

Höhlenkraftwerke auf Java

# Nach dem Regen

Bau-, Geo- und Umweltwissenschaftler des KIT bauen in Indonesien ein integriertes Wasserressourcen-Management auf.

VON MARGARETE LEHNÉ // FOTOS: MARGARETE LEHNÉ UND IWG





Wasserstelle: Viele Menschen auf Java versorgen sich an Brunnen und Zisternen.

Standpipe: Many people on Java come to reservoirs and wells to get water.

**D**er Himmel zieht sich zu, auf die ersten, schweren Tropfen folgt rasch ein heftiger Regenguss. In Minuten wird aus der Straße ein kleiner Bach, es blitzt aus allen Himmelsrichtungen, der Wind zerrt an den Palmen – der Monsun zeigt noch einmal seine Kraft. Und für einen Moment ist es kaum vorstellbar, dass wenige Kilometer östlich von hier, von Yogyakarta, eine der trockensten Regionen Indonesiens liegt. Aber nach einer Stunde ist der Spuk vorbei – der Regen ist einer der letzten vor der Trockenzeit. „In vier Wochen wird es hier schon ganz anders aussehen“, sagt Professor Franz Nestmann, Dekan der Fakultät für Bau-, Geo- und Umweltwissenschaften und Leiter des Instituts für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) am KIT. Bis zum Höhepunkt der Trockenzeit wird das saftige Grün des Regenwalds einer rot-braunen Dürre gewichen sein.

Nestmann leitet das Verbundprojekt „Integriertes Wasserressourcen-Management Indonesien“ (IWRM), an dem mehr als 30 KIT-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler mitarbeiten. Sie entwickeln Technologien, um die Bevölkerung der Region Gunung Kidul an Javas Südküste ganzjährig mit ausreichend Trinkwasser zu versorgen. Am trockensten sind die Monate Juli bis September: Der Wassermangel legt die Landwirtschaft lahm, zum Teil müssen zehn Liter pro Kopf und Tag für Vieh, Haushalt und Körperpflege reichen. Allein im ländlichen Teil der Gunung Kidul leben 260.000 Menschen. Bislang holen sie ihr Wasser aus Brunnen und Zisternen, einen Tankwagen können sich die wenigsten leisten.

Auch bei Sadino ist das Geld knapp. Der Bauer aus der Hüttensiedlung Sempon baut Erdnüsse und Mais an, damit verdient er eine Million Rupiah im Jahr, etwa 80 Euro. „Ein Tankwagen kostet zehn Euro und reicht für zwei Monate“, berichtet er. Bestellen kann er den nur selten – auch wenn er dringend auf Wasser angewiesen ist. „Allein für meine Kuh brauche ich 15 Liter am Tag.“ Sie ist

sein Kapital, das er durch die Trockenzeit bringen muss. Dazu kommt der kleine Garten mit Maniok, Bohnen und Chili, der ihn, seine Frau und die vier Kinder versorgt.

Durch Gunung Kidul zieht sich über 1400 Quadratkilometer das Kalksteingebiet Gunung Sewu, das „Land der 1000 Hügel“. Karstbuckel reiht sich an Karstbuckel, der Boden ist so porös, dass er die Niederschläge der Regenzeit nicht halten kann. Sie sammeln sich in einem unterirdischen Höhlennetz und fließen in den Indischen Ozean. Dieses Wasser zu erschließen und für die Bevölkerung nutzbar zu machen, ist Ziel des Projekts IWRM. „Wir entwickeln nachhaltige Technologien, die zur Situation und den Menschen vor Ort passen“, erklärt Projektleiter Nestmann. „Dafür brauchen wir Experten aus allen Disziplinen: von der Wasserwirtschaft über die Geotechnik bis zur Mikrobiologie.“ Denn die Gruppe will die unterirdischen Wasserspeicher nicht nur erschließen, sondern auch das Leitungsnetz, die Qualität des Trinkwassers sowie die Abwasserentsorgung verbessern. Seit zehn Jahren sind die Ingenieure und Geowissenschaftler regelmäßig auf Java



*Pilotprojekt: Eine Förderanlage versorgt künftig 75.000 Menschen mit bis zu 60 Litern Wasser am Tag.*

*Pilot scheme: In the future, a pumping system supplies 75.000 people with up to 60 liter water per day.*



*Marodes System: Viele Leitungen in der Gunung Kidul sind schadhaft.*

*Shabby system: In the Gunung Kidul, many water pipes are defective.*

## IWRM INDONESIA

Das IWRM Indonesien gliedert sich in sechs Arbeitspakete: Erkundung der Wasserressourcen und Wasserdargebot; Wassermengen und Wasserbewirtschaftung; Wasserspeicherung, Energieerzeugung, Wasserförderung, Bauwerke; Wasserverteilung, -aufbereitung und -gütesicherung; Abwasser- und Abfallbehandlung; sozio-ökonomische Bewertung und Technikfolgenabschätzung; Capacity Building: Umsetzung, Technologie- und Know-how-Transfer. Forschungspartner auf deutscher Seite ist neben acht Instituten des KIT das Institut für Geografie der Universität Gießen. Dazu kommen neben der KSB AG fünf weitere Industriepartner, unter anderem bei der Entwicklung von Netzleittechnik, Softwaresystemen und geotechnischen Geräten. Wichtigste Partner auf indonesischer Seite sind der Sonderdistrikt Yogyakarta, das Ministerium für Infrastruktur sowie verschiedene Universitäten.

