgende Kostenliste stellt eine grobe Schätzung der zur Entwicklung und Umsetzung eines IWRM in Gunung Kidul erforderlichen Mittel für die deutschen Kooperationspartner der Universitäten Karlsruhe und Gießen sowie des Forschungszentrums Karlsruhe dar. Sie beinhalten neben Personal- und Reisemittel auch Aufwendungen für Verwaltung und Sachmittel sowie die Vergabe von Mitteln an indonesische Partnerinstitutionen im Rahmen des Capacity Building. Letztere sind stark begrenzt, da die Erfahrung gezeigt hat, dass seitens der indonesischen Counterparts z.T. unrealistische finanzielle Forderungen an die deutsche Seite gestellt werden. Vor dem Hintergrund der „2+2“-Projektkonzeption wird angestrebt, dass seitens der indonesischen Regierung ein zusätzliches Budget für die indonesischen Hochschulpartner eingeplant wird, welches im Rahmen der IWRM-Entwicklung in Abstimmung mit der deutschen Seite über Antragsstellung an indonesische Wissenschaftspartner vergeben wird. Zudem ist geplant, diesbezüglich auch projektbegleitende externe Förderungen (z.B. DAAD, SEZ Baden-Württemberg) zu akquirieren. Dies hat bereits im Rahmen des laufenden Projektes zu sinnvollen Synergien geführt [vgl. Kap. IV.4].

Die Projektlaufzeit wurde auf 5 Jahre angesetzt. Eine Änderung der zeitlichen Staffelung des Mitteleinsatzes ist gemäß den Ausführungen zur Zeitplanung [vgl. Kap. IV.5] möglich. Eine zeitliche Streckung der IWRM-Umsetzung auf 6 – 7 Jahre wäre mit einer Erhöhung der Gesamtaufwendungen für die deutschen Wissenschaftspartner, welche die Umsetzung zu begleiten haben, um ca. 10-20 % verbunden.

Mittelangaben für die Beteiligung deutscher Industriepartner sind nicht aufgeführt, da hierzu weitere Abstimmungsgespräche erforderlich sind. Eine Auflistung möglicher Maßnahmen unter Einbeziehung deutscher Unternehmen ist in Kap. IV.3 bzw. in Anlage 21 gegeben.

Zur Bereitstellung von Mitteln für die bauliche Umsetzung von Infrastrukturmaßnahmen im Untersuchungsgebiet (Ausbau der Höhle Seropan, Sanierung und Erweiterung des Verteilungsnetzes, Bau von Aufbereitungs- und Abwasserbehandlungsanlagen) wird die indonesische Seite im Rahmen der vorgeschlagenen „2+2“-Projektkonzeption auf internationale Unterstützung angewiesen sein. Hierzu stehen seitens der in Kap. IV.4 aufgeführten Institutionen zusätzliche Förderungen in Aussicht.

Jahr	2006	2007	2008	2009	2010	TP-Summen [€]
TP 0	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
TP 1	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
TP 2	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
TP 3	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
TP 4	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
TP 5	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
TP 6	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
TP 7, 8	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
TP 9	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
TP 10	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
TP 11	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Jahressummen	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX

Kostenspezifikation [€]	
Personalmittel	XXX
Verwaltung/Hiwis	XXX
Reisemittel	XXX
Sachmittel	XXX
Vergabe an Dritte	XXX
Summe	XXX

Aufbau GIS / Datenmanagement	16 %
Technologien zur - Erschließung der Wasserressource - Wasser- und Energiebewirtschaftung - Wasserverteilung	47 %
Wasseraufbereitung / Abwasserbehandlung	19 %
Sozio-ökonomische Bewertung / Technikfolgenabschätzung	14 %
Koordination	4 %

Tab. 3: Kostenschätzung und -spezifikation Phasen I und II (2006 – 2010)

IV.8 Übertragbarkeit auf andere Regionen

Aus den in Kap. III.2 zusammengefassten Gründen wird als Zielregion für die Umsetzung des IWRM-Konzepts der Distrikt Gunung Kidul vorgeschlagen und hier speziell die Gunung Sewu als ländlicher Bereich, die Stadt Wonosari als urbaner Bereich sowie der Übergangsbereich des Wonosari-Plateaus. Die hydrologisch zusammenhängende Zielregion umfasst somit von Einzelanwesen über kleinere Dörfer und Streusiedlungen bis hin zu urbanen Bereichen ein großes Spektrum möglicher Siedlungsformen. Hierdurch wird gewährleistet, dass die im Rahmen eines IWRM-Projektes entwickelten interdisziplinären Lösungsansätze ebenso breitgefächert sind und auf andere Regionen Südostasiens und weltweit übertragbar sind. Hinzukommt die Berücksichtigung der nahe gelegene Großstadt Yogyakarta, die zwar geographisch nicht direkt als Zielregion betrachtet wird, jedoch aus sozio-ökonomischer Sicht in Wechselwirkung mit dem Zustand des Wassersektors in der Kernregion steht.

Die Auswahl der Modellregion fokussiert aus geologischer Sicht eine Karstregion. Gunung Kidul ist hierbei keine Ausnahmegegend. Von den Regierungen der Nachbarprovinzen Pacitan und Wonogiri

wurden bereits Anfragen an das Forscherteam aus Karlsruhe bezüglich der Erschließung der dortigen unterirdischen Flüsse gestellt. Erste Untersuchungen wurden bereits durchgeführt. Auf den kleinen Sundainseln Sumba und Timor befindet sich das KfW/GTZ-Projekt „ProAir“. Auch von den dortigen Mitarbeitern wurden erste Anfragen bezüglich der Erschließung unterirdischer Karstgewässer gestellt.

Die Nutzung von Karstaquiferen zur Trinkwasserversorgung hat aber auch globale Relevanz. Dies wird unterstrichen durch die im Rahmen des laufenden Projektes durchgeführte Studie „Unterirdische Karstfließgewässer als Ressource zur Trinkwasserversorgung“ des Instituts für Mineralogie und Geochemie. Die Studie verdeutlicht den eingeschränkten Zugang eines Großteils der Weltbevölkerung zu sauberem Trinkwasser, insbesondere in Afrika und Asien. Bei der Erschließung neuer Wasserressourcen kommt den Karstwasseraquiferen, die weltweit verbreitet sind, eine immer größere Bedeutung zu. Es wird deutlich, dass in vielen Regionen der Erde (so z.B. in Südchina, Japan, Philippinen, Thailand, Laos und Südamerika) Karstaquifere als maßgebende Wasserquelle genutzt werden bzw. nutzbar gemacht werden sollen. Eine Übersicht der Karstgebiete Südostasiens, in denen z.T. ebenso akuter Wassermangel herrscht, ist in Abb. 20 gegeben.

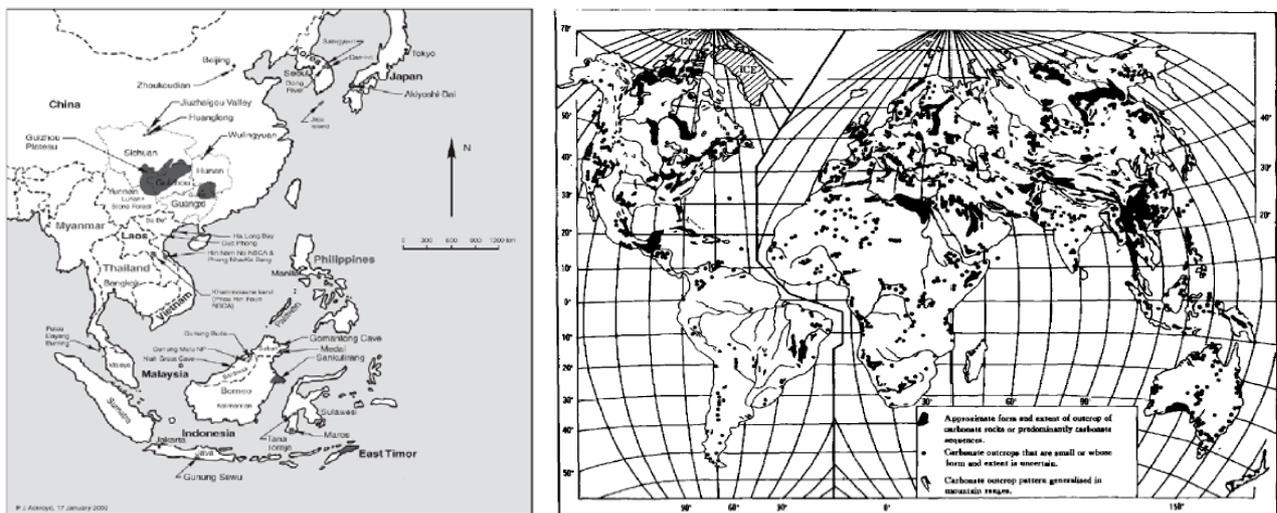


Abb. 20: Karstgebiete in Südostasiens (links) und globale Verteilung von Karstgebieten (rechts)

Während oberirdische Eingriffe in den Wasserhaushalt ökologisch oft vielfältige negative Auswirkungen haben, sind die Folgewirkungen unterirdischer Eingriffe zur Wassergewinnung deutlich geringer. Dies gilt vor allem dann, wenn regenerative Energie zur Wasserförderung eingesetzt wird. Hierzu werden die beiden Bewirtschaftungskonzepte (Sperrbauwerk mit Volleinstau, Holzdruckrohrleitung), welche durch BMBF-Förderung als Demonstrationsanlagen in die Praxis umgesetzt werden sollen, eine Multiplikation auf andere Standorte sicherstellen.

Derzeit fließen tausende von Flüssen, wie Bribin oder Seropan ungenutzt ins Meer, während die Menschen der Regionen unter Wassermangel leiden. Vor allem in Entwicklungs- und Schwellenländern besteht bezüglich an die Möglichkeiten vor Ort angepasster Technologien zur Erkundung und Bewirtschaftung der unterirdischen Wasserressourcen sowie wirksamen Schutzstrategien des vulnerablen Karstwassers ein enormer Handlungsbedarf.

Die Erschließung des unterirdischen Fließgewässersystems in Verbindung mit der gesamtheitlichen Erarbeitung eines IWRM in Gunung Kidul wird einen wichtigen Beitrag zur Lösung weltweit existierender Wasserknappheit in Karstgebieten liefern. Eine Vielzahl an Forschungsergebnissen des IWRM-Projektes werden sich zudem auch auf Gegenden mit nicht verkarstem Untergrund übertragen lassen.

LITERATUR- UND INTERNETVERZEICHNIS

AHNERT, FRANK; Einführung in die Geomorphologie; Stuttgart, 1996.

zit.: AHNERT 1996.

DIERCKE; Wörterbuch – Allgemeine Geographie; Leser, Hartmut (Hrsg.); 10. Auflage; München, Braunschweig, 1998.

zit.: DIERCKE 1998.

ECOSAN: Kreislaufwirtschaft im Abwassermanagement

zit.: ECOSAN 2005.

FLATHE, H. und PFEIFFER, D.; Grundzüge der Morphologie, Geologie und Hydrologie im Karstgebiet Gunung Sewu/Java (Indonesien); In: Bundesanstalt für Bodenforschung und den Geologischen Landesämtern der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.); Geologisches Jahrbuch, Band 83, S. 533-562; Hannover, 1965.

zit.: FLATHE/PFEIFFER 1965, 533.

KIRONO, DEWI G. C. und KHAKHIM, NURUL; Rainfall and El Nino Southern Oscillation: Links and its Impact on Crop Production; In: The Indonesian Journal of Geography, Vol. 30, No. 76, S. 21-34; Yogyakarta, 1998.

zit.: KIRONO/KHAKHIM 1998.

INTERNATIONAL SEKRETARIAT FOR WATER; Serving sustainable community development
Stand:24.01.2005

<http://www.i-s-w.org/en/index.html>

zit: ISW 2005

JUNGHUHN, F. W.; Topographische und naturwissenschaftliche Reise durch Java; Magdeburg, 1845.

zit.: JUNGHUHN 1845.

MacDonald & Partners; Greater Yogyakarta Groundwater Resources Study; London, 1984.

Volume 1 – Main Report; zit.: MMP I 1984.

Volume 2 – Hydrology; zit.: MMP II 1984.

Volume 3 – Groundwater; zit.: MMP III 1984.

Volume 4 – Soils; zit.: MMP IV 1984.

Volume 5 – Agriculture and Farm Economics; zit.: MMP V 1984.

Volume 6 – Fisheries; MMP VI 1984.

Volume 7 – Non-Agricultural Water Demand; zit.: MMP VII 1984.

Volume 8 – Water Supply; zit.: MMP VIII 1984.

Volume 9 – Irrigation; zit.: MMP IX 1984.

Volume 10 – Institutional Aspects of Gunung Kidul Project; zit.: MMP X 1984.

Volume 11 – Gunung Kidul Project Monitoring Analysis; zit.: MMP XI 1984.

Volume 12 – Economics; zit.: MMP XII 1984.

Volume 13 – Album of Maps and Drawings; zit.: MMP XIII 1984.

NIBBERING, J. W.; Crisis and Resilience in Upland Land Use in Java; In: Hardjono (Ed.); Indonesia: Resources, Ecology, and Environment, S. 104-132; New York, 1991.

zit.: NIBBERING 1991, 104.

SCHOLZ, U., UNGER, B. und LUX, T.; Sozioökonomische Analyse der potentiellen Wassernutzer (unveröffentlichte Studie zum BMBF-Projekt: Erschließung und Bewirtschaftung unterirdischer Karstfließgewässer, Mitteljava, Indonesien)

zit.: SCHOLZ, UNGER, LUX 2004

SOBSEY, M.D.: Managing Water in the Home: Accelerated Health Gains from Improved Water Supply. WHO/SDE/WSH/02.07.

zit.: SOBSEY; 02.07

UHLIG, H.; Man and Tropical Karst in Southeast Asia – Geo-ecological Differentiation, Land Use and Rural Development Potentials in Indonesia and other Regions; In: GeoJournal 4.1, S. 31-44; Wiesbaden, 1980.

zit.: UHLIG 1980, 31.

UMWELTATLAS HESSEN; Mittlere Niederschlagshöhe 1901 - 2000

<http://atlas.umwelt.hessen.de/atlas/>

Stand: 24.01.2004

zit.: UMWELTATLAS 2004

UNITED NATIONS; WASSER FÜR MENSCHEN, WASSER FÜR LEBEN – WELTWASSERENTWICKLUNGSBERICHT DER VEREINTEN NATIONEN; ZUSAMMENFASSUNG; BONN, 2003.

zit.: UN WWDR 2003.

UNITED NATIONS POPULATION DIVISION; WORLD POPULATION PROSPECTS: THE 2002 REVISION. POPULATION DATABASE; IN: INTERNETAUFTRITT DER ‚UNITED NATIONS‘;

<http://esa.un.org/unpp;>

Stand: 22. Januar 2004.

zit.: UNPD 2002.

WCED 1987: World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Oxford: Oxford University Press
(deutsch: Hauff V: Unsere Gemeinsame Zukunft. Greven: Eggenkamp 1987)

zit.: WCED 1987

WETTERZENTRALE; Klimadaten von Karlsruhe 1961 – 1990

<http://www.wetterzentrale.de/klima/index.html>

Stand: 24.01.2005

zit.: WETTERZENTRALE 2005

WORLD HEALTH ORGANIZATION UND UNICEF; Access to Improved Drinking Water Sources; In: Internetauftritt des ‚Joint Monitoring Programme for Water Supply & Sanitation‘;

HTTP://WWW.WSSINFO.ORG/EN/25_WAT_DEV_EN.HTML;

STAND: 15. JULI 2004.

ZIT.: WHO/UNICEF 2001.

YOGYAKARTA URBAN INFRASTRUKTURE MANAGEMENT SUPPORT; Inventarisasi dan evaluasi kinerja aset-aset PDAM di aglomerasi perkotaan Wonosari

SEKTOR: AIR BERSIH; ZIT.: YUIMSA 1999

SEKTOR: DRAINASE; ZIT.: YUIMSB 1999

YOSHINO, M.; URUSHIBARA-YOSHINO, K. und SURATMAN W.; ENSO and its Impacts on Agricultural Production and Population: An Indonesian Example; In: Department of Geography, Hosei University (Hrsg.); Japanese Progress in Climatology; S. 33-45, Tokyo, 1997.

zit.: YOSHINO ET AL. 1997, 33.

RELEVANTE SEKUNDÄRLITERATUR UND EIGENE VERÖFFENTLICHUNGEN

TP 1 NACHHALTIGE WASSER- UND ENERGIEBEWIRTSCHAFTUNG IN TROPISCHEN KARSTREGIONEN (IWG/WK, UNI KA)

Oberle, P. und Nestmann, F. (2000): „Machbarkeitsuntersuchung: Erkundung der Möglichkeiten der Wasser- und Energiebewirtschaftung großer unterirdischer Wasservorräte in Wonosari, Yogyakarta, Java, Indonesien“, Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, Universität Karlsruhe (TH)

Cembrowicz, R. (1988): „Sielungswasserwirtschaftliche Planungsmodelle“, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg

Bhave, P. (1991): „Analysis of flow in water distribution networks“, Technomic Publishing Company, Lancaster/Basel

Deuerlein, J. (2002): „Zur hydraulischen Systemanalyse von Wasserversorgungsnetzen“, Dissertation, Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, Universität Karlsruhe (TH)

Punit, S. (2005, Veröffentlichung steht aus): „Optimization of Internal Hydraulics and of System Design for PUMPS AS TURBINES with Field Implementation and Evaluation“, Dissertation, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Universität Karlsruhe (TH)

Milanović, P. (2004): „Water Resources Engineering in Karst“, CRC Press, New York

Blind, H. (1987): „Wasserbauten aus Beton“, Ernst & Sohn Verlag, Berlin

Mosonyi, E. und Giesecke J. (1998): „Wasserkraftanlagen“, Springer Verlag, Berlin /Heidelberg

Mosonyi, E. (1987): „Low-Head Power Plants“, Akadémiai Kiadó, Budapest

Mosonyi, E. (1991): „High-Head Power Plants“ Band A, Akadémiai Kiadó, Budapest

Mosonyi, E. (1991): „High-Head Power Plants“ Band B, Akadémiai Kiadó, Budapest

Radler, S. (1981): „Kleinwasserkraftwerke - Projektierung + Entwurf“, Gröpner, Wien

TP 2 ERSTELLUNG EINES GEOINFORMATIONSSYSTEMS UND GEODÄTISCHE BEGLEITUNG DES VORHABENS (GIK, UNI KA)

Bill, R. und Fritsch, D. (1991): „Grundlagen der Geo-Informations-Systeme“ Band 1, Wichmann Verlag, Karlsruhe

Bill, R. (1996): „Grundlagen der Geo-Informations-Systeme“ Band 2, Wichmann Verlag, Karlsruhe

Barthelme, N. (1995): „Geoinformatik. Modelle, Strukturen, Funktionen“, Springer Verlag, Berlin / Heidelberg

Worboys, M. F. (1995): „GIS: A Computing Perspektive“, Taylor & Francis, London.

Bernhardt, U. (1994): „Geo-Informations-Systeme in EVU“, VWEW, Frankfurt am Main

<http://www.geoinformation.net>

<http://www.cosgeo.de>

DVW-Schriftenreihe 18 (1995): „GPS - Leistungsbilanz '94“, Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart

DVW-Mitteilungen – Landesverein Baden-Württemberg (1998): „GPS“, Heft 2

DVW-Schriftenreihe 44 (2002): „GPS 2002: Antennen, Höhenbestimmungen und RTK-Anwendungen“, Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart

DVW-Mitteilungen – Landesverein Baden-Württemberg (1986): „Beurteilung Geodätischer Netze“, Sonderheft

<http://www.gik.uni-karlsruhe.de/taetigkeitsbereiche.html>

<http://www.gik.uni-karlsruhe.de/software.html>

TP 3 GEOWISSENSCHAFTLICHE EXPLORATION VON UNTERIRDISCHEN KARSTFLIEßGEWÄSSERN UND NUTZUNG VON MINERALISCHEN RESSOURCEN ZUR TRINKWASSERAUFBEREITUNG (IMG, UNI KA)

Berg, U.; Donnert, D.; Markert, U.; Neumann, T. und Wurm, K. (2003): „Seespezifische Einflüsse auf eine Calcitbarriere zur Erhöhung der Phosphor-Retention“. Wasser und Boden 55/4: S. 19-24.

