

menhang allgemein die politische Agenda von liberal-konservativen bzw. ökologisch-sozial ausgerichteten Menschen. Die Beurteilung der Folgen und möglicher Gegenmaßnahmen ist nicht zuletzt eine Frage der Wertsetzung. Die einen messen der Umwelt und der zukünftigen Entwicklung eine große Bedeutung bei und sind bereit, für eine bessere Zukunft Einschränkungen in Kauf zu nehmen. Die anderen möchten keine Bequemlichkeiten oder Gewohnheiten aufgeben und erachten die Zukunft als weniger wichtig.

Da die Aussagen aus der Klimaforschung aufgrund der umfangreichen Arbeit des IPCC in der Wissenschaft breit abgestützt sind, wird versucht, die Glaubwürdigkeit des IPCC bzw. von dessen Autoren zu schwächen, damit die Aussagen angreifbar werden. Das bekannteste Beispiel sind die gestohlenen E-Mails der Universität von East Anglia, anhand derer versucht wurde, die Glaubwürdigkeit bekannter Klimaforscher und IPCC-Autoren zu untergraben (bekannt geworden unter dem Stichwort *climategate*, Exkurs 29.3.4). Umfangreiche Untersuchungen durch unabhängige Gremien haben die Vorwürfe widerlegt.

Die Bedeutung der Medien in der Klimadiskussion

Aufgrund des großen öffentlichen Interesses ist die Klimadiskussion in den Medien immer wieder Gesprächsthema. Die Komplexität der Materie und die vielen politisch gefärbten Studien machen es für Journalisten und die Leserschaft sehr schwer, **Dichtung** und **Wahrheit** voneinander zu unterscheiden. In den Medien lassen sich grundsätzlich Sensationen und Katastrophen einerseits sowie Konflikte oder Außenseitermeinungen andererseits besonders gut verkaufen.

Zwei Literaturstudien zeigen die vor allem in den USA sehr verzerrte Darstellung der wissenschaftlichen Diskussion in den Medien: Eine Analyse der über 900 von 1993 bis 2003 unter dem Stichwort *global climate change* veröffentlichten Fachartikel zeigte, dass 75 Prozent dieser Publikationen die These des menschlichen Einflusses auf die Klimaerwärmung unterstützten und die restlichen 25 Prozent keine Aussage dazu machten. Kein einziger Autor bestritt diesen Einfluss (Oreskes 2004). Ganz im Gegensatz dazu steht die Berichterstattung in den amerikanischen Medien, wie eine weitere Studie von Max und Jules Boykoff aus dem gleichen Jahr zeigt: 53 Prozent der zwischen 1998 und 2002 in den führenden US-Tageszeitungen erschienenen Artikel zum Thema Klimawandel stellten die beiden Hypothesen pro bzw. kontra menschlichen Klimaeinfluss als ungefähr gleichwertig dar. 35 Prozent präsentierten

neben dem Menschen als Ursache auch die Gegenthese, 6 Prozent betonten die Fragwürdigkeit der wissenschaftlichen Aussagen und 6 Prozent berichteten ausschließlich über den menschlichen Einfluss.

Aufgrund der Problematik der schwierigen Nachvollziehbarkeit der Diskussion wird das Wissen teilweise zu einer Glaubensfrage. Es kommt weniger auf die Inhalte an, sondern darauf, welche Aussage bzw. Auskunftsperson glaubwürdiger erscheint. Und da haben es die Skeptiker mit einfachen, plakativen und verständlichen Aussagen oft leichter, auch wenn diese falsch sind und dem komplexen Inhalt überhaupt nicht gerecht werden. Die Medien tragen deshalb bei der Behandlung des Klimathemas eine große Verantwortung.

Extra dry: Desertifikation und Fallbeispiele zum holozänen Klima-, Kultur- und Landschaftswandel in Trockengebieten

OLAF BUBENZER

In vielen Trockengebieten der Erde haben der Klimawandel, ein überdurchschnittlich hoher Bevölkerungsdruck und eine zunehmende Ressourcen-, Nahrungsmittel- und Energienachfrage zu Landnutzungsänderungen, Migration, Ausweitung von Bewässerungsflächen oder zunehmender Verstädterung und damit einhergehenden Prozessen der Bodendegradation oder gar Desertifikation sowie zu physischem oder ökonomischem Wassermangel geführt. Während in prähistorischer Zeit das menschliche Handeln von den naturräumlichen Bedingungen dominiert wurde, werden heute viele Stoffkreisläufe vom Mensch stark beeinflusst. Ein Verständnis der komplexen Mensch-Umwelt-Wechselwirkungen auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Maßstabsebenen erfordert ein interdisziplinäres Vorgehen und die Untersuchungen verschiedenster Archive. Wüstenränder bieten sich als sensitive Übergangsräume für solche Untersuchungen besonders an (Exkurs 29.3.5).

Kultur- und Landschaftswandel im ariden Afrika

OLAF BUBENZER, MICHAEL BOLLIG UND HEIKO RIEMER

Für eine interdisziplinäre Untersuchung von **Interdependenzen zwischen ökologischem Wandel und kulturellen Prozessen** in einer einerseits durch Aridität und andererseits durch Instabilität geprägten Umwelt

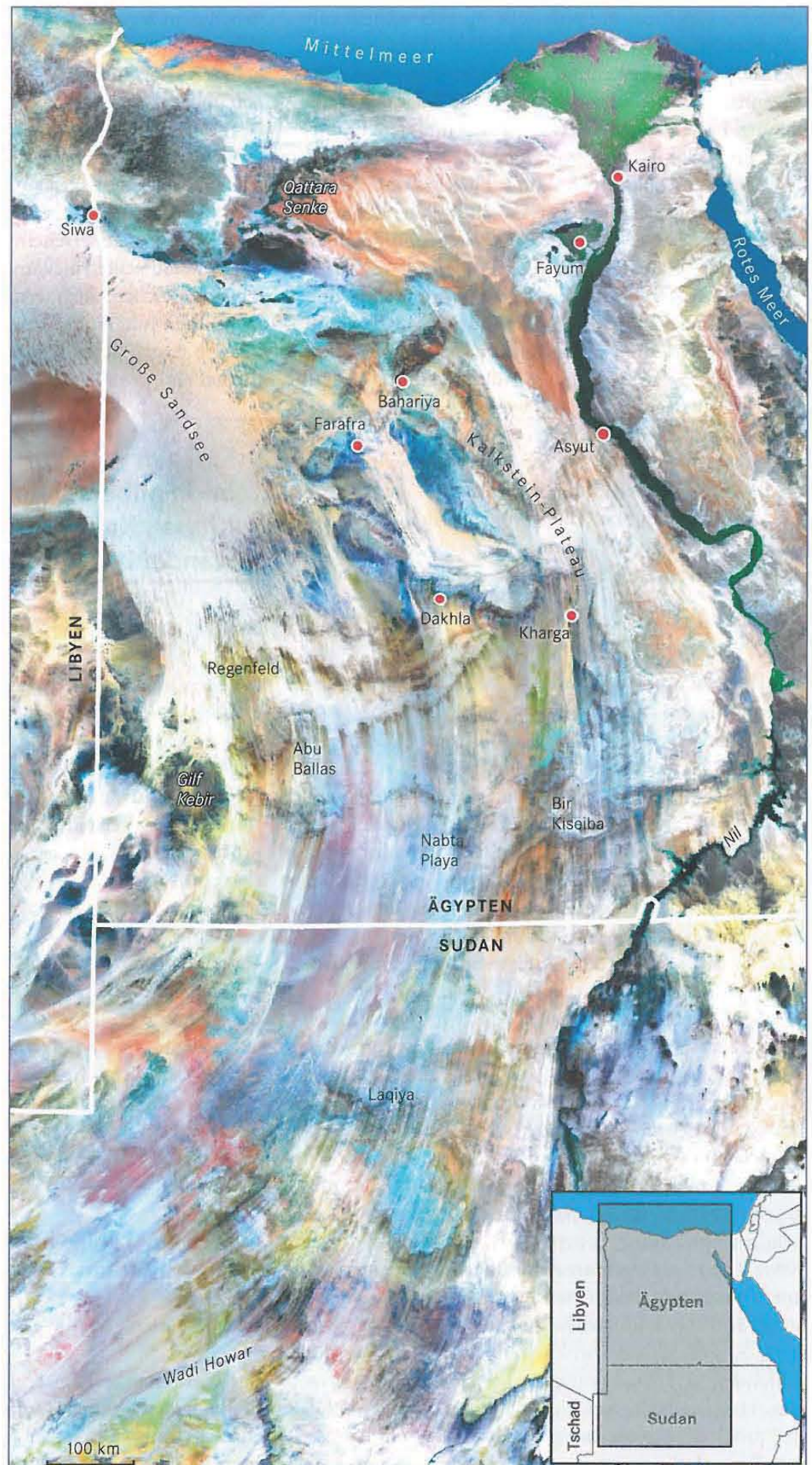


Abb. 29.3.1 Landsat 5-Satellitenbild (etwa aus dem Jahr 1990) von Nordost-Afrika. Das Falschfarbenbild (Kanalkombination 7-4-2, RGB) gibt vor allem die Sandbedeckung, zum Beispiel die Große Sandsee, das Niltal, das Nildelta, und die großen Schichtstufen, zum Beispiel zwischen den Oasen Dakhla und Kharga, wieder (Bearbeitung: SFB 389, Teilprojekt E1).

mit großen Schwankungen in der räumlichen und zeitlichen Ressourcenverfügbarkeit eignen sich insbesondere die Trockengebiete in Afrika (Abb. 29.3.1 und 29.3.4). Ein grundlegender Gedanke ist, dass menschliche Gesellschaften Anpassungsstrategien an eine in vielen Belangen instabile Umwelt immer wieder überprüfen und innovativ verändern. Zahlreiche Fallstudien zeigen, dass der Mensch selbst aktiv zum Wandel der Umwelt beiträgt, langfristig häufig im Sinne einer Degradation zentraler Ressourcen, oft aber auch mit Versuchen, Systemstabilität und nachhaltige Nutzung von Ökosystemen zu garantieren.

Seit Mitte des letzten Jahrhunderts sind die ariden Zonen Afrikas zunehmend im Zusammenhang eines umfassenden **Globalisierungsprozesses** zu sehen. Durch das Auftreten des kolonialen Staates und später des unabhängigen Nationalstaates wurden alternative Managementkonzepte entworfen, in denen dem Staat eine wesentliche Funktion beim Schutz der Ressourcen zukam und lokalen Gemeinschaften weitgehend die Fähigkeit zur nachhaltigen Nutzung der Umwelt abgesprochen wurde. Zahlreiche Natur- und Nationalparks sowie die internationale Finanzierung von Schutzmaßnahmen zeugen heute davon, dass insbesondere die Savannen- und Wüstenregionen Afrikas in einer globalen Vision von Umweltschutz als unbedingt erhaltenswert gelten.

Fragen der Kompatibilität von Naturschutz und ländlicher Entwicklung sowie die zwischen lokaler Gemeinschaft, Staat und internationalen Organisationen häufig umstrittene Definitionshoheit, was schützenswert ist und was nachhaltige Nutzung bedeutet, beschäftigten Teilprojekte des Kölner Sonderforschungsbereiches 389 (www.uni-koeln.de/sfb389) in beiden Hemisphären. Das Projekt war demnach sowohl an einer Beschreibung von Wechselwirkungen und Kausalitäten interessiert, analysierte diese aber gleichsam eingebettet in eine zunehmend global definierte politische Ökologie.

Fallstudie I: Holozäne Umwelt- und Besiedlungsgeschichte in der Ostsahara

In der Ostsahara wurde untersucht, wie der Mensch während der letzten 10 000 Jahre Wirtschaftsweisen und Lebensformen den dortigen hoch dynamischen ökologischen Bedingungen angepasst hat. Dabei konnte durch die Verwendung kontrollierter Analogien die Vergangenheit helfen, die Gegenwart zu erklären und umgekehrt. Der betrachtete Raum erstreckt sich entlang eines über mehr als 1 500 km verlaufenden Nord-Süd-Profils von der ägyptischen Mittelmeerküste bis ins sudanesischen Wadi Howar (Abb. 29.3.1). In der Kernzone, der Western Desert Ägyptens, herrschen heute hyperaride Bedingungen mit weniger als 5 mm Jahres-

niederschlag. Das Landschaftsbild prägen – neben einzelnen, durch fossiles Grundwasser gespeisten Oasen – Kalk- und Sandsteinwüsten sowie große Dünengebiete.

Die Zusammenarbeit von Wissenschaftlern zahlreicher Disziplinen (z. B. Archäologie, Botanik, Zoologie, Ökologie, Geowissenschaften und Geographie) ermöglichte, langfristige Entwicklungen über Jahrtausende zu verfolgen. Aktualistische Vergleiche spielen dabei eine wichtige Rolle, um die Quellen der Vergangenheit zu interpretieren. So wurden zum Beispiel Gebiete untersucht, die auch heute noch günstigere ökologische Bedingungen aufweisen und damit ehemals großräumiger vorhandene klimatische Bedingungen spiegeln (Exkurs 29.3.5). Für die Untersuchung großräumiger Verhältnisse wurde ein geoarchäologischer Ansatz gewählt, der eine Vorgehensweise auf mehreren räumlichen Ebenen und mit verschiedenen Methoden einschließt. **Archäologische Ausgrabungen** liefern detaillierte Einblicke in die menschliche Lebensweise, doch können sie aufgrund des großen Arbeitsaufwands nur an ausgewählten Plätzen erfolgen. Großräumige Kartierungen, bei denen stichprobenhaft oder flächendeckend Fundstellen nach bestimmten Schlüsselkriterien ohne detaillierte Ausgrabungen aufgenommen werden, liefern darüber hinaus Informationen „in der Breite“. Beide Ansätze ergänzen sich, sodass die Repräsentanz der Ergebnisse überprüft werden kann. Archäologische Quellen sind aber auch für die Auswertung geowissenschaftlicher Archive von Bedeutung. Sie können mittels absoluter Datierungsverfahren, stratigraphischer Sequenzen oder chronologischer Vergleiche von Artefakttypen hoch auflösende Daten liefern (Kapitel 6.3). Weitere bedeutende Quellen zur Rekonstruktion der Umweltverhältnisse stellen Pflanzen- und Tierreste dar, die an Lagerplätzen der prähistorischen Menschen zurückgeblieben sind. Ihre Untersuchung obliegt der Archäobotanik und Archäozoologie mit Subdisziplinen wie der Anthrakologie (Holzkohlenanalyse) und der Pollenanalyse. In der Physischen Geographie spielen sedimentologische und geochronologische Untersuchungen von Aufschlüssen (z. B. Bestimmung von Korngröße, pH-Wert, Eisengehalt, ¹⁴C- und Lumineszenzdatierungen, Kapitel 6.2) eine wichtige Rolle.

Die Auswertung der geomorphologischen Geländebefunde und die Analyse der digitalen Geländemodelle lässt die flächendeckende Auffindung von aktuellen und vorzeitlichen Reliefpositionen mit günstigen ökologischen Verhältnissen, das heißt mit einer höheren Wasserverfügbarkeit an der Oberfläche, zu (Abb. 29.3.2). Folglich weisen solche Reliefpositionen häufig auch archäologische und geowissenschaftliche Archive auf, die eine Rekonstruktion des Kultur- und Landschaftswandels ermöglichen. Die Kombination der



Exkurs 29.3.5

Wüstenränder – sensitive ökologische, ökonomische und soziale Räume

OLAF BUBENZER

Während die Kernräume der sogenannten Landschafts- oder Ökozonen gegenüber Veränderungen relativ stabil reagieren, weil sie zum Beispiel Klimaschwankungen gut abpuffern können, sind deren Ränder vergleichsweise labil (Eitel 2007). Dies gilt insbesondere für die Ränder der terrestrischen Trockengebiete, wo vor allem die Feuchteverhältnisse (Niederschlagsmenge, -verteilung und -intensität) zeitlich und räumlich stark variieren können. Als Faustregel gilt: Je geringer das langjährige **Niederschlagsmittel** eines Raumes, desto variabler, also unsicherer, ist die raum-zeitliche Verteilung (Warner 2004). In Wüstenrandgebieten, die nicht über (fossiles) Grundwasser oder Fremdwasser aus feuchteren Gebieten verfügen, ist Wasserknappheit ein weit verbreitetes Problem. Als Übergangsräume bilden Wüstenränder aber auch sensitive ökonomische und soziale Räume, in denen Konkurrenz um Ressourcen, überdurchschnittlich starkes Bevölkerungswachstum, Differenzen zwischen verschiedenen Volksgruppen, Zuwanderung, Migration und Unterschiede zwischen globalen und regionalen marktwirtschaftlichen Interessen Konflikte, Armut aber auch Innovationen erzeugen und erzeugt haben. Heute ist die Lebensqualität der in Trockengebieten lebenden Menschen im Mittel geringer als die der Bevölkerung anderer Ökosysteme. Dies wird zum Beispiel durch eine geringe Wirtschaftskraft (weltweit geringstes Bruttosozialprodukt) und durch im Mittel höchste Kindersterblichkeitsraten deutlich (UNDDD 2010). Trockengebiete weisen allgemein ganzjährig oder periodisch aride Verhältnisse auf. Wasserknappheit und Dürren entstehen aber nicht nur infolge von kurzfristigen klimatischen Fluktuationen (Trocken- und Feuchtjahre) und Klimawandel, sondern auch durch die oben genannten Faktoren, insbesondere durch Bevölkerungszunahme und aufgrund von Landnutzungsänderungen (z. B. Umwandlung von Weide- in Bewässerungsland) und Übernutzung. So erzeugen Desertifikation und Degradation weltweit jährliche Ein-

kommensverluste von etwa 42 Milliarden US-Dollar. Vor diesem Hintergrund haben die Vereinten Nationen im Jahr 2010 die „**Dekade der Wüsten und zur Bekämpfung der Wüstenausbreitung**“ ausgerufen (UNDDD 2010).

Als Maß für die Aridität und deren Angrenzung wird meist der sogenannte Ariditätsindex als Verhältniswert zwischen Niederschlag (N) und potenzieller Verdunstung (V_{pot}) angegeben (Thomas et al. 1997; Tabelle 1, Abb. 1). Dieser Definition folgend leben mehr als 35 Prozent der Weltbevölkerung in Trockengebieten, 90 Prozent davon in Entwicklungsländern. Als grobe Faustregel können als Grenzen zwischen hyperariden und ariden Bedingungen etwa mittlere Jahresniederschlagssummen von 100 mm, zwischen semiariden und ariden Bedingungen etwa 250 mm (agronomische Trockengrenze) und zwischen semiariden und trocken subhumiden Bedingungen etwa 500 mm angenommen werden. Für genauere regionale Betrachtungen von Trockengrenzen müssen jedoch weitere Größen (Strahlungs- und Temperaturverhältnisse, Niederschlagsverteilung, Bodenart, Bodentyp etc.) herangezogen werden.

Mit Eitel (2008) lassen sich Wüstenränder definieren als Gebiete, in denen Wechsel von semiariden (Savanne/Steppe) hin zu ariden Bedingungen (Wüste) oder umgekehrt auftreten können. Dieser Wechsel findet sowohl zeitlich (in Zeiträumen bis zu Jahrtausenden) als auch räumlich (über Entfernungen bis zu Hunderten von Kilometern) statt. Wüstenränder sind besonders geeignet, hydrologische Fluktuationen und deren Einfluss auf den Menschen zu erfassen. Die vorliegenden Studien verdeutlichen aber auch den zunehmenden **Einfluss des Menschen**. Im Holozän dominierten noch zunächst die natürlichen Verhältnisse und deren Veränderungen das Handeln des Menschen („reaktiv“; van der Leuven & Redman 2002). In der weiteren Entwicklung führten Anpassungsstrategien und Vorratsbewirtschaftung zu einem immer stärkeren Voraushandeln („proaktiv“;

Tabelle 1 Kennwerte von Trockengebieten (nach Thomas et al. 1997, MEA 2005, UNDDD 2010).

	Ariditätsindex [N/V_{pot}]	Fläche (Mio. km ²)	globaler Anteil [%]	Bevölkerungsanteil [%]
trocken subhumid	0,5–0,65	12,8	8,7	15,5
semiarid	0,2–0,5	22,6	15,2	14,4
arid	0,05–0,2	15,7	10,6	4,1
hyperarid	<0,02	9,8	6,6	1,7
Summe		60,9	41,1	35,7

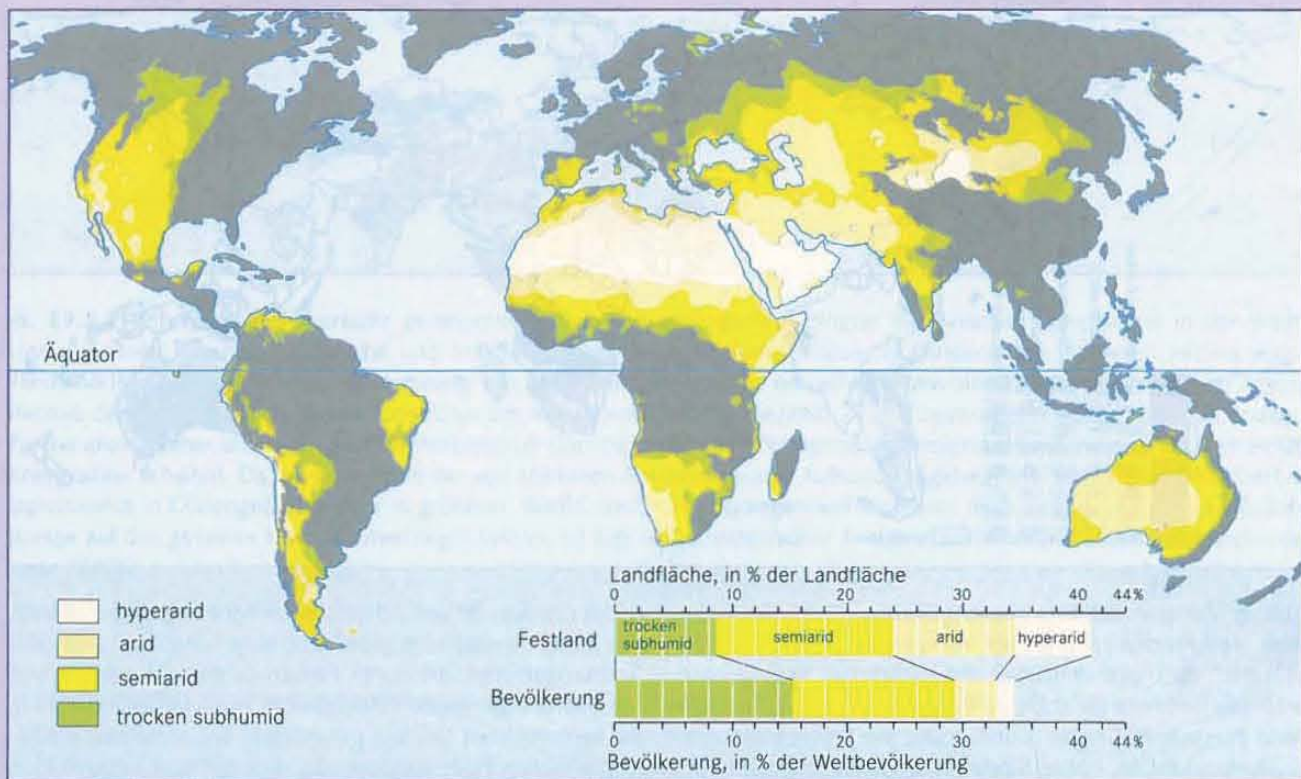


Abb. 1 Klassifikation der Trockengebiete der Erde (MEA 2005).

ebd.). Interessant ist, dass in verschiedenen Wüstenrandgebieten der Erde vergleichbare Kulturentwicklungen stattgefunden haben. Die zunehmende anthropogene Einflussnahme führte zu Veränderungen in wichtigen Stoffflüssen. Diese Mensch-Umwelt-Wechselwirkungen lassen sich dort für verschiedene Maßstabsebenen (global, regional, lokal) gut untersuchen. Umgekehrt führt die Sensitivität dazu, dass in nahezu allen Wüstenrandgebieten die Erhaltung, Verbesserung oder Erreichung politischer Stabilität und ökologischer, ökonomischer und sozialer Nachhaltigkeit zu den größten Herausforderungen unserer Zeit zählen.