Die Gesamtkosten des IWRM Indonesien liegen bei 7,5 Millionen Euro. Mit über sechs Millionen fördert allein das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das bereits die Machbarkeitsstudie und das Pilotprojekt in Bribin finanzierte. Eine weitere Million kommt aus der Industrie.

[www.iwrm-indonesien.de](http://www.iwrm-indonesien.de)

unterwegs, ein Pilotprojekt haben sie inzwischen erfolgreich umgesetzt: Als erste weltweit haben sie eine Karsthöhle, die Gua Bribin, voll eingestaut. Die Wasserkraft treibt eine Förderanlage an, die künftig 75.000 Menschen mit bis zu 60 Litern Wasser am Tag versorgen kann. Im März haben die Karlsruher das Stauwerk, das als Modell für ähnliche Standorte dienen soll, offiziell an die nationalen Behörden übergeben. „Das Wasser zu geringen Kosten heraufzupumpen ist eine Innovation, welche die Bevölkerung und die Regierung entlastet“, so der indonesische Minister für Bauvorhaben, Djoko Kirmanto.

Im IWRM-Projekt geht es nun unter anderem um die Verteilung des Wassers aus Bribin. Das vorhandene Leitungssystem ist marode, mehr als 40 Prozent des Wassers gehen zurzeit beispielsweise über Leckagen verloren. Und die Qualität leidet, wenn das Wasser bei tropischem Klima tagelang in schlechten Rohren steht. Die Wasserbau-Experten werden nun den Wasserverlust Schritt für Schritt

reduzieren: mit einfachen, kostengünstigen Maßnahmen und einem angepassten Betriebskonzept.

Das Abwasser fließt zurzeit noch in „septic tanks“: betonierte Becken oder mit einer Mauer eingefasste Gruben, die selten oder nie geleert werden. Das verschmutzte Wasser sucht sich seinen Weg heraus – katastrophal, da der Karstboden löchrig wie Schweizer Käse ist. Die Trinkwasserqualität in der Gunung Kidul entspricht deshalb weder den Richtlinien der World Health Organisation (WHO) noch den nationalen indonesischen Standards. Um sie zu verbessern, haben die Mikrobiologen des KIT ein Monitoring-System aufgebaut und zusammen mit Wasserwirtschaftlern eine Anlage zur Aufbereitung entwickelt, die sie derzeit in Karlsruhe testen. Mitte des Jahres werden sie diese als Forschungsanlage im Krankenhaus der 35.000-Einwohner-Stadt Wonosari installieren. Dazu kommen neue Konzepte, um zunächst Trübstoffe aus dem Höhlenwasser zu filtern und es dann, möglichst nahe beim Nutzer, zu desinfizieren.

„Das Wasser zu geringen Kosten heraufzupumpen ist eine Innovation, die Bevölkerung und Regierung entlastet.“

**Djoko Kirmanto**



*Gute Zeiten: Nur in den Regenmonaten floriert die Landwirtschaft.*

*Good times: Agriculture prospers only during the rainy season.*

Befragungen zum Wassergebrauch und zum Umgang mit Abwasser liefern die sozio-ökonomische Grundlage für diese Arbeit – und für eine Sensibilisierungskampagne: Das Bewusstsein für den Wasserkreislauf, die Zusammenhänge zwischen dem Abwasser von heute und dem Trinkwasser von morgen, aber auch die Akzeptanz für die neuen Technologien müssen die Wissenschaftler bei den Bewohnern der Gunung Kidul noch schaffen. Gelingt das, könnten sie beispielsweise statt der septic tanks künftig Anlagen einsetzen, die aus Fäkalschlamm Dünger für die Landwirtschaft gewinnen. Zudem wollen die Karlsruher eine weitere Höhle erschließen und ein zweites Konzept zur Wassergewinnung umsetzen.

Der Eingang zur Gua Seropan ist beklemmend eng. Auf allen Vieren geht es durch die niedrigste Stelle, nicht einmal einen Meter geben die massigen Felsenbrocken über dem Boden frei. Dann öffnet sich die Höhle, der schmale Pfad windet sich zweimal – und das Tageslicht ist weg. Im Schein der Helmlampe grauer Fels und rot-brauner Schlamm. Beim Blick nach oben hunderte Tropfsteine. Mal filigran in vielen Reihen wie ein Vorhang, dann wieder wuchtig und bedrohlich tief hängend. Die Gua Seropan ist enger, verwinkelter als die Gua Bribin, hat weniger Stauraum, dafür aber ein starkes Gefälle. Hier will das Team noch eine Pilotanlage bauen – als Variante zum Stauwerk: Eine Druckrohrleitung aus Holz soll die Energie für den Antrieb der Förderpumpen erzeugen. „Auch in Seropan passen wir eine uns bekannte Technologie auf die Bedürfnisse vor Ort an“, erklärt Franz Nestmann. „Für Holz als Baustoff spricht unter anderem das im Vergleich zu Stahl oder Beton geringe Gewicht: In der schwer zugänglichen Höhle müssen die Bauteile möglichst leicht handhabbar sein.“



