



# Versunkene Seen in der Sahara

Einst war die Sahara eine Savanne mit üppiger Tier- und Pflanzenwelt. Nach einer ersten ariden Phase vor 70 000 bis 12 000 Jahren begann sie vor 5000 Jahren endgültig auszutrocknen. Wie dieser dramatische Klimawandel ablief, wird jetzt mehr und mehr entschlüsselt.

Von Kevin White und David J. Mattingly

**A**m Fuß der Düne gelangten wir auf eine harte, weiße Fläche, die durch Austrocknung rissig geworden war. Hier und da ragten bizarre, vom Wind modellierte Säulen in die Höhe. Mit jedem Schritt wirbelten wir Wolken von grauem Staub auf, weil die salzige Kruste unter unseren Füßen zerbrach und die Schuhe in den puderigen Schluff darunter einsanken.

Die Sedimente, die wir dabei aufwühlten, steckten voller winziger Schnecken- und Wurmschalen und versteinerten Wurzeln von Bäumen und Sträuchern – Überres-

te einstiger Lebewesen, die der fortschreitenden Austrocknung der Sahara in den letzten 5000 Jahren zum Opfer gefallen sind. Immer wieder stießen wir auch auf Hinterlassenschaften früherer menschlicher Bewohner: Feuerstellen, weggeworfene Werkzeuge – von grob zugehauenen Kieselsteinen bis hin zu sorgfältig gearbeiteten Pfeilspitzen – und Erdhügel. Sie markieren die letzten Rastplätze von Saharabewohnern längst vergangener Tage.

Woher kamen all diese Lebensspuren? Die Antwort ist ebenso überraschend wie einfach: Wir liefen über den Grund eines ehemaligen Sees.

Menschen, deren Lebensspanne sich in Jahrzehnten bemisst, fällt es schwer, sich vorzustellen, wie sehr sich die Wetterverhältnisse über Jahrtausende hinweg wandeln können. Doch die geologischen Belege für teils dramatische Klimaänderungen in der jüngeren Erdgeschichte sprechen eine unmissverständliche Sprache. Die meisten Zeugnisse stammen aus den Eisdecken in hohen Breiten. Zusammen mit Gletscherspuren und astronomischen Berechnungen dokumentieren sie einen zyklischen Wechsel von Kalt- und Warmzeiten in den letzten zwei Millionen Jahren. Doch auch in der Wüste gab es tief greifende Klimaänderungen,



ALLE FOTOS DIESES ARTIKELS (SO FERN NICHT ANDERS ANGEGEBEN): TOBY SAVAGE

die nicht nur die Geschichte Nordafrikas prägten, sondern auch den Werdegang der Menschheit beeinflussten.

In den letzten acht Jahren haben wir zusammen mit Kollegen vom King's College in London sowie von den Universitäten in Leicester, Reading und Norwich nach vorgeschichtlichen Besiedlungsspuren in einem der unwirtlichsten und unzugänglichsten Gebiete der Erde gesucht: der libyschen Provinz Fessan inmitten der lebensfeindlichen Zentralregion der Sahara. Heute fallen dort maximal einige Zentimeter Regen im Jahr. In vielen Jahren regnet es überhaupt nicht.

Unsere Arbeit führte uns vorwiegend in das Sandmeer (Edeyen) Ubari. Nicht einmal die Nomaden, die den Fessan bewohnen, trauen sich normalerweise dort hinein. Doch diese unwegsame Gegend birgt viele Hinweise darauf, dass in Nordafrika einst lebensfreundlichere Bedingungen herrschten. Am eindrucksvollsten sind die ausgetrockneten Überreste zahlreicher Seen in den Mulden zwischen den Sanddünen. Diese Seen existierten in feuchteren Zeiten, als der Grundwasserspiegel viel höher lag. Sie waren vermutlich flach, sumpfig und schilfbewachsen.

An ihren Ufern lebte das sagenumwobene Volk der Garamanten, über das bis vor Kurzem nur vage Informationen existierten. Nach römischen Berichten

handelte es sich um kriegerische Nomaden. Doch archäologische Befunde aus neuerer Zeit machen klar, dass die Garamanten Ackerbau betrieben, in Städten wohnten und ein hoch entwickeltes System der Wassergewinnung kannten. Es ließ ihre Zivilisation noch tausend Jahre überdauern, als das Land zunehmend austrocknete. Doch am Ende hatte das Wüstenvolk keine Chance und verlor trotz aller Findigkeit seinen Kampf gegen die Unbilden der Natur.

Am Südwestrand des Fessan, im Acaus-Gebirge, dokumentieren Felsmalereien und Tierknochen die allmähliche Einführung der Weidewirtschaft im Verlauf mehrerer Jahrtausende: Auf frühe Zeichnungen von Jagdszenen folgen Bilder von Haustieren. Nach Meinung des Archäologen Savino di Lernia von der Universität Rom zwang die zunehmende Trockenheit Jäger und Sammler dazu, ihre Beute – vor allem Wildschafe – einzupferchen, um für Zeiten der Nahrungsmittelknappheit vorzusorgen. So kam es schließlich zur Domestizierung. Eine weitere Trockenperiode vor etwa 5000 Jahren bewirkte dann den allmählichen Übergang vom Hirtentum zur Oasenwirtschaft – der mit dem Aufstieg des Garamanten-Reichs einherging.

Großräumig betrachtet, beeinflusste die sich verändernde Umwelt der Sahara

▲ Nur an wenigen Stellen in der libyschen Sahara – wie hier bei Gabr Aron – erreicht Grundwasser die Oberfläche und bildet einen See (rechts). Solche Seen waren in diesem Gebiet vor Jahrtausenden viel häufiger. Als sie austrockneten, hinterließen sie harte Krusten aus weißen Mineralen, die verhinderten, dass der Wind den einstigen Seeboden mit den enthaltenen Überresten früheren Lebens und menschlicher Besiedlung davonblies (links).

wahrscheinlich den Exodus unserer Vorfahren aus dem ostafrikanischen Rift Valley nach Europa und Asien. Bei verhältnismäßig feuchtem Klima in der Sahara war die Passage Richtung Norden frei. Während zunehmender Trockenphasen schloss sie sich jedoch immer wieder.

Zum Leidwesen der Archäologen ist die Sahara ein fast unzugängliches, riesiges Gebiet. Das erschwert die Suche nach den spärlichen Zeugnissen einer frühen Besiedelung durch Jäger und Sammler. Dass Menschen nicht ohne Wasser auskommen, liefert jedoch einen entscheidenden Hinweis, wo Grabungen am ehesten Erfolg versprechen. Mahlsteine und Handäxte finden sich gewöhnlich in der Nähe alter Flüsse, Seen ▷



NICK BROOKS

▷ und Quellen, auch wenn die meisten davon längst ausgetrocknet sind.

Wie spürt man einen nicht mehr vorhandenen Fluss oder See auf? Am besten aus dem Weltall. Wie verblüffend ergiebig die Ansicht von hoch oben ist, demonstrierte erstmals 1982 eine Gruppe von Nasa-Wissenschaftlern, die Satelliten-Radarbilder vom Selima-Sandfeld an der Grenze zwischen Ägypten und dem Sudan analysierte und dabei ein System von Flüssen entdeckte, die unter dem Sand begraben waren (Bild unten). Da Radarstrahlung relativ weit in sehr trockenen Untergrund eindringen kann, ermöglicht sie, die Topografie unter der Oberfläche abzubilden.

Anschließende Untersuchungen der Selima-Region erbrachten eine Fülle archäologischer Beweise dafür, dass das Ge-



NASA UND USGS ASTROGEOLOGY TEAM

▲ Vor zwanzig Jahren machten Radarbilder aus dem All frühere Flussbetten unter dem Selima-Sandfeld in der Sahara sichtbar. Sie sind in dem schwarz-weißen Streifen als dunkle, kanalartige Strukturen zu erkennen. Die orangefarbenen Landsat-Aufnahmen vom selben Gebiet im optischen und Infrarot-Bereich erscheinen dagegen vergleichsweise kontrastarm.

biet in den letzten 200 000 Jahren immer wieder besiedelt war. Parallel zum Vorstoß und Rückzug der Eisdecken in höheren Breiten – als Reaktion auf periodische Schwankungen in der Menge der einfallenden Sonnenenergie – und zur Verstärkung und Abschwächung des ostafrikanischen Monsuns wechselte das Klima in der Sahara zwischen ariden, semiariden und humiden Phasen. Während feuchter Perioden führten die Flüsse Wasser und füllten sich die Aquifere im Boden wieder auf, die auch heute noch die Oasen mit Grundwasser versorgen – wenn auch in abnehmender Menge.

Die Entdeckung einstiger Flussläufe rief große Begeisterung unter jenen Wissenschaftlern hervor, die sich mit der Vorgeschichte der Sahara beschäftigen. Dank ausgiebiger Forschungsarbeiten des britischen Archäologen Charles Daniels und seines sudanesischen Kollegen Mohammed Ayoub in den 1960er und 1970er Jahren wussten wir bereits vom archäologischen Erbe des Fessan. Doch die frühen Forscher hatten sich noch an die gängigen Navigationsrouten durch die Wüste halten müssen, die gewöhnlich nicht gerade dort verlaufen, wo reiche archäologische Funde zu erwarten sind, sondern auf kürzestem Weg von Oase zu Oase führen. Die Arbeit der Nasa-Forscher zeigte, wie sich mittels Fernerkundung auch ehemalige Wasserquellen weit abseits der ausgetretenen Pfade aufspüren ließen, an denen die Chancen gut waren, Beweise für eine Besiedelung durch den Menschen zu finden.

Tatsächlich boten Satellitenbilder zwei unabhängige Möglichkeiten, alte Seen im Fessan zu identifizieren. Als diese austrockneten, zementierten die auskristallisierenden Minerale – vor allem Kalk und Gips – die Ablagerungen in dem einstigen Gewässer. So entstand eine harte

▲ Felszeichnungen dokumentieren einen Wandel in der Ernährungsweise. Die ersten Bewohner dieser Sahara-Region waren demnach Jäger und Sammler, die mit Pfeil und Bogen unter Einsatz von Hunden Wildtieren nachstellten (links). Ihre Nachfahren hielten dagegen Rinder (rechts) und andere Haustiere. Aus den Hirten wurden schließlich Ackerbauern.

Salzbodenkruste, die den Wind daran hindert, die Sedimente einfach wegzufegen. Wenn der lockere Sand rundum fortgeweht wird, bleiben markante Plattformen zurück. Kalk und Gips lassen sich leicht auf den »multispektralen« Bildern entdecken, die der Landsat Thematic Mapper liefert: ein Erdbeobachtungssystem, das von der Nasa und vom U.S. Geological Survey betrieben wird.

### Gefährliche Fahrt durchs Sandmeer

In einigen Gebieten enthält die Salzbodenkruste allerdings kaum Kalk oder Gips – vielleicht weil die chemische Zusammensetzung des Gewässers ungewöhnlich war oder sich beim Austrocknen veränderte. Hier sind die Sedimente durch Kieselsäure verkittet, aus der auch der umliegende Sand besteht. Das macht multispektrale Aufnahmen wertlos. Aber auf gewöhnlichen Radarbildern, wie sie die Nasa-Forscher beim Selima-Sandfeld herangezogen hatten, lassen sich die beiden Bodentypen trotzdem auseinanderhalten. Während die Mikrowellenstrahlung nämlich in den lockeren Sand eindringen kann, wird sie von der glatten, harten Kruste großenteils reflektiert. Mit Hilfe beider Methoden erstellten wir eine umfassende Karte der ehemaligen Seen im Ubari-Sandmeer.

Die Radarbilder erwiesen sich auch als unverzichtbar bei der Planung unserer Expeditionen in dieses Niemandsland. Mit einem geschulten Auge kann man Gebiete darauf erkennen, wo chaotische Muster von Dünen mit steilen Hängen ein Weiterkommen unmöglich machen. Folglich arbeiteten wir Routen durch die Sandflächen aus, die einen Bogen um solche problematischen Regionen schlagen. Pro Kampagne führten wir dann zwei bis drei Touren zu den Stellen durch, an denen verhärtete Kruste zu finden ist. Mittels GPS folgten wir dabei den vorher festgelegten Routen.

Als Fortbewegungsmittel dienten uns jeweils zwei gut ausgerüstete Landrover. Sie waren mit speziellen Sandreifen ausgestattet, aus denen wir einen Großteil der Luft ablassen konnten, um mit sehr geringem Reifendruck zu fahren. Dadurch verbreitert sich die Reifenspur, sodass sich das Gewicht des Wagens über eine größere Fläche verteilt. Die Räder greifen dann besser auf dem Sand und

»schwimmen«, anstatt einzusinken. Trotzdem waren wir uns zu Beginn jeder solchen Fahrt bewusst, dass wir in den nächsten Tagen viel Zeit mit Graben und Schieben verbringen würden.

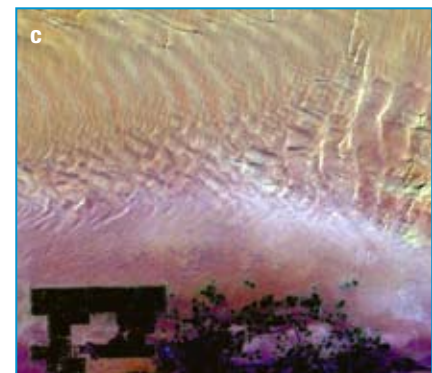
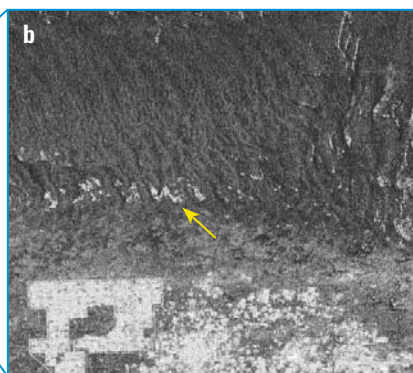
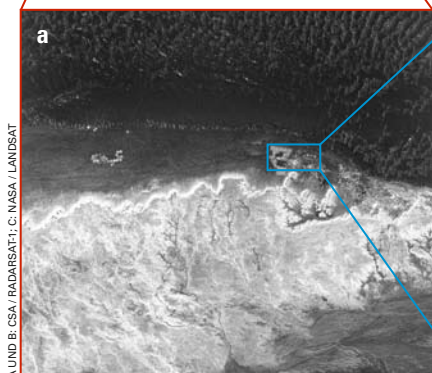
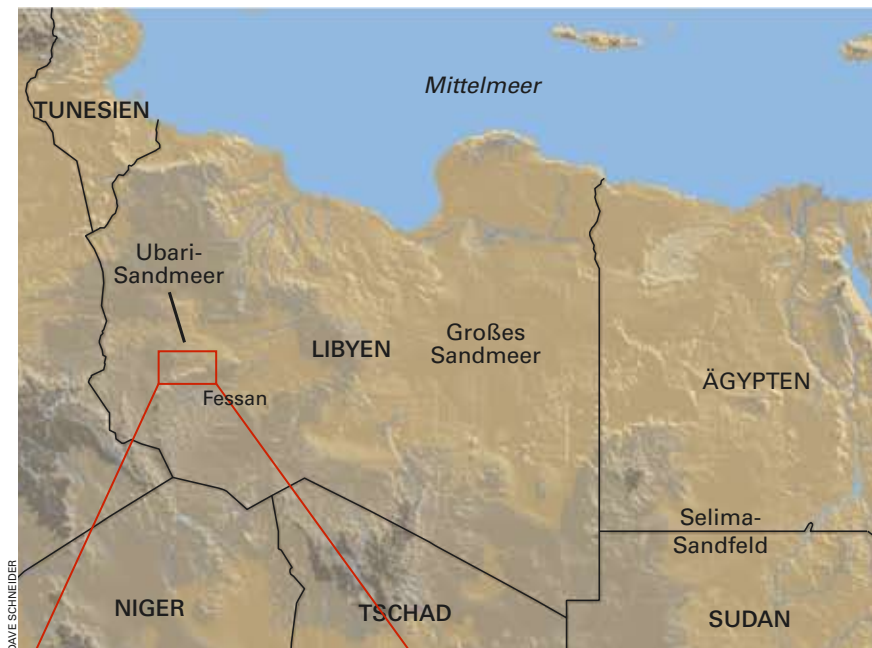
Kein anderes Gelände ist so schwierig mit dem Auto zu durchqueren wie ein Meer von Sanddünen. Beide Fahrzeuge verfügten über Winden und Seile. Die Fahrer achteten darauf, stets einigen Abstand zueinander zu halten. Falls das Führungsfahrzeug in weichem Sand stecken blieb, konnte das andere rechtzeitig anhalten und den festgefahrenen Landrover rückwärts herausziehen. Außerdem verfügten wir über Sandleitern: dünne Aluminiumgitter, die eine feste Oberfläche schaffen, an der die Reifen Halt finden, wenn man sie darunterlegt. So konnte das gestrandete Fahrzeug manchmal aus eigener Kraft oder mit etwas Schieben durch ein Team erschöpfter Wissenschaftler aus der Sandwehe herauskommen.

Eine große Düne zu überqueren verlangt starke Nerven und ungeheure Kon-

zentration. Man muss ordentlich beschleunigen, um genug Schwung zu haben, damit das Fahrzeug den steilen, weichen Hang hinaufkommt. Anderenfalls bleibt es auf halber Höhe stecken – mit durchdrehenden Rädern, die Sandfontänen aufspritzen lassen. Mit zu viel Schwung hebt der Wagen dagegen am Kamm ab – was böse ausgehen kann, wenn es auf der anderen Seite wiederum steil bergab geht.

Einige Dünen im Ubari-Sandmeer sind über dreißig Meter hoch, und das nur halb kontrollierte Abrutschen auf der abfallenden Rückseite kann beängstigend sein. Falls es dem Fahrer nicht gelingt, das Fahrzeug gerade zu halten, droht es sich zu überschlagen – was unter Umständen Kopf und Kragen kostet.

Zu diesen Gefahren gesellt sich das befremdliche Phänomen des »beige-out«, das jeden Tag im Verlauf des Vormittags einsetzt und dem bekannteren »white-out« in Schneelandschaften ähnelt. Am frühen Morgen fällt das Sonnenlicht noch ▶



◀ Bei ihren Untersuchungen im Ubari-Sandmeer in der libyschen Sahara (links) konnten die Autoren mit Radaraufnahmen aus dem All (a) viele ehemalige Seeböden lokalisieren, weil die flachen Salzkrusten Mikrowellen gewöhnlich stark reflektieren. Das horizontale weiße Band, das in der Mitte der Ausschnittvergrößerung (b) zu sehen ist, entspricht einer Gruppe ausgetrockneter Gewässer. Auf Landsat-Aufnahmen von diesem Gebiet (c) wären sie nicht zu erkennen gewesen.

▷ so schräg ein, dass die feinen Riefen auf der Oberfläche der Düne Schatten werfen, an denen der Fahrer die Neigung des Geländes ablesen kann. Doch wenn die Sonne höher gestiegen ist, hebt sie diese winzigen Grate nicht mehr hervor. Der Fahrer sieht dann nur noch eine konturlose, beigefarbene Fläche. Folglich kann er auch nicht mehr erkennen, ob etwa unmittelbar vor ihm ein steiler Hang aufragt. Auch bei noch so vorsichtigem Kriechtempo gab es viele Momente, in denen uns der Atem stockte – weil sich das Fahrzeug auf einmal gefährlich nach unten neigte oder von einer unsichtbaren Düne emporgeschleudert wurde.

Damit nicht genug, sind bei Vorstößen tief ins Sandmeer große Mengen Treibstoff und Wasser mitzuführen, damit eine ausreichende Sicherheitsmarge für einen Unglücksfall bleibt. Dadurch müssen die Fahrzeuge die Dünen in schwer beladenem Zustand angehen, wodurch sie noch leichter stecken bleiben. Der Treibstoffverbrauch ist um ein Mehrfaches höher als auf festem Grund, weil die Räder sich in niedrigem Gang durch weichen Sand mahlen. Immer wieder mussten wir anhalten, um Motoren und Getriebe abkühlen zu lassen.

**Einsam unterm Sternenzelt**

Doch das Reisen durch die Wüste ist nicht nur Mühsal. Die ständig wechselnde Landschaft mit ihren durch den Wind messerscharf herausgemeißelten Formen wirkt nie langweilig, sodass die Zeit rasch vergeht. Auch das Übernachten in den Dünen entschädigt für manche Plackerei. Ohne Wolken und Lichtverschmutzung, die den Schein der Sterne trüben, bietet sich vor dem Einschlafen ein überwältigender Blick auf einen fast greifbar nahen Nachthimmel.

Was die wissenschaftliche Ausbeute betrifft, gewährten schon die einfachsten visuellen Beobachtungen faszinierende Einblicke in die Veränderungen sowohl der natürlichen Umwelt als auch der vom Menschen geschaffenen Kulturlandschaft im Fessan. In jedem der von uns besuchten Becken zwischen den Dünen zeigten sich verschiedene Phasen der Bildung und Austrocknung von Seen. Hoch gelegene Terrassen aus Salzkrusten, die Seesedimente bedeckten, markierten höhere, ältere Wasserstände. Fossile Muscheln bezeugten, dass hier zwischen den Dünen einst Brackwasserseen existiert hatten, und erlaubten die Datierung die-



ser feuchteren Zeitabschnitte – zumindest im Prinzip.

Zunächst wandten wir die bekannten radiologischen Methoden an – allerdings in einer leicht abgewandelten Form, die auf die Situation in den betrachteten Binnengewässern zugeschnitten war. Uran-238, ein radioaktives Nuklid, zerfällt über eine Reihe von Zwischenschritten, bei denen verschiedene, unbeständige Atome entstehen, schließlich zu dem stabilen Blei-Isotop der Masse 206. Von Bedeutung für die Datierung von Muschelschalen ist in dieser Zerfallsreihe das Uran-234, das wasserlösliche Verbindungen bildet und deshalb in größeren Mengen im Seewasser enthalten war. Die analogen Verbindungen seines Tochterprodukts Thorium-230 sind dagegen unlöslich, sodass dieses Isotop ausschließlich in den Sedimenten am Boden vorlag.

Im See lebende Mollusken nahmen Uran-234 auf und bauten es in ihre Kalkschalen ein. Dort begann es sofort mit einer bekannten Geschwindigkeit zu Thorium-230 zu zerfallen. Dessen Menge in Relation zum Uran-234 zeigt also das Alter an: Eine sehr junge Schale enthält wenig davon, eine alte viel. Diese Datierungsmethode funktioniert theoretisch bis zu einem Alter von etwa 500 000 Jahren.

Entsprechende Untersuchungen von zehn Schalen aus einer der Seeablagerungen ergaben allerdings sehr unterschiedliche Alterswerte: Sie reichten von 56 000 bis 84 500 Jahre vor heute. Obwohl wir uns bemüht hatten, nur unverfälschte Originalschalen aufzusammeln, entdeckten wir Hinweise auf spätere störende Einflüsse: Die ursprünglich vor-

▲ Bei ihren achtjährigen Untersuchungen in der Wüste benutzten die Autoren Landrover mit Allradantrieb. Mit Vorräten und Ausrüstung schwer beladen, blieben die Fahrzeuge trotz aller Vorkehrungen – wie einem stark verringerten Reifendruck – immer wieder im weichen Sand stecken.

handene Mineralform von Kalk – Aragonit – hatte sich größtenteils in eine andere – Kalzit – umgewandelt. Das ist bei diesen Muscheln ein sicheres Zeichen für eine Rekristallisation. Dabei könnten radioaktive Elemente aus der Schale herausgelöst worden sein, wodurch sich das Isotopenverhältnis und damit das scheinbare Alter des Fossils verändert hätte.

Leider ist unklar, in welche Richtung das geschah. Ein Zurückstellen der Isotopenuhr ließe die Fossilien jünger erscheinen, als sie sind. Dagegen hätte sich beim bloßen Herauslösen von Uran dessen Mengenverhältnis zu Thorium erniedrigt, was ein höheres Alter vortäuschen würde. Widerstrebend beugten wir uns der Einsicht, dass diese Schalen keine verlässlichen Informationen darüber liefern können, wann die Seen mit Wasser gefüllt waren.

Deshalb setzten wir auf eine andere Datierungsmethode, die sich ebenfalls auf das Vorliegen radioaktiven Materials in den Sedimenten stützt. Das geschieht jedoch auf völlig andere Weise. Bei der optisch stimulierten Lumineszenz (OSL) ermittelt man den Schaden, den energiereiche Gammastrahlung anrichtet, die bei bestimmten radioaktiven Zerfallspro-

zessen frei wird. Sie schubst Elektronen in benachbarten Atomen auf eine höhere Umlaufbahn, die weiter außen verläuft und energiereicher ist. Um zurückspringen zu können, brauchen die Teilchen einfallendes Sonnenlicht. Sobald das Sediment verschüttet ist und im Dunkeln liegt, beginnen sich die Strahlungsschäden deshalb anzuhäufen.

Erst wenn die angeregten Atome im Labor Licht ausgesetzt werden, kehren alle angehobenen Elektronen auf einen Schlag in ihre normale Umlaufbahn zurück. Dabei senden sie einen schwachen Lichtblitz aus. Diese Lumineszenz ist umso intensiver, je länger das Sediment, abgeschirmt von der Sonne, im Boden lag und Strahlungsschäden akkumuliert hat.

Natürlich darf man keinerlei Licht an den Kristall heranlassen, bevor er ins Labor gelangt. Dort wiederum muss er sehr reiner, monochromatischer Laserstrahlung ausgesetzt werden, deren Wellenlänge von derjenigen der Lumineszenz unterscheidbar ist. Um die Zeitspanne seit der Verschüttung zu berechnen, benötigt man dann nur noch eine weitere Größe: die jährliche Strahlungsmenge, die auf die Kristalle eingewirkt hat. Sie lässt sich recht einfach mit einem Gammastrahlen-Spektrometer im Gelände ermitteln.

Die geschilderte Lumineszenzdatierung ist für Wüsten besonders geeignet,

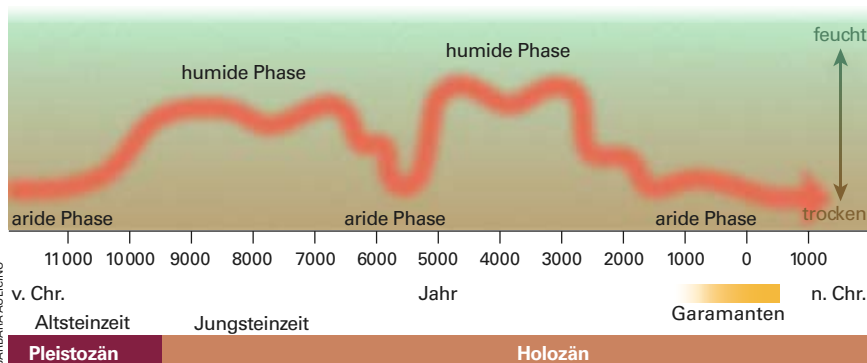
weil sie am besten mit Quarzkristallen funktioniert, dem häufigsten Material in der Sahara. So haben wir damit das Alter der Sande unter Seesedimenten bestimmt. Sie repräsentieren eine Trockenphase, bevor sich der jeweilige See zu füllen begann. Dabei kamen wir auf ein Alter von 226 000 bis 255 000 Jahren. Die darüber liegenden Seesedimente müssen demnach jünger sein.

### Überreste einstiger Sümpfe

Diese selbst lassen sich allerdings schlecht mit der Lumineszenzmethode datieren. Deshalb wandten wir noch ein drittes Verfahren an. An der Basis vieler alter Seebecken liegen dunkle organische Schichten – Überreste des Torfs, der zurückblieb, als die Gewässer versumpften, bevor sie zum letzten Mal austrockneten. Da dieses Material Kohlenstoff enthält, lässt es sich mit der gängigen Radiokarbonmethode datieren. Dabei bestimmt man die Konzentration des radioaktiven Isotops C-14. Zu Lebzeiten nehmen Pflanzen und Tiere Kohlenstoff auf, der direkt oder indirekt aus der Atmosphäre stammt und einen annähernd gleich bleibenden Anteil an diesem Isotop enthält. Nach dem Tod des Lebewesens zerfällt das C-14 in den Geweben mit einer konstanten Rate. Je weniger sich also in einer Probe befindet, desto älter ist sie.

Da Kohlenstoff-14 schneller zerfällt als Uran-234, überdeckt die Radiokarbonmethode den viel kürzeren Zeitraum von nur etwa 50 000 Jahren, ist dafür aber genauer. Wir haben drei Proben von schwarzen organischen Sedimenten aus alten Seebassins untersucht. Sie lieferten Alter von 6690 bis 9120 Jahren vor der Gegenwart (diese ist gemäß einer Konvention der C-14-Chronologen auf das Jahr 1950 festgelegt). Damals endeten somit wahrscheinlich die letzten feuchten Phasen, und die gegenwärtige Trockenheit setzte ein. ▷

▼ Das Klima der Sahara – hier in einer schematischen Darstellung – war über die Jahrtausende hinweg starken Schwankungen unterworfen. Zwei deutlich unterscheidbare feuchte Phasen treten in der Kurve als Höcker hervor. Dazwischen gab es um 6000 bis 5000 v. Chr. eine unbeständige, insgesamt aber trockene Periode. Ab etwa 3000 v. Chr. dörnte die Landschaft erneut aus und wurde zur heutigen Wüste.



▷ Welche menschlichen Schicksale verbergen sich hinter diesen wissenschaftlichen Erkenntnissen über die Veränderung von Landschaft und Klima? Wir fanden zahlreiche Steinwerkzeuge, die verstreut auf verhärteten Krusten oder in deren Nähe lagen. Sie deuten auf mindestens zwei getrennte Siedlungsphasen hin. Erstmals lebten demnach vor 200 000 bis 70 000 Jahren Menschen im Bereich der Zentralsahara. Es waren altsteinzeitliche Jäger und Sammler. Zahlreiche Untersuchungen von Seeablagerungen und anderen Klimaindikatoren – wie Pollen – lassen darauf schließen, dass damals größere Flüsse und Seen in Nordafrika existierten. Wir dürfen uns eine üppige Savannenlandschaft vorstellen – mit einer reichhaltigen Palette an Groß- und Kleinwild.

**Paradies für Elefanten, Nashörner und Wasserbüffel**

Eine nachfolgende aride Phase, die vor etwa 70 000 bis 12 000 Jahren herrschte, vertrieb die Menschen anscheinend aus der Region. Doch dann kehrten die Regenfälle zurück und ermöglichten eine neue Besiedlung. Sorgfältig bearbeitete mittel- und jungsteinzeitliche Werkzeuge finden sich in unmittelbarer Nähe von altsteinzeitlichen Handäxten. Überwiegend ließen sich die Menschen also in denselben Gebieten nieder wie zuvor: rund um die Seen und auf felsigen Anhöhen.

Nach den Seewasserständen zu schließen, fiel in der Jungsteinzeit allerdings nicht mehr so viel Regen wie während der feuchten Phase im Pleistozän. Dennoch fanden Archäologen Felszeichnungen von Tieren wie Elefanten, Nashörnern und Wasserbüffeln, die ein dichtes Netz von Wasserstellen benötigen. Demnach war die Region wieder eine Savanne mit reichlich Wasservorkommen. Einige der Salzbodenkrusten

im Sandmeer lassen sich dieser Phase zuordnen, die bis vor 5000 Jahren dauerte. Danach trockneten die Seen aus, und die Savanne wurde zur Wüste.

Zwischen dieser zweiten Klimaver schlechterung und der vorherigen im Pleistozän gab es einen bemerkenswerten Unterschied. Diesmal fanden die Menschen Wege, den widrigeren Verhältnissen zu trotzen. Als bloße Jäger und Sammler hätten sie nicht überleben können. Doch um die Mitte des Holozäns waren sie, den Veränderungen in den Felszeichnungen nach zu schließen, bereits zu einem Hirten-dasein übergegangen.

Zu unseren interessantesten Entdeckungen aus dieser Zeit gehört ein so genanntes Antennengrab. Solche Bauwerke sind vor allem aus der Westsahara bekannt. Sie bestehen aus einem zentralen Steinhäufen, von dem zwei jeweils etwa zwanzig Meter lange Arme aus aufgehäuften Steinen ausgehen. Durch unseren Fund wurde nun erstmals eine derartige Struktur am Boden eines ehemaligen Sees im Fessan dokumentiert. Neu ist auch, dass zum Aufhäufen an Stelle von Felsbrocken Stücke der fast genauso harten Salzbodenkruste dienten. Vermutlich handelt es sich um die letzten Ruhestätte eines jener Hirten, die nach dem Einsetzen der Trockenheit vor 5000 bis 3000 Jahren den Fessan bewohnten.

Diese Menschen mussten sehr erfinderisch sein, um angesichts schrumpfender und versiegender Wasserstellen ihre Herden durchzubringen und ihr Auskommen zu finden. Der langfristige Schlüssel zum Überleben in der Wüste war jedoch eine weitere tief greifende Veränderung: der Übergang zu einer Ackerbauernkultur mit Städten und Dörfern. Diese Transformation fiel mit dem Aufstieg des Reichs der Garamanten im ersten vorchristlichen Jahrtausend zusammen. Die Garamanten waren sesshafte Bauern, die zwischen etwa 500 v.

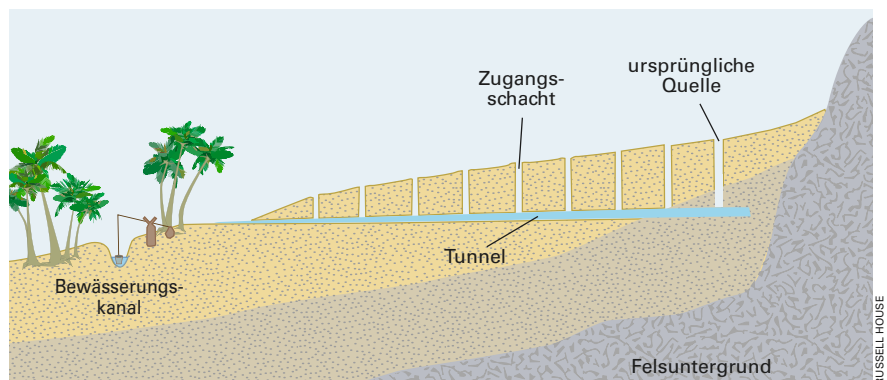
▷ Von den beiden von einem Drachen aus aufgenommenen Luftbildern zeigt das linke ein altes »Antennengrab« mit zwei Armen aus aufgehäuften Steinen. Es stammt aus der Späten Hirtenperiode. Das rechte Foto vermittelt einen Eindruck von Ausgrabungen in Garama, der Hauptstadt der Garamanten. Das Gebäude mit der abgestuften Stirnseite rechts unten war ein Tempel.

Chr. und 500 n. Chr. die Oasen im Fessan und somit die wichtigen Handelsstraßen zwischen der afrikanischen Welt südlich der Sahara und dem Mittelmeer beherrschten.

Die Griechen und Römer hatten Handelskontakte und teils auch militärische Auseinandersetzungen mit ihnen. In ihren Berichten ist ebenso anerkennend wie geringschätzig von wilden, unzivilisierten Nomaden die Rede. Das passt freilich nicht zu den archäologischen Befunden über die Siedlungen und Bewässerungssysteme der Garamanten. Es gab ein Machtzentrum in der Hauptstadt Garama, und die angeblichen Nomaden errichteten imposante Wohnhäuser, Tempel, öffentliche Gebäude und Grabdenkmäler. Sie lebten in einer lang gestreckten, talähnlichen Senke im Süden des Ubari-Sandmeers, wo der Grundwasserhorizont bis dicht unter den Boden reichte. Heute Wadi Ajal genannt, ist dieses Gebiet heute immer noch relativ frei von Sand: Satellitenbilder lassen das Grundgestein erkennen.

Bei unseren Ausgrabungen stießen wir auch auf pflanzliche Überreste. Wie deren Analyse zeigt, kultivierten die Garamanten eine Reihe hochwertiger Getreidesorten – insbesondere Weizen, Gerste, Hirse und Sorghum. Hinzu kamen Nutzpflanzen wie Dattelpalmen, Weinreben, Oliven, Baumwolle, ver-

▷ Die Garamanten gruben mit Hilfe von Zugangsschächten bis zu fünf Kilometer lange Stollen, durch die sie Grundwasser vom Rand eines Tals zu den Feldern in dessen Mitte leiteten. Die Berber nennen diese unterirdischen Kanäle Foggaras. Sie lieferten frei fließendes Wasser – ein großer Vorteil gegenüber den später üblichen tiefen Brunnen, aus denen das lebensspendende Nass mittels Seil und Eimer heraufgeholt werden musste.





schiedene Gemüsearten und Hülsenfrüchte.

Die Garamanten bezogen ihr Wasser aus einem großen unterirdischen Aquifer, der sich im Verlauf früherer, feuchterer Jahrtausende gebildet hatte. Auf die Felder leiteten sie es durch ein Netz von Tunneln, die bei den heutigen Berbern Foggaras heißen – den Ausdruck der Garamanten dafür kennen wir nicht. Die Anlage dieser Bewässerungssysteme erforderte ein beeindruckendes Maß an Ingenieurskunst, sozialer Organisation und Arbeitsleistung, die großenteils von Sklaven erbracht wurde. Bei deren Beschaffung half möglicherweise das kriegerische Wesen, das Griechen und Römer den Garamanten bescheinigten.

### Verlorener Kampf ums Wasser

Doch selbst diese ungemein fortschrittliche Gesellschaft – die erste jemals in einer Wüste entstandene Stadtkultur – konnte die anhaltende Absenkung des Grundwasserspiegels nicht unbegrenzt verkraften. Irgendwann um das Jahr 500 n. Chr. brach das Reich der Garamanten zusammen, und die Foggaras verfielen. Arabische Eroberer führten die Oasen-Landwirtschaft in geringerem Umfang und mit einfacherer Technik über das Mittelalter hinweg bis in moderne Zeiten fort.

Eine Vorstellung von der Vergangenheit des Fessan können auch einige Seen vermitteln, die sich im Ubari-Sandmeer

zwischen den Dünen erhalten haben, wo heute noch Aquifere bis an die Oberfläche reichen. Manche dieser kleinen Gewässer sind so flach, dass sie im Verlauf des Sommers austrocknen und eine harte, weiße Salzkruste zurücklassen. Andere, tiefere Seen bleiben das ganze Jahr über gefüllt. Sie wirken wie Inseln des Lebens inmitten des sterilen Sandmeers.

Noch ist der Kampf um das Wasser in der Wüste nicht vorbei. Seit vierzig Jahren kann der Mensch dank moderner Technik den alten Aquifer wieder in großem Umfang anzapfen. 1984 begann Libyen mit den Arbeiten an einem der größten zivilen Ingenieurprojekte der Welt, dem »Großen Fluss von Menschenhand«. Das zweite Stadium dieses Vorhabens wurde 1996 abgeschlossen. Seither werden etwa eine Million Kubikmeter Wasser pro Tag aus Brunnen im Fessan durch Pipelines nach Tripolis und in die angrenzenden Küstengebiete gepumpt. Die Libyer sind stolz auf dieses nationale Prestigeprojekt, das die »Begrünung« der Wüste und ein kräftiges Bevölkerungswachstum ermöglicht hat. Doch für wie lange?

Der Grundwasserspiegel im Fessan sinkt in atemberaubendem Tempo, und natürliche Oasen trocknen aus. Wahrscheinlich wird sich die Landwirtschaft in Zukunft auf eine abnehmende Zahl von Siedlungen konzentrieren müssen, die von Tiefbrunnen versorgt werden. Das könnte schwer wiegende Folgen für die ökologische Vielfalt, den Vogelzug

und den Transsaharahandel haben. Das letzte Kapitel in dieser langen Geschichte der Anpassung des Menschen an den Klimawandel in Nordafrika ist also noch nicht geschrieben. ◀



**Kevin White** (oben) hat 1990 an der Universität Reading promoviert, wo er heute den Fachbereich Geografie leitet. Als Spezialist für Satelliten-Fernerkundung erforscht er seit zwanzig Jahren Wüstengebiete – speziell in Afrika, Asien und dem Mittleren Osten.



**David J. Mattingly** ist Professor für römische Archäologie an der Universität Leicester. Mit Untersuchungen in der Sahara begann er 1979. 1984 hat er an der Universität Manchester promoviert, und seit 1997 leitet er ein Forschungsprojekt im libyschen Fessan.

© American Scientist  
[www.americanscientist.org](http://www.americanscientist.org)

The archeology of the Fezzan, Bd. 1, Synthesis. Von D. J. Mattingly (Hg.). The Society for Libyan Studies, London 2003

African rock art: Paintings and engravings on stone. Von D. Coulson und A. Campbell. Abrams, New York 2001

Holocene climatic changes in an archeological landscape: The case-study of Wadi Taneezuft and its drainage basin. Von M. Cremaschi in: Libyan Studies, Bd. 32, S. 5, (2001)

The Fezzan Project 2001: Preliminary report on the fifth season of work. Von Von D. J. Mattingly et al. in: Libyan Studies, Bd. 32, S. 133, (2001)

Weblinks zu diesem Thema finden Sie bei [www.spektrum.de](http://www.spektrum.de) unter »Inhaltsverzeichnis«.