Berg, U.; Neumann, T.; Donnert, D.; Nüesch, R. und Stüben, D. (2004): „Sediment capping in eutrophic lakes - efficiency of undisturbed calcite barriers to immobilize phosphorus“. – Applied Geochemistry 19: S. 1759-1771.

Hlawatsch, S.; Neumann, T.; Van Den Berg, C.M.G.; Kersten, M.; Harff, J. und Suess, E. (2002): Fast- growing, shallow-water ferro-manganese-nodules from the western Baltic Sea: origin and modes of trace element incorporation. - Marine Geology. 182/3-4: S. 373-387.

- Neumann, T.; Heiser, U.; Leosson, M. A. und Kersten, M.** (2002): „Early diagenetic processes during Mn-carbonate formation: Evidence from the isotopic composition of authigenic Carhodochrosites of the Baltic Sea”. - *Geochimica et Cosmochimica Acta* 66/5: S. 867-879
- Neuman, T.; Heiser, U. und Leosson, M.A.** (2001): „Reconstructing Paleosalinities of the Baltic Sea from Oxygen Isotopic Composition of Authigenic Mn-Carbonates: Applicability and Limitation”. - *J. Conf. Abs. Vol. 6, No. 1*: 113
- Neumann, T.; Heiser, U.; Leosson, M. und Stüben, D.** (2001): „Is the Oxygen Isotopic Composition of Authigenic Mn-Carbonates a Bottom-Water Salinity Indicator or a Reflection of Early Burial Diagenetic Processes: Evidence from Recent Sediments of the Baltic Sea”. - In Eleventh Annual V. M. Goldschmidt Conference, Abstract #3335. LPI Contribution No. 1088, Lunar and Planetary Institute, Houston
- Neumann, T.; Stögbauer, A.; Walpersdorf, E.; Stüben, D. und Kunzendorf H.** (2002): „Stable isotopes in recent sediments from Lake Arendsee, NE-Germany: Response to eutrophication and remediation measures”. - *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 178: S. 75-90
- Neumann, T.; Leipe, T. und Shimmeld, G.** (1998): „Heavy metal enriched surficial sediments of the Oder River discharge area: sink or source for heavy metals?”. - *Applied Geochemistry* 13, No. 3: S. 329-337
- Stüben, D.; Kramar, U.; Berner, Z.A.; Meudt, M.; Keller, G.; Abramovich, S.; Adatte, T.: Hambach, U. und Stinnesbeck, W.** (2003): „Late Maastrichtian paleoclimatic and paleoceanographic changes inferred from Sr/Ca ratio and stable isotopes.” *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 199: S. 107-127
- Walpersdorf, E.; Neumann, T. und Stüben, D.** (2004): „Efficiency of natural calcite precipitation compared to lake marl application used for water quality improvement in an eutrophic lake”. – *Applied Geochemistry* 19: S. 1687-1698

TP 4 KURZ- UND LANGZEITVERHALTEN VON KARSTGEBIRGE IN DER UMGEBUNG VON UNTERIRDISCHEN DRUCKWASSERHALTENDEN ABSPERRBAUWERKEN (IBF, Uni KA)

- Gudehus, G.** (2004): „A visco-hypoplastic constitutive relation of soft soils. *Soils and Foundations*”, *Jap. Geot. Soc.*, Aug. 2004.
- Gudehus, G.** (2004): „Strain-rate dependent state limits of saturated clays”. submitted to: *Géotechnique*.
- Gudehus, G. und Karcher, Ch.** (submitted): „Hypoplastic simulation of normal faults without and with clay smears”. Submitted to: *Journ. of Struct. Geol.*
- Mutschler, Th.** (2004 und 2005): Geotechnische Aspekte bei der Konstruktion und Herstellung des Absperrbauwerkes, Workshops zum BMBF-Verbundprojekt „Erschließung und Bewirtschaftung unterirdischer Karstfließgewässer, Yogyakarta Special Province, Indonesien“ am 21. Okt. 2004 in Giessen und am 22. April 2005 in Freudenstadt

Mutschler, Th. (2005): Geotechnical aspects for design and construction of the barrage, Workshop am 24. Febr. 2005 an der Gadjadara Universität Yogyakarta, Indonesien

Natau, O.; Mutschler, Th. und Stech, H.-J. (1995): „Experimental quantification of the stabilizing effect of polyurethane and silicate resins“, 8. Int. Kongress der ISRM, Tokyo

TP 5 OPTIMIERTE BAULICHE ANLAGEN ZUR DAUERHAFTEN SPEICHERUNG, VERTEILUNG UND AUFBEREITUNG VON WASSER (IfMB, Uni KA)

Müller, H. S. und Foos, S. (2004): „Mangelfaktor Rissbildung - Ursachen, Sanierung, Prävention“. In: „48. Ulmer Beton und Fertigteil Tage“, 70. Jg., Heft 2, S. 30 - 33

Müller, H. S. und Vogel, M.: „Sanierungskonzepte für Wasserbauwerke zur Verbesserung der Betriebssicherheit (Teilprojekt IV/4)“. Schlussbericht zum Verbundprojekt: Wolga-Rhein-Projekt: Deutsch-russisches Kooperationsprojekt zur Wassergüte- und Wassermengenbewirtschaftung an Wolga und Rhein. Auftraggeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Förderkennzeichen 02WT0096, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Universität Karlsruhe (TH)

Burkart, I.; Mechtcherine, V. und Müller, H. S.: „Formation and propagation of cracks in cement-based repair systems induced by drying shrinkage. Fracture Mechanics of Concrete Structures, V. C. Li., C. Leung, K. J. Willam and S. L. Billington (eds.), la-FraMcos, pp. 757 - 764, Colorado, USA, 2004

Vogel M.; Bohner E. und Müller H. S. (2004): „Lebensdauerprognose und Dauerhaftigkeit von Betonrandzonen“. Technisch-wissenschaftliches Symposium, Universität Karlsruhe, Landesdenkmalamt Baden-Württemberg, Südzement Marketing GmbH, Karlsruhe, Tagungsband S. 51 – 62

Müller, H. S. (2003): „Instandsetzung von historischen Betonkonstruktionen – Herausforderung für Ingenieure und Denkmalpfleger“. Deutscher Beton- und Bautechnik-Tag 2003, Ernst & Sohn, Berlin, 2003

Müller, H. S. und Kvitsel, V. (2002): „Kriechen und Schwinden von Beton. Grundlagen der neuen DIN 1045 und Ansätze für die Praxis“. In: Beton- und Stahlbetonbau, Band 97, Heft 1, Seite 8 - 19