*Teures Gut: Bauern wie Sadino sind dringend auf Wasser angewiesen.*

*Strongly needed: Peasants like Sadino depend very much on water.*

Beim Fördersystem setzen die Ingenieure auf die bereits für Bribin entwickelte Lösung: „Statt klassischer Turbinen nutzen wir rückwärts laufende Pumpen“, erklärt Dr. Peter Oberle vom IWG. „Sie sind günstiger in der Anschaffung, robuster und einfacher zu warten.“ Die Idee „Pumpen als Turbinen“ (PAT) haben die Wissenschaftler mit dem Industriepartner KSB AG entwickelt, einem Pumpen- und Armaturenhersteller: Der Wasserdruck treibt die PAT an, die über ein Getriebe mit einer Förderpumpe gekoppelt ist. Die Anlage produziert damit selbst die Energie, die sie braucht, um das Wasser an die Erdoberfläche zu befördern – eine Technologie, die sich auf viele weitere Standorte weltweit übertragen lässt.

Gemeinsam mit der KSB erarbeiten die KIT-Ingenieure Richtlinien für den weiteren Betrieb beider Kraftwerke. Nicht zuletzt geht es auch darum, die Erfahrungen an die indonesischen Partner aus Wissenschaft und Industrie weiterzugeben: in Lehrprogrammen für Betriebs- und Wartungspersonal, vor allem aber in der universitären Ausbildung – damit künftig einheimische Fachkräfte die Konzepte und Technologien an weiteren Standorten umsetzen können. Geografen der Universität Gießen, ebenfalls Partner im IWRM-Projekt, haben dafür bereits geeignete Regionen in Indonesien identifiziert. Karstgebiete, die in der Trockenzeit unter akutem Wassermangel leiden, gibt es aber in ganz Südostasien – unter anderem haben Thailand und Vietnam Interesse an einer Zusammenarbeit mit Nestmanns Team angemeldet.

Der Baubeginn für das Höhlenkraftwerk in Seropan ist für das kommende Jahr geplant, die Vorbereitungen dafür laufen auf Hochtouren. Wie schon in Bribin drehen die Geowissenschaftlerinnen und -wissenschaftler jeden Stein um. Geodäten vermessen die Höhle bis in den letzten Winkel, stecken die Bauachse ab und bauen ein Geoinformationssystem (GIS) für sämtliche Daten aus dem IWRM auf. Per Laserscanner erstellen sie 3-D-Modelle und Animationen für die weitere Planung. Mineralogen untersuchen unterirdische Verbindungen in dem weit verzweigten Höhlensystem. Zusammen mit Geotechnikern bewerten sie die Durchlässigkeit und Stabilität des Gesteins und identifizieren ideale Halterungspunkte für die Druckrohrleitung. Damit liefern sie die Grundlage für Erkundungsbohrungen und Verankerungstests für die Befestigung der Leitung sowie das Sichern freihängenden Gesteins. Baustoffexperten, Wasser- und Holzbauingenieure sind für die Auswahl geeigneter Baumaterialien und Maschinensätze sowie die Konstruktion der Förderanlage verantwortlich.

Ab 2013 soll das Kraftwerk in Seropan dann weitere 100.000 Menschen versorgen – und auch ihre Lebensumstände deutlich verbessern. In Sempon ist das erste Wasser aus Bribin inzwischen angekommen. Sadino hofft nun, dass die Anlage bald regelmäßig im Vollbetrieb läuft. Denn er hat Pläne: „Wenn ich einfacher an Wasser komme, könnte ich ein Feld kaufen, um Zwiebeln anzubauen. Und noch eine Kuh.“ ■

## Indonesia: After the Rain

KIT Scientists Are Establishing an Water Resources Management System

Gungung Kidul, a hilly landscape on the southern coast of Java, is one of the driest regions of Indonesia. During the rainy season, precipitation rapidly seeps away into the porous karst ground and accumulates in an underground cave system. Development of these natural water stores is one of the objectives of the “Integrated Water Resources Management Indonesia” project headed by Professor Franz Nestmann, Dean of the KIT Department of Civil Engineering, Geo- and Environmental Sciences. More than 30 KIT scientists are involved. “We are developing sustainable technologies that are tailored to the situation and the local people,” says Nestmann. “For this, we need experts from all disciplines, from water management to geological engineering to microbiology.” A pilot plant has already been built successfully by the scientists. In a cave, they constructed an underground dam. Water power drives a pumping system that will supply 75,000 people with sufficient water in the future. However, the team does not only want to open up underground water reserves, but also wishes to improve the distribution network, the quality of the drinking water, and wastewater management. The Federal Ministry of Education and Research (BMBF) is funding the project with more than six million Euros until 2014.

MARGARETE LEHNÉ // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER