

**Zeitschrift:** Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin  
**Herausgeber:** Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung  
**Band:** - (2008)  
**Heft:** 78  
  
**Artikel:** Nasses Gold  
**Autor:** Meili, Matthias  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-968184>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**





# Nasses Gold

Grundwasser ist wertvoller als alle anderen Bodenschätze, denn ohne Bewässerung gäbe es oft keine Nahrungsmittel. Vielerorts werden die Wasserressourcen übernutzt und fehlt es an Know-how für ein nachhaltiges Wassermanagement. Doch es gibt auch Gegenbeispiele.

VON MATTHIAS MEILI

**W**enn ein Schweizer oder eine Schweizerin den Wasserhahn zur Morgentoilette aufdreht, fliessen etwa zwei bis fünf Liter des kostbaren Nasses ab. Nur ein kleiner Teil davon wird ins Gesicht gespritzt. Einen halben Liter Wasser braucht der Frühaufsteher für den Tee, sofern er einen modernen ökologischen Kocher hat. Wer eine Dusche nimmt, verschwendet 15 Liter pro Minute, bei fünf Minuten sind das 75 Liter. Damit hat der Schweizer schon drei Mal so viel Wasser verbraucht, wie ein Bewohner von Senegal für den ganzen Tag zur Verfügung hat. Durchschnittlich. Die weitest- und grössten Süsswasserverbraucher sind jedoch nicht die Konsumenten, sondern die Bauern. Rund 70 Prozent des weltweiten Wasserverbrauchs wird zwecks Nahrungserzeugung auf die Äcker geschüttet.

Die wichtigste Süsswasserquelle ist das Grundwasser. In der Schweiz etwa sprudeln vier Fünftel des Trink- und Brauchwassers aus dem Boden unter unseren Füssen. Doch die Quellen sind nicht unerschöpflich. Besonders in trockenen und halbtrockenen Klimazonen wie dem

Mittelmeergebiet droht Wasserknappheit. Ein Mass dafür ist der Water Exploitation Index (WEI, Wasserausbeutungs-Index), der den prozentualen Anteil des jährlichen Wasserverbrauchs am erneuerbaren Süsswasservorrat darstellt. In der Schweiz beträgt der WEI fünf Prozent, eine Wassernutzung ab 20 Prozent gilt als nicht mehr nachhaltig. Im nordafrikanischen Tunesien aber liegt der WEI gemäss einer OECD-Studie aus diesem Jahr bei 58 Prozent. «Die Geschichte meines Landes hat sich schon immer um das Wasser gedreht», sagt der tunesische Hydrogeologe Jaouher Kerrou. Jahrtausende alte römische Brunnen zeugen davon. Kerrou hat in Tunis Agronomieingenieur studiert und arbeitet heute an einer Dissertation im Bereich der quantitativen Hydrogeologie bei Philippe Renard am Zentrum für Hydrogeologie der Universität Neuenburg. In diesem Projekt untersuchen die beiden Forscher die Versalzung des Grundwassers im Küstenbereich des Maghrebstaates.

## Unfruchtbare Äcker, verzweifelte Bauern

In Tunesien ist klimabedingt nur der nördliche und zentrale Teil für die Landwirtschaft geeignet. Angebaut werden Ge-

treide, Salate und vor allem Tomaten. «Viele Tomaten», sagt Jaouher Kerrou, «so weit das Auge reicht.» Doch die Ressourcen im Boden drohen an ihre Grenzen zu gelangen, der Grundwasserspiegel sinkt ab. In den Küstengebieten kann dies verheerende Folgen haben. Hier befindet sich in den Aquiferen – so nennt man die Gesteinsschichten, die Grundwasser in grossen Mengen enthalten – unter dem süssigen Grundwasser salziges Meerwasser. Da das Salzwasser eine höhere Dichte hat als Süsswasser, entsteht eine relativ klare Trennfläche. Doch wenn der Süsswasserspiegel unter das Niveau der Meeresoberfläche sinkt, kann Salzwasser landwärts vordringen. Ausserdem versalzen die Böden, wenn auch nur leicht salzhaltiges Wasser ausgebracht wird. Das Salz wird wiederum ins Grundwasser ausgewaschen, ein Teufelskreis setzt ein. Die Folge ist, dass die Kulturen nicht mehr gedeihen. Die Süsswasservorräte werden kontinuierlich landeinwärts zurückgedrängt. Aufgegebene Felder an der Küste von Cap Bon, dieser fruchtbaren Halbinsel im Nordosten des Landes, zeugen davon. Kerrou und Renard haben in ihrem Untersuchungsgebiet in Cap Bon dreidimen-





Nur wer mehr weiss, kann das Grundwasser in der Landwirtschaft nachhaltig nutzen: Die Forscher um Jaouher Kerrou im tunesischen Cap Bon (1) messen den Zustand des kostbaren Rohstoffs indirekt über den Bodenwiderstand (2) oder direkt mit Hilfe einer piezometrischen Sonde in einem Bohrloch (4). Ein Dorfjunge in Bangladesch füllt eine Probenplatte in einem überfluteten Reisfeld (3).

Bilder 1, 2 und 4: Universität Neuenburg  
Bild 3: Linda Roberts



sionale Modelle erarbeitet, mit denen der Versalzungsprozess im Grundwasser simuliert werden kann. Darin werden alle entscheidenden Parameter – Bodenbeschaffenheit, Niederschläge, Salzgehalt und Flieseigenschaften im Wasser etc. – mit einbezogen. Die Simulationen werden mit Daten validiert, welche die Forscher in langwieriger Feldarbeit erheben. Ungefähr 100 Brunnen, darunter sogar ein alter römischer, werden genutzt, um die Grundwasserstände zu messen. Letztlich können mit dem Modell die Folgen der Ausbeutung simuliert werden. «Zum Beispiel können wir den Behörden aufzeigen, was passiert, wenn sie bei den Wasserbewilligungen für die Bauern zu grosszügig sind», erklärt Jaouher Kerrou. Zudem erstellen die Neuenburger Forscher Wasserkarten, die aufzeigen, wo auf Cap Bon das Grundwasser nachhaltig genutzt werden kann und wo es schon übernutzt ist. Das Ziel ist,

die angewendete Methodologie auf andere Küstengebiete umzusetzen. Denn das Problem ist keineswegs nur auf Tunesien beschränkt. «Die Küstengebiete sind die meistbesiedelten Landstriche der Welt», sagt der gebürtige Franzose Philippe Renard, der vorher die Wasserproblematik auf der Mittelmeerinsel Zypern erforscht hat. «Und die Bevölkerung in den meeresnahen Gebieten ist geradezu explodiert.»

#### Der Fluch des Deltas

Nicht immer sind die Probleme von Menschen verursacht. In Bangladesch etwa macht die Arsenbelastung des Grundwassers den Behörden Sorgen, doch die Quelle ist natürlichen Ursprungs. Das giftige Spurenelement stammt aus den erdgeschichtlich sehr jungen Sedimenten des grössten Deltas der Erde. Dort, in etwa 30 Meter Tiefe und bei strikt sauerstofffreien Bedingungen, löst das Grundwasser

das Arsen nach und nach heraus. Derzeit ist das Trinkwasser an gewissen Orten mit über 500 Mikrogramm pro Liter belastet, der WHO-Grenzwert liegt bei zehn Mikrogramm pro Liter. Die anorganischen Salze des Spurenelements Arsen sind geruchs- und geschmacklos, aber für den Menschen sehr giftig. Über längere Zeit eingenommen, können selbst bei tiefen Konzentrationen Gesundheitsschäden auftreten, darunter Funktionsstörungen der Leber und der Nieren und verschiedene Formen von Krebs.

Doch seit gut 15 Jahren kommt eine neue Gefahr hinzu. Heute pflanzen die Kleinbauern auf ihren Feldern den Reis nicht mehr nur in der Monsunzeit zwischen Juni und September an, wenn das ganze Land überflutet ist, sondern auch in der Trockenzeit danach. Damit der ertragreiche Boro-Reis auch wächst, ist eine intensive Bewässerung nötig, meist mit Grundwasser, das aus einfachen Rohrbrunnen geschöpft wird. Nach Schätzungen gelangen so heute jährlich über 1360 Tonnen Arsen auf die Reisfelder in Bangladesch.

«Ob die landwirtschaftliche Praxis das Problem wirklich verschärft und dadurch zum Beispiel noch mehr Arsen ins Grundwasser gelangt, weiss man nicht», sagt Stephan Hug von der eidgenössischen Wasserforschungsanstalt Eawag. Zusammen mit dem Bodenchemiker Ruben Kretzschmar vom Institut für Biogeochemie und Schadstoffdynamik der ETH Zürich untersucht der Umweltchemiker Hug die Ursachen und die Folgen der Arsenbelastung im Grundwasser. Die grösste Gefahr sind Ertragseinbussen bei der Reisproduktion, etwa wenn sich das





Wie belastet sind Bangladeschs Reisfelder (1) mit natürlichem Arsen? Ein Forscherteam der ETH Zürich und der Eawag sucht nach Antworten (2, v.l.n.r.: Ganesh Saha, Jessica Dittmar, Andreas Voegelin, Linda Roberts und Mithu). In Senegals Hauptstadt Dakar werden die Felder mit Abwasser begossen (4). Kleinbauern schöpfen das verseuchte Wasser mit Giesskannen aus selbstgegrabenen Auffangteichen (3). Abwasserspezialist Seydou Niang (5) erprobt einfache Reinigungsmethoden.

Bilder 1: Andreas Voegelin, 2: Stephan Hug, 3, 4 und 5 Hans-Rudolf Pfeifer



Arsen während der Bewässerungsperiode in den Böden anreichert und so das Pflanzenwachstum beeinträchtigt. Nach neusten Erkenntnissen gelangt das Arsen immerhin nicht in die Reiskörner und somit nicht in die Nahrungskette.

### Monsunregen bringt Segen

Doch viele Aspekte sind noch unerforscht. Ruben Kretzschmar warnt: «Hier spielen so viele Faktoren zusammen, dass das Projekt nur interdisziplinär angegangen werden kann.» Er ist zusammen mit Andreas Voegelin und Jessica Dietmar an allen Facetten der Arsenchemie in Böden und Sedimenten interessiert. Stephan Hug und Linda Roberts dagegen erforschen die Prozesse des Elements im Wasser. Dabei konnten schon eindrucksvolle Resultate gewonnen werden. Mehrjährige Messungen in einem Versuchsfeld haben gezeigt, dass die Arsenkonzentration sehr ungleichmässig verteilt ist. Zudem haben die Forscher entdeckt, dass das Spurenelement in der Monsunzeit zum Teil wieder aus den

Böden herausgelöst wird, weil die monatelangen sauerstofffreien Unterwasserbedingungen das Spurenelement wieder in die mobilisierbare Form umwandeln.

In den dichtestbesiedelten Gebieten der Welt pressen die Menschen die Erde aus wie eine Zitrusfrucht. Wäre es da nicht vernünftiger, das Wasser mehrfach zu nutzen? Dass dies möglich ist, zeigt ein Projekt, das der Umweltgeochemiker Hans-Rudolf Pfeifer von der Universität Lausanne im Rahmen des SNF-Kooperationsprogramms «Partnerships with developing countries» durchführt. Mitten in der senegalesischen Millionenmetropole Dakar werden die schmutzigsten Tümpel zu einer Quelle von Lebenskraft und Wachstum. Städtische Kleinbauern versorgen hier die Märkte mit Gemüse und Salaten. Die Hälfte der Ackerfläche wird mit ungeklärtem Abwasser aus lecken Kanalisationsröhren bewässert, weil dieses viele Nährstoffe enthält. «Eine im Grunde sehr sinnvolle Sache», sagt Pfeifer, «denn so kann das knappe Grundwasser geschont werden.»

### Fäkalbakterien und Parasiten

Doch die Abwässer sind nicht unproblematisch: Fäkalbakterien und Parasiten bedrohen die Kleinbauern, die das Wasser mit Giesskannen barfuss aus selbstgegrabenen Auffangteichen abschöpfen; Nitrate belasten die Salate und Gemüse auf dem Markt; Pestizide, von denen in Unmengen Gebrauch gemacht wird, gelangen ins Grundwasser, das nachher wieder als Trinkwasser genutzt wird. Pfeifer und der einheimische Abwasserspezia-

list Seydou Niang verfolgen in ihrem Projekt gemeinsam mit Agronomen, Biologen und Medizinerinnen drei Stossrichtungen: den Gesundheitsaspekt, den Umweltaspekt und den technologischen Aspekt. Sie suchen zum Beispiel einfache Lösungen für eine Teilabwasserreinigung, die zwar die Bakterien eliminiert, jedoch die Nährstoffe erhält.

### Cholera ist keine Gefahr

Die bisherigen Resultate sind oft erstaunlich. «Wir haben in den Abwässern zum Beispiel keine Metallrückstände gefunden», sagt Pfeifer. Ein Choleraproblem, wie von vielen Medizinerinnen befürchtet, gibt es nicht. Dafür ist die Nitrat- und Pestizidbelastung der Abwässer und des Grundwassers zu hoch. Die Erkenntnisse sollen nun mit den Kleinbauerngenossenschaften umgesetzt werden. In speziellen Kursen werden diese zum Beispiel in der richtigen Verwendung der Pestizide unterrichtet. Auf diesem Gebiet kann noch vieles verbessert werden. Doch Hans-Rudolf Pfeifer ist optimistisch: «Wenn wir unser Wissen konsequent umsetzen, ist die Verwendung von Siedlungsabwasser sehr nachhaltig, weil damit gleichzeitig gedüngt und bewässert wird.»

Was nachhaltig bedeutet, ist wohl nirgends so offensichtlich wie bei der Grundwassernutzung. Der Krug geht sprichwörtlich zum Brunnen, bis er bricht. Die Folgen einer nicht nachhaltigen Nutzung zeigen sich nämlich sehr direkt – in unfruchtbaren Äckern, in vergiftetem Wasser, in versiegten Quellen. ■