TP 6 BEMESSUNG UND HERSTELLUNG EINER DRUCKROHRLEITUNG AUS HOLZ ZUR WASSER- UND ENERGIEBEWIRTSCHAFTUNG DER HÖHLE GUA SEROPAN (VA-SHS, Uni KA)

Autorenkollektiv (1988): „Holz-Lexikon“. 3. Auflage. DRW-Verlag Weinbrenner. Leinfelden-Echterdingen

Becker, P. (2002): „Modellierung des zeit- und feuchteabhängigen Materialverhaltens zur Untersuchung des Langzeittragverhaltens von Druckstäben aus Holz“. Dissertation. Bauhaus Universität Weimar

Begemann, H.F. (1981): „Das große Lexikon der Nutzhölzer“. Deutsche Betriebswirteverlag, Gernsbach

Blaß, H.J. und Fellmoser, P. (2004): „Druckrohrleitungssysteme aus Holz: Zwischenbericht 2003“. Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Abtlg. Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen. Universität Karlsruhe (TH)

- Blaß, H.J. und Fellmoser, P.** (2005): „Druckrohrleitungssysteme aus Holz: Zwischenbericht 2004“. Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Abtlg. Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen. Universität Karlsruhe (TH)
- Deutscher Wasserwirtschafts- und Wasserkraftverband:** Deutsche Wasserwirtschaft: Zentralblatt für Wasserbau, Wasserkraft und Wasserwirtschaft. Franckh. Stuttgart
- Dinwoodie, J.M.** (2000): „Timber: It's nature and behaviour“. 2. Auflage E & FN Spon. London, UK
- Fridley, K.J.; Tang, R.C. und Soltis, L.A.** (1992): „Hygrothermal effects on mechanical properties of lumber“. In: Journal of Structural Engineering. Band Nr. 118(2), S. 567 – 581.
- Keylwerth, R.** (1962): Untersuchungen über freie und behinderte Quellung von Holz. Erste Mitteilung: Freie Quellung. Mitteilung aus der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Reinbek. In: Holz als Roh- und Werkstoff. Band Nr. 20, S. 252 - 259. Springer Verlag, Berlin
- Kollmann, F.** (1982): „Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe“. 2. Auflage, 1. Band. Springer-Verlag, Berlin
- Köstler** (1909): „Holzrohre in den Vereinigten Staaten“. VDI-Zeitschrift. S. 1714
- Legres** (1924): „Hölzerne Rohrleitungen. Schweizer Bauzeitung“. Band 83, Heft 4
- Ludin, A:** „Die Wasserkräfte: Ihr Ausbau und ihre wirtschaftliche Nutzung“. Springer-Verlag, Berlin
- Machek, L.; Militz, H. und Sierra-Alvarez, R.** (2001): „The influence of wood moisture content on dynamic modulus of elasticity measurements in durability testing“. In: Holzforschung - Holzverwertung. Band Nr. 05/2001, S. 97 - 99. Mitteilungen der österreichischen Gesellschaft für Holzforschung. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf
- Meier** (1926): „Neuere Ausführungen von Holzrohrleitungen. Bautechnik“, Heft 17
- Neuhaus, F.-H.** (1981): „Elastizitätszahlen von Fichtenholz in Abhängigkeit von der Holzfeuchtigkeit“. Mitteilung Nr. 81-8. Institut für konstruktiven Ingenieurbau. Ruhr-Universität Bochum
- Niemz, P.** (1993): „Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe“. DRW-Verlag Weinbrenner, Leinfelden-Echterdingen
- Rabovsky, H.** (1926): „Holzdaubenrohre“. VDI-Verlag, Berlin
- Schweingruber, F. H.** (1990): „Anatomie europäischer Hölzer“ Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf. Haupt, Bern und Stuttgart
- Wagenführ, R.** (1989): „Anatomie des Holzes“. 4. Auflage, VEB Fachbuchverlag Leipzig
- Wagenführ, R.** (1996): „Holzatlant“. 4. Auflage. VEB Fachbuchverlag Leipzig
- Homepage Zwick Holzbau GmbH:** www.zwick-holzbau.de
- Homepage Canbar Inc.:** www.canbar.com

TP 7 BEITRAG ZUR HYGIENISIERUNG DES TRINKWASSERS UND ZUR HYGIENISCHEN KONTROLLE VOM ROHWASSER BIS ZUM VERBRAUCHER (ITC-WGT, FZ KA)

- Schwartz, T.; Kalmbach, S.; Hoffmann, S.; Szewzyk, U. und Obst, U.** (1998): „A PCR based detection method for Mycobacteria in biofilms from a drinking water distribution system”. *Journal of Microbiological Methods*, 34, 113-123
- Schwartz, T.; Hoffmann, S. und Obst, U.** (1998): „Formation and bacterial composition of young, natural biofilms obtained from public bank-filtered drinking water systems”. *Water Research*.32(9), S. 2787-2797
- Schwartz, T.; Kohnen, W.; Jansen, B. und Obst, U.** (2003): „Detection of antibiotic-resistant bacteria and their resistance genes in wastewater, surface water, and drinking water biofilms. *FEMS Microbiol. Ecol.* 43(3), 325-336
- Schwartz, T.; Hoffmann, S. und Obst U.** (2003): „Formation of natural biofilms during chlorine dioxide and u.v. disinfection in a public drinking water distribution system”. *Journal of Applied Microbiology* 95, S. 591-601
- Volkman, H.; Schwartz, T.; Bischoff, P.; Kirchen, S. und Obst, U.** (2004): „Detection of clinically relevant antibiotic-resistance genes in municipal wastewater using real-time PCR (TaqMan)”. *J. Microbiol. Meth.*, 56, S. 277-286
- Emtiazi, F.; Schwartz, T.; Marten, S.-M.; Krolla-Sidenstein, P. und Obst, U.** (2004): „Investigation of natural biofilms formed during the production of drinking water from surface water embankment filtration”. *Water Research* 38, S. 1197-1206
- Geis M.; Schwartz, T. und Obst U.** (in Vorbereitung): „Molecular biological detection of potential passage of hygienically relevant bacteria during embankment filtration”

TP 8 KONZIPIERUNG UND IMPLEMENTIERUNG EINER ANGEPASSTEN TRINKWASSERAUFBEREITUNG SOWIE DER VERSORGUNG UND ABWASSERENTSORGUNG (ITC-WGT, FZ KA)

- Hoell, W. H.; Bartosch, C.; Zhao, X. und He S.** (2000): „Elimination of trace heavy metals from drinking water by means of weakly basic anion exchangers, Proc. of INNOVATIONS IN CONVENTIONAL AND ADVANCED WATER TREATMENT PROCESSES”, Amsterdam, Sept. 26 – 29
- Hoell, W.H. und Hagen K.** (2000): „Partial demineralization of water by ion exchange using carbon dioxide-regenerated ion exchangers, Proc. Proc. of INNOVATIONS IN CONVENTIONAL AND ADVANCED WATER TREATMENT PROCESSES, Amsterdam, Sept. 26 – 29.
- Hoell, W.H.** (2004): „Lehr- und Handbuch Wasserversorgung“, Band 6, Herausgeber: DVGW e.v., Oldenbourg-Industrieverlag, Muenchen, Wien, 239 – 273.
- Dahlke, T.; Franzreb, M. und Hoell W. H.** (2004): „Entwicklung der Anwendung magnetischer Mikrosorbentien zur Elimination gesundheitsbedenklicher anorganischer Wchadstoffe aus natürlichen Wässern und industriellen Abwässern: Abschlussbericht des BMBF-Vorhabens WT0012“
- Donnert, D. und Salecker, M.** (1999): „Elimination of Phosphorus from Waste Water by Crystallisation”. *Env. Techn.* 20, S. 735-742.
- Berg, U.; Donnert, D.; Ehbrecht, A.; Burmiller, W.; Kusche, I.; Weidler, P.G. und Nüesch, R.** (2004): „Active filtration for the elimination and recovery of phosphorus from waste water”. 3rd Internat.Conf.Interfaces against Pollution (IAP2004), Jülich, May 24-27, Book of Abstracts A17

- Wagner T.; Bundschuh T.; Schick R.; Schwartz T. and Köster R.** (2002): „Investigation of Colloidal Water Content with Laser-induced Breakdown Detection during Drinking Water Purification“. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.*, 30 (5-6), S. 266-274.
- Leitzke, O., Schulte, P. und Gilbert E.** (1996): „Erweiterte Oxidationverfahren in der Trinkwasseraufbereitung- Beispiele aus der Praxis“. In „Wasser/Abwasser“, Heft 14 (Wasser Special) S. 173-177,
- Gilbert, E.:** (2002): „Influence of ozone on the photocatalytic oxidation of organic compounds.“ „Ozone Science a. Eng.“ 24, 75-82

TP 9 ENTWICKLUNG UND UMSETZUNG ANGEPASSTER TECHNOLOGIEN ZUR ABWASSER- UND ABFALLBEHANDLUNG (IWG/SWW, Uni KA)

- Fiessinger, F.; Frick, B.; Fuchs, S. und Hoffmann, E.** (1996): „Co-fermentation of sewage sludge and organic waste“. In: 10. Europäisches Abwasser- und Abfallsymposium. Dokumentation, Sektor Abwasser, S. 107 - 117. Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., Hennef.
- Driouache, H.; Bazan, H.; Frick, B. und Hoffmann, E.** (1997): „Valorisation énergétique et biologique des déchets organiques . Colloque International: Gestion des rejets industriels pour un développement durable. Faculté des Sciences de l'Université Chouaib Doukkali, El Jadida, Maroc, 10 - 12 Septembre, 1997.
- Moustafa, M.; Hahn, H.H. und Hoffmann, E.** (1998): „Improving the Denitrification Potential in Biological Wastewater Treatment by Dosing Carbon from Sludge Hydrolysis - Alexandria, Case Study in Egypt. Asian Conference on Water and Wastewater Management. Tehran, I.R. Iran, 2. - 4. March, 1998.
- Hahn, H. H.; Hoffmann, E. und Schäfer, M.** (1999): „Managing residuals from waste water treatment for priority pollutants“. In „Journal European Water Management“, Heft 2, S. 49-56.
- Schäfer, M.; Hoffmann, E.; Hahn, H.H. und Zeibig, M.** (2000): „Ergebnisse halbtechnischer Untersuchungen zur Co-Vergärung organischer Siedlungsabfälle“. Tagungsband „Anaerobe biologische Abfallbehandlung – Erfahrungen – Konzepte – Produkte“. 21. bis 22. Februar 2000, Dresden.
- Naudauscher, I.** (2001): „Kompostierung menschlicher Ausscheidungen durch Verwendung biologischer Trockentoiletten – mit besonderer Berücksichtigung des Kleingartenbereichs“. In „Schriftenreihe des ISWW der Universität Karlsruhe (TH)“, Band. 100. Institutsverlag-Siedlungs-wasserwirtschaft, Karlsruhe
- Fuchs, S.; Scherer, U.; Hillenbrand, T.; Marscheider-Weidemann, F.; Behrendt, H. und Opitz, D.** (2002): „Schwermetalleinträge in die Oberflächengewässer Deutschlands“. UBA-Texte 54/02, Umweltbundesamt, Berlin
- Song, H.; Hahn, H.H. und Hoffmann, E.** (2002): „Effects of pH and Ca/P Ratio on the Precipitation of Phosphate“. In: „Chemical Water and Wastewater Treatment VII“ S. 349-362. IWA Publishing, Alliance House, London
- Hahn, H.H.** (2003): „Herausforderungen für die Wasserver- und entsorgung in den sich industrialisierenden Ländern“. Beitrag zum Kooperationsforum Wasser/Abwasser 05. November 2003, Bayern Innovativ
- Hoffmann, E.; Karapinar, N. und Hahn, H.H.** (2004): „Magnetite Seeded Precipitation of Phosphate. Water Research“, Vol. 38, pp 3059 – 3066.

Kegebein, J.; Hoffmann, E.; und Hahn, H.H. (2004): „Betriebsverhalten von Kleinkläranlagen unter Grenzlastbedingungen, in (Rott, Hrsg.) Optimierung von Kleinkläranlagen und Bekämpfung fädiger Organismen“, Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Band. 178, 45 – 62.

TP 10 Integrative Nachhaltigkeitsbetrachtung durch Systemanalyse und Technikfolgenabschätzung (ITAS, ITC-ZTS, FZ KA)

Kopfmüller, J.; Brandl, V.; Jörisen, J.; Paetau, M./Banse, G.; Coenen, R.; und Grunwald, A. (2001): „Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet. Konstitutive Elemente, Regeln, Indikatoren“. edition sigma, Berlin

Coenen R. und Grunwald A. (2003.): „Nachhaltigkeitsprobleme in Deutschland“. Edition sigma, Berlin

Kopfmüller, J. (2005): „Das integrative Konzept nachhaltiger Entwicklung in der Forschungspraxis. Existierende und mögliche Anwendungen (Arbeitstitel)“. Edition sigma, Berlin

Kopfmüller, J. (Hrsg.): „Globaler Wandel und Nachhaltige Entwicklung. Bestandsaufnahme und Perspektiven für Forschung und Politik“. Edition sigma, Berlin

Kopfmüller, J. und Lukas, F. (2005): „Die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Eine Kritik aus integrativer Perspektive“. In: „Zeitschrift für angewandte Umweltforschung“, Nr. 1(erscheint in Kürze)

Kopfmüller, J.: „Sustainable Development in Germany. Evaluation Framework, Core Problems, Strategic Requirements“. In: „European Environment, forthcoming“

Kopfmüller, J.; Coenen, R.; Jörisen, J.; Nitsch, J. und Langniß, O. (2000): „Konkretisierung und Operationalisierung des Leitbilds einer nachhaltigen Entwicklung für den Energiebereich“ Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe, FZKA 6578

Kopfmüller, J.; und Coenen, R. (1997.): „Risiko Klima. Der Treibhauseffekt als Herausforderung für Wissenschaft und Politik“. Campus Verlag, Frankfurt

Stelzer, V. (2001): „Stadt und Umwelt - Visionen 2030. Berichte zur deutschen Landeskunde“, Vol. 75 (2001), Nr. 2/3, S. 315-319

Hartlieb, N.; Bräutigam, K. R.; Achternbosch, M.; Kupsch, C. und Sardemann, G. (2005): „Use of Material Flow Analysis for Assessing the Solid Waste Management in Germany Regarding Sustainable Solutions“. Conference Proceedings ECOSUD, Cadiz 2005, WIT Press.

Mohr, H. und Lehn, H. (1994): „Present Views of the Nitrogen Cycle. Nova Acta Leopoldina NF 70“, Nr. 288, S. 11-26

Lehn, H.; Steiner, M. und Mohr, H. (1996): „Wasser, die elementare Ressource - Leitlinien einer nachhaltigen Nutzung“. Heidelberg, Springer S. 368

Lehn, H. (1998): „Nachhaltiges Wassermanagement in Baden-Württemberg“. In „Spektrum der Wissenschaft“, Heft 4, S.96-97

Steiner, M. und Lehn, H. (1998): „Bedeutung des Prinzips Nachhaltigkeit für den Umgang mit Wasser in Baden-Württemberg“. In „Wasser & Boden 50“, Heft 11, S. 6-10

Lehn, H.; Renn, O. und Steiner, M. (1999): „Nachhaltiger Umgang mit Gewässern. Ökologische, ökonomische und soziale Zieldimensionen der Agenda 21“. In „Gwf-Wasser/Abwasser 140“, Heft 13, S. 14-20

Steiner, M. und Lehn, H. (1999): „Towards the Sustainable Use of Water: A Regional Approach for Baden-Wuerttemberg, Germany. Water Resources Development, 15, No. 3, 277-290

- Lehn, H.** (2000): Towards a Sustainable Urban Metabolism – Waste Water Management in the Future. Proceedings Int. Conference „The Human Being and the City“. Naples 6-8 Sept. 2000. CD-ROM
- Lehn, H.; Flaig H.; Pfenning U.; Akkan Z.; Elsner D.; und Waclawski, N.** (2001): „Umsetzungsdefizite bei der Reduzierung der Nitratbelastung des Grundwassers“. In: „ATV-DVWK (Hrsg.): Flussgebietsmanagement“, Hennef
- Lehn H.** (2002): „Ist unsere Siedlungsentwässerung noch zeitgemäß?“ In: „Parthier B (Hrsg.): Wasser – elementare Ressource und Lebensraum“. Nova Acta Leopoldina NF 85, Nr. 323, S. 347-374
- Lehn, H. und Nicklas C.** (2004): „Chances and Risks of Sustainable Sanitation (SuSan) in Europe“. In: International Water Association (IWA) and Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH (eds.): ecosan – closing the loop, S. 415 – 422
- Lehn, H.** (2004): „ Sustainable Sanitation Systems – dissolving the antagonism between urban comfort and hygienic pollution of urban environs“. In: Wilding, P.(Ed.): International Summer Academy on Technology Studies – Urban Infrastructure in Transition: What can we learn from history?. IFF/IFZ, Graz 2004
- Mödinger, J.; Kobus, H.; Schnitzler S.; und Lehn, H.** (2004): „Ansätze für eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung und –nutzung im Rhein-Neckar-Raum bei konkurrierenden Interessen“. In „Wasserwirtschaft“, Heft 12, S. 40-45
- Schebek, L.** (2000): „Integration ökologischer Fragestellungen in die Entwicklung technischer Prozesse“. In „Chemie Ingenieur Technik 72“ Heft 9 S. 947-948. Vortrag auf der GVC Jahrestagung der Verfahreningenieure. 20.-22 September 2000, Karlsruhe
- Weil, M.; Jeske, U. und Schebek, L** (2002). „Stoffstromanalyse und Ökobilanz als Hilfen zur umweltorientierten Positionsbestimmung von Beton mit und ohne rezykliertem Zuschlag im mineralischen Baustoffstrom. Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis“, S.50-64
- Schebek, L. und Gasafi, E.**(2002): „Einbindung von Material- und Energieflussanalysen in der Prozessentwicklung. Dechema-Seminar 'Material- und Energieflußanalyse als Instrument zur ökonomischen und ökologischen Optimierung von Produktionsprozessen in der chemischen Industrie', Frankfurt, 23.-24.Januar 2002
- Gasafi, E.** (2002): „Environmental and Economic Assessment in Process Design“. 1st USO-Built Research Conference, Darmstadt 2002
- Jeske, U.** (2002): „Umsetzung und Integration der Gefahrstoffverordnung in das Stoffstrommanagement“. Vortrag und Skript; Text und Folien. Seminar "Die neue Gefahrstoffverordnung 2002", Umweltforum der Industrie- und Handelskammern für Augsburg und Schwaben, Bodensee-Oberschwaben, Lindau-Bodensee, Ostwürttemberg und Ulm; 8.Mai 2002, IHK Ulm
- Gasafi, E. und Schebek, L.:** „Streamlined life cycle assessment of a novel process for the treatment of sewage sludge“. Joint SETAC Europe and ISIE meeting, 2-4 December, Barcelona, Spain – 10th LCA Case Studies Symposium – „Recycling, close-loop economy, secondary resources“
- Ackermann, R. und Stadtherr, A.:** „Ökologische Betriebsoptimierung in der Oberflächentechnik“. 6. Industriefachtagung «Oberflächen- und Wärmebehandlungs-technik» und 6. Werkstofftechnisches Kolloquium am 25. und 26. September 2003, Universität Chemnitz
- Ackermann, R.** (2003): „LCA for Optimization of electroplating SME's“. International LCA/LCM-Congress, Seattle, 23. – 25.09.2003

- Marzinkowski, J.M.; Medrow, M.; Hildenbrand, J.; Ackermann, R.; Fleischer, G.:** „Prozessnahe Maßnahmen zum betrieblichen Umweltschutz in der Textilveredlung“, Proceeding 5. GVC-Abwasser-Kongress, 25./26.09.2003, Bremen
- Ackermann, R.:** „Ecological and economic evaluation for electroplating SME's, UBA-Workshop „Green Chemistry“, 27. – 29.01.2004, Dessau
- Meyer, L.; Leibold, H.; Mai, R.; Ackermann, R. und Schebek, L.:** „Analysis of the exergetic Performance of a Novel hot Gas Cleaning Facility, Proceedings of 2nd World Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection“, May, 10.-14., 2004, Rom (Seite 1114 – 1117)
- Ackermann, R.; Fleischer, G.; Huckshold, M.; Kohlmeyer, R. und Oetjen, E. (2002):** „Studieren statt probieren – Modellgestützte ökologische und ökonomische Beurteilung von nasschemischen Oberflächenbehandlungsverfahren“. Metalloberfläche, MO 56 12, S. 56-61
- Fleischer, G (2000):** „Eco-Design und Eco-Factory, Proceedings of International Symposium on Advanced Waste and Emission Management (ResCWE 2000)“. Nagoya University, Japan, S. 33-40
- Roth, S., Ackermann, R. und Fleischer, G. (2000):** „Modellgestützte Stoffflussanalyse – Ökonomisch und ökologisch optimierte nasschemische, oberflächenaktive Fertigungsverfahren“, in: Metalloberfläche Jahrg. 54 Heft 11, S. 33-34

TP 11 Sozioökonomische Analyse, Umsetzung partizipativer Ansätze und Wirkungsanalyse (IfG, Uni Gießen)

- Flettner, S. (2004):** „Probleme der Nahrungssicherung auf Haushaltsebene in der Karstregion Gunung Sewu, Indonesien“ (unveröffentlichte Diplomarbeit), Gießen
- Lux, T. (2004):** „Sozioökonomische Auswirkungen einer verbesserten Wasserversorgung auf die lokale Bevölkerung im Gunung Sewu, Indonesien“ (unveröffentlichte Diplomarbeit). Gießen
- Lux, T, Unger, B. (2004):** „Der Einfluss von Wasser auf die Lebensbedingungen in Gunung Sewu, Indonesien - Eine sozioökonomische Analyse“. In: Pacific News
- Junghuhn, F. W. (1845):** „Topographische und naturwissenschaftliche Reise durch Java“. Magdeburg
- Nibbering, J. W. (1991):** „Crisis and Resilience in Upland Land Use in Java; In: Hardjono (Ed.); Indonesia: Resources“, Ecology, and Environment, New York, S. 104-132;
- Scholz, U. (1977):** „Minangkabau - die Agrarstruktur in West-Sumatra und Möglichkeiten ihrer Entwicklung“. Dissertation. Giessener Geogr. Schriften, Heft 41, 213 S., 32 Karten, Giessen.
- Scholz, U. (1980):** „Land reserves in Southern Sumatra/Indonesia and their potentialities for agricultural utilization“. In GeoJournal 4.1, Wiesbaden, S. 19-30.
- Scholz, U. (1983):** „The natural regions of Sumatra and their agricultural production pattern - a regional analysis“. Vol. I: Text (257 S.); Vol. II: Atlas (16 Karten). Central Research Inst. for Food Crops, Bogor/Indonesia
- Scholz, U. (1986):** „Deforestation in the Asian Tropics - causes and consequences“. Asien, No. 21, Hamburg, S. 1-29.
- Scholz, U. (1988):** „Agrargeographie von Sumatra - eine Analyse der räumlichen Differenzierung der landwirtschaftlichen Produktion“ (Habil.-Arbeit). In „Giessener Geogr. Schriften“, Heft 63, Giessen

- Scholz, U.** (1989): „Ökonomie und Ökologie im Einklang - kleinbäuerliche Produktionssysteme auf Sumatra“. In „Geograph. Rundschau 41“, Braunschweig S. 424-430
- Scholz, U.** (1991): „Überlegungen zum Agrarpotential und zur Tragfähigkeit tropischer Regenwaldgebiete“. In: „Giessener Beiträge zur Entwicklungsforschung“, Reihe 1, Bd. 19. Giessen, S. 41-53.
- Scholz, U.** (1992): „Transmigrasi - ein Disaster? Probleme und Chancen des indonesischen Umsiedlungsprogramms“. In: „Geograph. Rundschau 44“. Heft 1, Braunschweig, S. 33-39.
- Scholz, U. W.; Haffner, T.; Christiansen, N.; Atanasiu, C. und Kunze, W.D. Erb** (1993): „Umweltverschmutzung in Indonesien – potentielle Risiken durch Luftschadstoffe für die Ökosysteme Javas“. In: „Spiegel der Forschung“ 1/93, S. 16-21
- Scholz, U.** (1994): „Formen und Potentiale der Naßreisproduktion in den dauerfeuchten Tropen Südostasiens“. In: Giessener Beiträge zur Entwicklungsforschung, Reihe I, Band 21, Giessen S. 31-45
- Scholz, U.; und Brauns, T.** (1997): „Shifting Cultivation - Krebschaden aller Tropenländer? Überlegungen zur Rolle des Wanderfeldbaus bei der Tropenwaldzerstörung“. In: GR 1 S. 4-10
- Scholz, U.** (2003): „Die feuchten Tropen. Das Geographische Seminar. Westermann“. 2. Auflage Braunschweig, S. 173
- Scholz, U.** (1998): „Grüne Revolution im Reisbau Südostasiens; eine Bilanz der letzten 35 Jahre“. In: GR 50, H. 9, S. 531-536
- Scholz, U.** (2000): „Wege aus der Armut im ländlichen Indonesien; wirtschaftlicher und sozialer Wandel in einem javanischen Reisbauerdorf“. In: „Geogr. Rundschau 52“, Heft 4, Braunschweig, S. 13-20
- Scholz, U.** (2001): „The change from shifting cultivation to alternative farming systems in Sumatra“. In: „The Indonesian Journal of Geography“, Vol. 33, No. 1, pp. 41-47. Yogyakarta
- Scholz, U.** (2004): „Indonesien – Die Entwicklung des ländlichen Raumes in einem Schwellenland“. In „Geographie und Schule“. H. 143, Jg. 25. Jg.
- Scholz, U.** (2004): „Ölpest im Regenwald? Der Ölpalmenboom in Malaysia und Indonesien“. In „Geogr. Rundschau“ Heft 45
- Scholz, U.; Unger, B. und Lux, T.:** „Sozioökonomische Analyse der potentiellen Wassernutzer“ (unveröffentlichte Studie zum BMBF-Projekt: Erschließung und Bewirtschaftung unterirdischer Karstfließgewässer, Mitteljava, Indonesien)
- Scholz, U.** (2005): „Auswirkungen der Flutwelle in der indonesischen Provinz Aceh“. In: „Geogr. Rundschau 57“, S.4
- Steinilper, D. und Lukas, M.** (2005): „Living conditions in the Gunung Sewu karst region, Indonesia“, in: “Working Papers of the Department of Geography of the Justus Liebig University of Giessen” Vol. 13
- Uhlig H.** (1980): „Man and Tropical Karst in Southeast Asia – Geo-ecological Differentiation, Land Use and Rural Development Potentials in Indonesia and other Regions“, in „Geo-Journal“ , S. 31-44, Wiesbaden