Um das **komplexe Zusammenwirken** der verschiedenen Faktoren sowie deren Wechselwirkungen auf unterschiedlichen Skalenebenen untersuchen zu können, ist das Zusammenwirken von Natur-, Geistes-, Wirtschafts-, Rechts- mit Ingenieurwissenschaften und der Praxis gefragt. Dies zeigt sich zum Beispiel auch im Ansatz des *Global Environmental Outlook* der Vereinten Nationen (UNEP 2007), in dem die Vulnerabilität der Trockengebiete anhand einer systematischen Clusteranalyse repräsentativer sozio-ökonomischer und naturräumlicher Indikatoren beschrieben wird (Abb. 2):

- Kindersterblichkeit als Maß für die Lebensqualität
- Wasserstress, um die Beziehung zwischen Wasserbedarf und Wasserverfügbarkeit zu verdeutlichen

- Bodendegradation als Maß für die Intensität der landwirtschaftlichen (Über-)Nutzung
- landwirtschaftliches Nutzungspotenzial als Maß für die klimatischen Bedingungen und das Bodenpotenzial
- Straßendichte als Maß für die Infrastruktur

Forschungsbedarf besteht, neben dem jeweiligen grundlegenden Prozessverständnis, vor allem für eine realistische Einschätzung der Dimensionen der bevorstehenden Veränderungen, etwa der Biodiversität, der Wasserressourcen, der Landnutzungs- und Siedlungsaktivität (NKGCF 2007). Hierfür wurde zum Beispiel im Dezember 2010 der Förderschwerpunkt „Nachhaltiges Landmanagement“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung ins Leben gerufen (BMBF 2010). Auch in verschiedenen „Megacity“-Forschungsprogrammen (DFG, BMBF, Helmholtz) werden Städte in Wüstenrändern interdisziplinär untersucht (Fricke et al. 2009). Aufgrund der großen raum-zeitlichen Variationsbreite der wirkenden ökologischen, ökonomischen und sozialen Faktoren, ihres komplexen Zusammenwirkens und der Dringlichkeit der geschilderten Probleme, sind weitere interdisziplinäre vergleichende Regionalstudien in repräsentativen Wüstenrandgebieten dringend erforderlich.

Fortsetzung

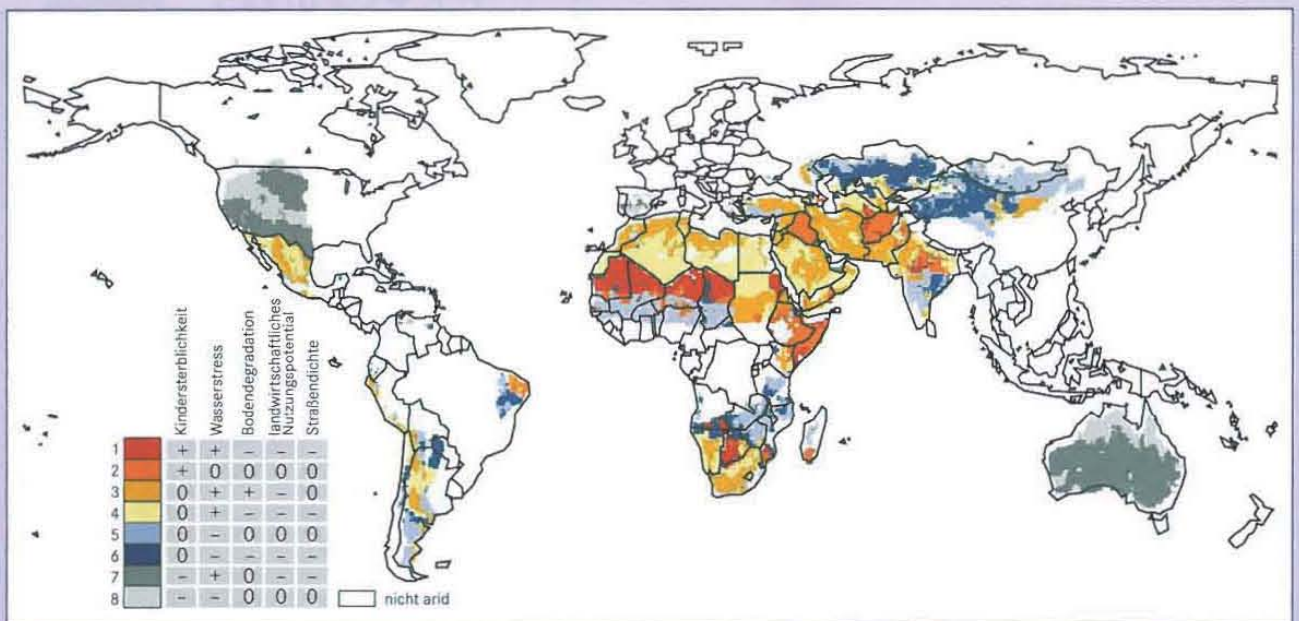


Abb. 2 Vulnerabilität von Trockengebieten. Qualitative Bewertung der repräsentativen Indikatoren: + hoher, - geringer, 0 mittlerer Wert für den spezifischen Indikator (nach UNEP 2007). In der Zusammenschau ergeben sich acht Konstellationen oder „Cluster“ sozio-ökonomischer und natürlicher Bedingungen in Trockengebieten, die durch Farben dargestellt werden: von kräftigen Rottönen für stärkste Vulnerabilität bis zu neutralen Grautönen für geringste Vulnerabilität. Humide Gebiete sind in Weiß dargestellt. Cluster 1 und 2 sind die problematischsten. Sie kennzeichnen Gebiete mit großem Wasserstress, starker Bodendegradation, hoher Kindersterblichkeit, geringem landwirtschaftlichen Nutzungspotenzial und mittlerer Infrastruktur. Cluster 3 und 4 umfassen weite Gebiete mit gegenüber den Clustern 1 und 2 besseren Lebensbedingungen und ähnlichem Niveau der Wasserversorgung. In einigen Regionen werden die Bodenressourcen stark übernutzt. Dies zeigt, dass die stärkste Vulnerabilität nicht zwangsläufig als Schicksal betrachtet werden muss. Cluster 5 und 6 verdeutlichen, dass eine verbesserte Wassernutzung allein nicht eine verbesserte Lebensqualität garantiert. Cluster 7 und 8 geben im Gegensatz zu Cluster 5 und 6 die Regionen geringster Vulnerabilität wieder.

Erkenntnisse erlaubt schließlich für die jeweiligen Besiedlungszeiträume Aussagen zum Nutzungspotenzial verschiedener Landschaftseinheiten, zum Beispiel von Hochflächen, Becken oder Stufenrändern.

Der holozäne Klimawandel in der Ostsahara lässt sich durch **Betrachtung von Besiedlungsveränderungen** in den Wüstengebieten über mehrere Jahrtausende besonders gut verfolgen. Die Oasen und das Niltal sowie die Gebirgsregionen sind für solche Untersuchungen eher ungeeignet, da sie durch ihre klimaunabhängige Versorgung durch Fremd- oder fossiles Grundwasser azonale Habitate bzw. Räume mit höheren Niederschlags- und Abflussmengen darstellen, die auch in längeren Trockenphasen besiedelt wurden. In den Wüstengebieten, wo menschliche Existenz auf durch Regenfälle episodisch gebildete Wasserstellen angewiesen ist, führt ein längerfristiges Ausbleiben der Niederschläge jedoch zur schnellen Bevölkerungsabnahme. Für die östliche Sahara geben etwa 500 ¹⁴C-Datierungen aus archäologischen Fundstellen ein recht präzises Bild von der Besiedlungsdynamik und der ihr zugrunde liegenden Nieder-

schlagsentwicklung im Holozän (Abb. 29.3.3). Früheste Besiedlungsspuren sind ab etwa 9 000 cal BC belegt und korrespondieren unmittelbar mit dem Einsetzen von Sedimentationseinträgen, zum Beispiel in Endpfannen. Im ägyptischen Teil der Ostsahara dauern die Besiedlungsvorgänge über einen Zeitraum von etwa 4 000 Jahren an (holozäne „Feuchtphase“), bevor um etwa 5 000 cal BC ein rapider Rückgang der Kurve als Folge einsetzender hyperarider Bedingungen und einer vollständigen Depopulation der Wüstengebiete zu erkennen ist, die wiederum mit dem Aussetzen von aquatischen Sedimentationsvorgängen korreliert.

Für die ägyptischen Arbeitsgebiete konnten für die **holozäne Feuchtphase** aus Resten der natürlichen Wildflora durchschnittliche jährliche Niederschlagsmengen von etwa 50 bis 100 mm rekonstruiert werden. Gestützt werden diese Befunde durch Tierknochenbestimmungen, die eine überwiegend an eine aride Umwelt angepasste Fauna mit beispielsweise Gazellen und Antilopen belegen. Zum anderen wird deutlich, welche Ressourcen die Menschen nutzten. Felsmalereien und -gravierungen



Abb. 29.3.2 Schematische Übersicht geomorphologisch und geologisch bedingter ökologischer Gunsträume in der Western Desert Ägyptens. Geomorphologische und archäologische Geländebefunde sowie flächendeckende Analysen mittels digitaler Geländemodelle einschließlich der Berechnung von Paläodränagesystemen erbrachten, dass sich in der Western Desert Ägyptens außerhalb der Oasen archäologische Fundplätze der holozänen Feuchtphase (Abb. 29.3.3) bevorzugt in Reliefpositionen finden, die aufgrund geologischer und/oder geomorphologischer Gunstfaktoren nach Niederschlagsereignissen ein verstärktes Maß an Oberflächenwasser erhalten. Da mit Ausnahme der von stärkeren Abtragungs- und Aufschüttungsbeträgen betroffenen Reliefbereiche, beispielsweise in Dünengebieten oder in größeren Wadis, davon ausgegangen werden kann, dass sich die derzeitigen Reliefverhältnisse auf das gesamte Holozän übertragen lassen, ist hier ein aktualistischer Ansatz anwendbar (verändert nach Bubenzer & Riemer 2007).

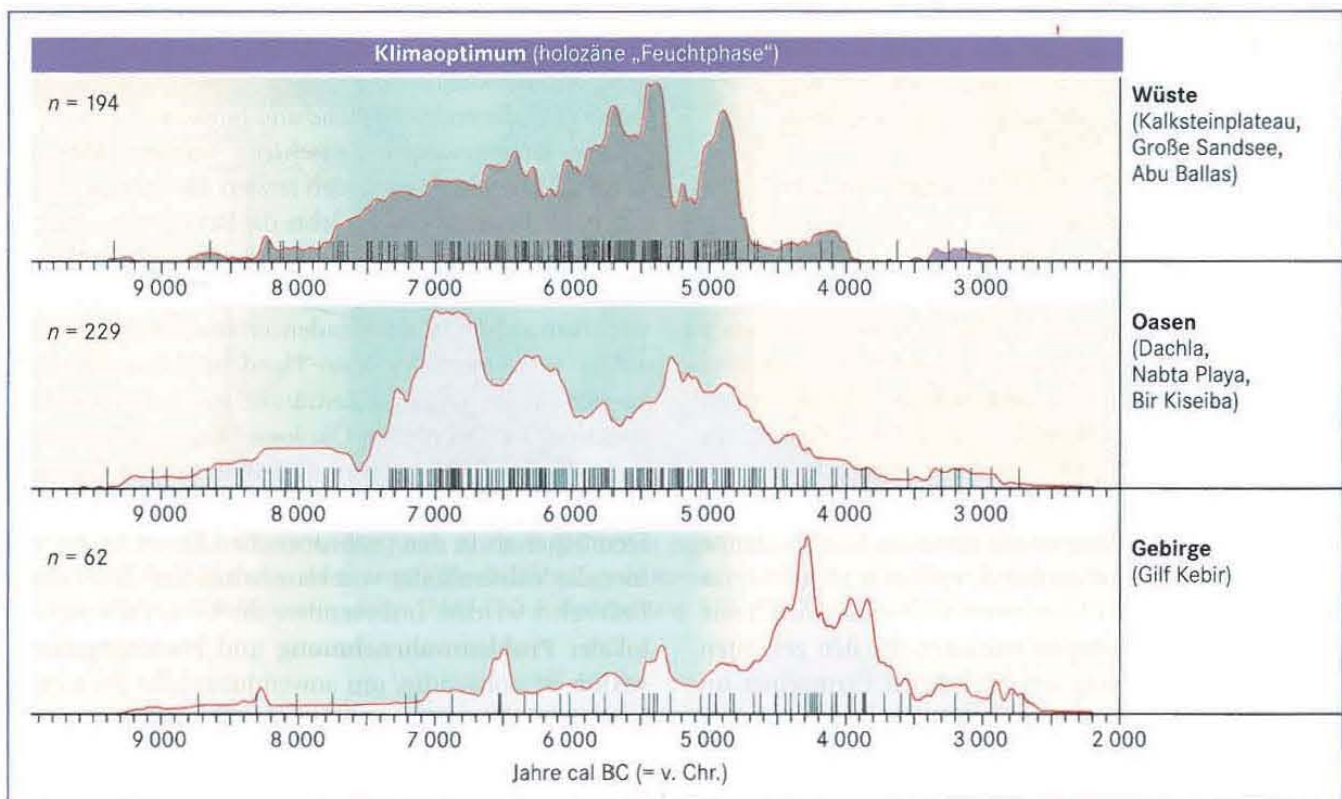


Abb. 29.3.3 Besiedlungsintensität als Anzeiger klimatischen Wandels in der Ostsahara: Annähernd 500 ¹⁴C-Daten aus archäologischen Fundstellen unterschiedlicher Landschaftseinheiten belegen die holozäne „Feuchtphase“ zwischen etwa 9 000 und 4 000 BC (Abb. 29.3.1). Die Daten sind in Kalenderjahren angegeben und als kumulative Kurven aufgetragen. Die Striche auf der Abszisse kennzeichnen die kalibrierten Mittelwerte der Einzeldaten. Im Gegensatz zu den Wüstenregionen, wo Menschen sehr rasch auf klimatische Verschlechterungen reagierten, zeigen sich in den eher klimaunabhängigen Landschaftseinheiten der Oasen oder in den Gebirgsregionen verzögerte Reaktionen auf den Klimawandel.

gen, in denen Jagd- oder Wirtschaftstiere dargestellt sind, liefern weitere Informationen. Artenzusammensetzung, Tötungsalter der Tiere oder Jahresringzuwächse an Muschelschalen lassen schließlich Erkenntnisse über die Saisonalität der menschlichen Aktivitäten zu. Die Ergebnisse legen nahe, dass der Übergang von einer hochmobilen wildbeuterischen zu einer sesshaften agrarischen und/oder mobilen viehhalterischen Lebensweise keineswegs abrupt war. Vielmehr zeigen sich zahlreiche Übergangsformen. So wird die überwiegend wildbeuterische Lebensweise der Menschen in den Wüstengebieten der Ostsahara in vielen Fällen durch eine viehhalterische Komponente mit Schafen, Ziegen oder Rindern ergänzt. Spätestens im 3. Jahrtausend v. Chr. ist in den Wüstengebieten des Sudans eine rein pastoralnomadische Lebensweise belegt, während früheste Kulturpflanzen im Niltal ab etwa 5000 v. Chr. aus dem Vorderen Orient eingeführt werden.

Von den durch die **Klimaverschlechterung** in Gang gesetzten Bevölkerungsbewegungen gingen wesentliche Impulse zur Herausbildung der folgenden pharaonischen Hochkultur (ab etwa 3100 v. Chr.) des Niltals aus. So kann man die Austrocknung der Sahara auch als einen „Motor“ der Geschichte Afrikas bezeichnen. Die interdisziplinären Untersuchungen erbrachten zudem ein erweitertes Verständnis der aktuellen naturräumlichen Wirkungszusammenhänge, des anthropogenen Nutzungs-, aber auch des Gefährdungspotenzials.

Fallstudie II: Umwelt- und Nutzungsgeschichte im Kaokoland Namibias

Im ariden bis semiariden Nordwesten Namibias wurden auf zwei Zeitebenen die Dynamik von **Mensch-Umwelt-Beziehungen** studiert (Abb. 29.3.4). Das etwa 50 000 km² umfassende Gebiet ist durch verschiedene Umweltfaktoren und Charakteristika der dort lebenden hirtennomadischen Bevölkerung gekennzeichnet. Es wird im Norden durch den Grenzfluss Kunene, im Westen durch die vollaride Namib-Wüste und im Osten durch das Cuvelai-Binnendelta sowie die Etosha-Pfanne begrenzt. Die Südgrenze wurde politisch mehrfach im Laufe der letzten 100 Jahre verschoben und wird heute durch einen Veterinärzaun markiert, der den gesamten Norden Namibias vom kommerziellen Farmgebiet im Landeszentrum trennt. Die Niederschläge nehmen von etwa 300 mm im Jahresmittel im Nordosten und Zentrum des Gebietes bis auf 50 mm im Grenzgebiet zur Namib-Wüste ab und weisen eine hohe Variabilität von über 30 Prozent auf. Das Gebiet wird von hererosprachigen Hirtennomaden (Himba und Herero) genutzt. Die Viehwirtschaft ist aufgrund jahrzehntelanger politisch gewollter Isolation der Region unter dem südafrikanischen Apartheidsregime, aber auch aufgrund weiter

Anfahrtswege zu den wenigen urbanen Zentren des Landes nur wenig in die nationale Ökonomie integriert und daher im Kern subsistenzorientiert. Ziel der interdisziplinären SFB-Studien war eine Analyse der natürlichen und/oder anthropogen bedingten Prozesse, die auf **Degradation** oder aber auf **Systemstabilität** hinwirken. Wirkzusammenhänge konnten qualifiziert, wo eben möglich quantifiziert und historisch verortet werden. Bedingt durch die Vielfalt der beteiligten Disziplinen konnten neben komplexen Beschreibungen von etwa Bodenbildungsprozessen und pflanzensoziologischen Dynamiken auch anthropogene Faktoren, wie beispielsweise die Dokumentation demographischer Trends oder die Beschreibung von Vorstellungen und Perzeptionen lokaler Akteure von Strukturen und prozesshaften Veränderungen der Umwelt, eingebracht werden.

Die **Rekonstruktion prähistorischer Nutzungsregime** beruht auf archäologischen, archäobotanischen, geographischen und auch linguistischen Arbeiten. Geographische Studien ermöglichen dabei sowohl die Ausgliederung unterschiedlicher Landschaftsräume als auch die Rekonstruktion der Paläoumwelt. Darüber hinaus liefern geoarchäologische Arbeiten unmittelbare Informationen zum Aufbau und zur Chronologie von Schichtabfolgen. Detaillierte geographische Studien analysieren Nutzungspotenziale einzelner Räume und deren Dynamik. Archäobotanische Arbeiten geben ebenfalls Auskunft über die endpleistozäne und holozäne Umwelt.

Auf einer zweiten Zeitschiene wurden Mensch-Umwelt-Interaktionen in den letzten 100 Jahren untersucht. In diesem Zeitraum lebte die Bevölkerung durchweg von mobiler, subsistenzorientierter Viehwirtschaft. Während sich die prähistorisch orientierten Arbeiten vor allem auf die Interdependenzen von Ökosystemvariablen und menschlichem Handeln konzentrierten, konnte für die jüngsten Zeiträume zum einen die Perspektive einer Politischen Ökologie (Kapitel 27.3) eingenommen werden und zum anderen konnten Eigenansichten der beteiligten Akteure mit einbezogen werden. Deutlicher als in den prähistorischen Projekten konnte hier die Vulnerabilität von Haushalten und Individuen bearbeitet werden. Insbesondere die Untersuchung von lokaler **Problemwahrnehmung** und **Handlungsmotivation** ist notwendig, um anwendungsnahe Forschung in einen weiteren Kontext der regionalen Planung und Entwicklungszusammenarbeit einzubringen. Zudem halten Botaniker Degradationsprozesse detailliert fest und erfassen gemeinsam mit Geographen irreversible Schäden, beispielsweise den Verlust von Pflanzentaxa, oder Schäden infolge von Bodenerosion. Weitere geographische Projekte stellten mithilfe von Fernerkundungsdaten das räumliche Ausmaß der Veränderungen fest und konnten Angaben zum Tempo des Vegetationswan-

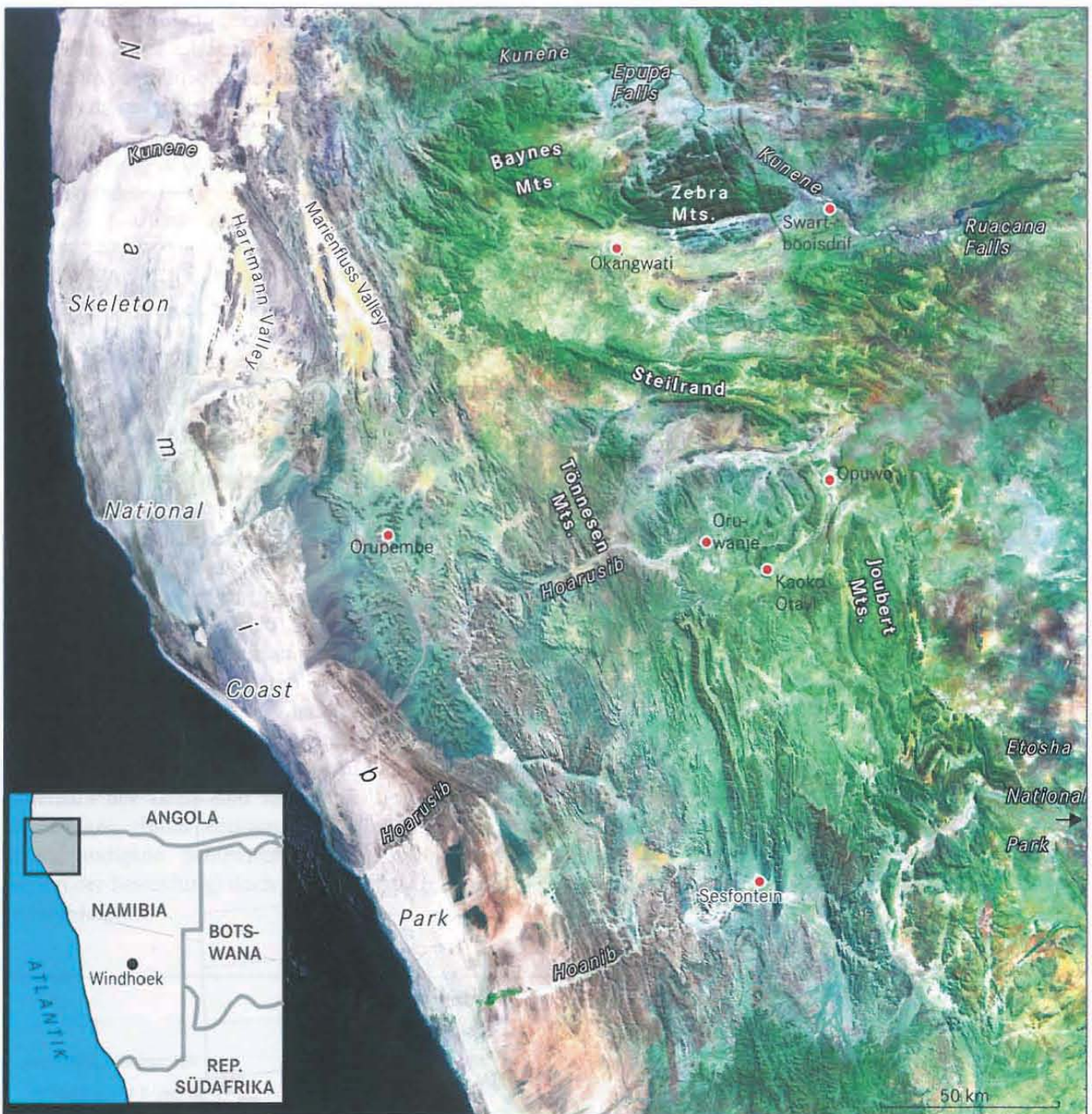


Abb. 29.3.4 Landsat7-Satellitenbild (etwa aus dem Jahr 2000) des nordwestlichen Namibias. Das Falschfarbenbild (Kanalkombination 7-4-2, RGB) gibt unter anderem die Sandbedeckung der Namib, die Durchbruchstäler, zum Beispiel von Kunene und Hoanib, und das Arbeitsgebiet Oruwanje wieder (Abb. 29.3.5; Bearbeitung: SFB 389, Teilprojekt E1).

dels infolge menschlicher (Über-)Nutzung und zu klimatischen Veränderungen machen.

Die archäobotanischen Ergebnisse belegen für den prähistorischen Untersuchungszeitraum eine hohe Konstanz in der Zusammensetzung der Gehölztaxa, sodass davon auszugehen ist, dass die Vegetation der Region und damit auch das Klima offenbar über einen langen Zeitraum stabil waren (Abb. 29.3.5). Die in den rezent-orientierten ökologischen Arbeiten beschriebenen Vege-

tationsveränderungen lassen sich vermutlich aufgrund ihres jungen Datums archäobotanisch nicht nachweisen. Archäologische Arbeiten hatten ursprünglich das Ziel, den Übergang von wildbeuterischer Wirtschaftsform zu der heute dominanten hirtennomadischen Ökonomie zu dokumentieren und Konsequenzen dieses Wandels für die Umwelt festzustellen. Die Analyse verschiedener Grabungsbefunde deutet allerdings auch in diesem Bereich auf Systemstabilität hin: Während die

Nutzung von Schafen und/oder Ziegen bereits vor etwa 2 000 Jahren einsetzte, blieb die Ökonomie doch für weitere 1 500 bis 1 800 Jahre durch wildbeuterische Strategien dominiert.

Im zweiten Bearbeitungszeitraum (ca. 1850 bis 2000) sind die unmittelbaren Vorfahren der heutigen Hirtennomaden zunächst als Kriegsflüchtlinge im Süden Angolas oder als Wildbeuter in der Region anzutreffen

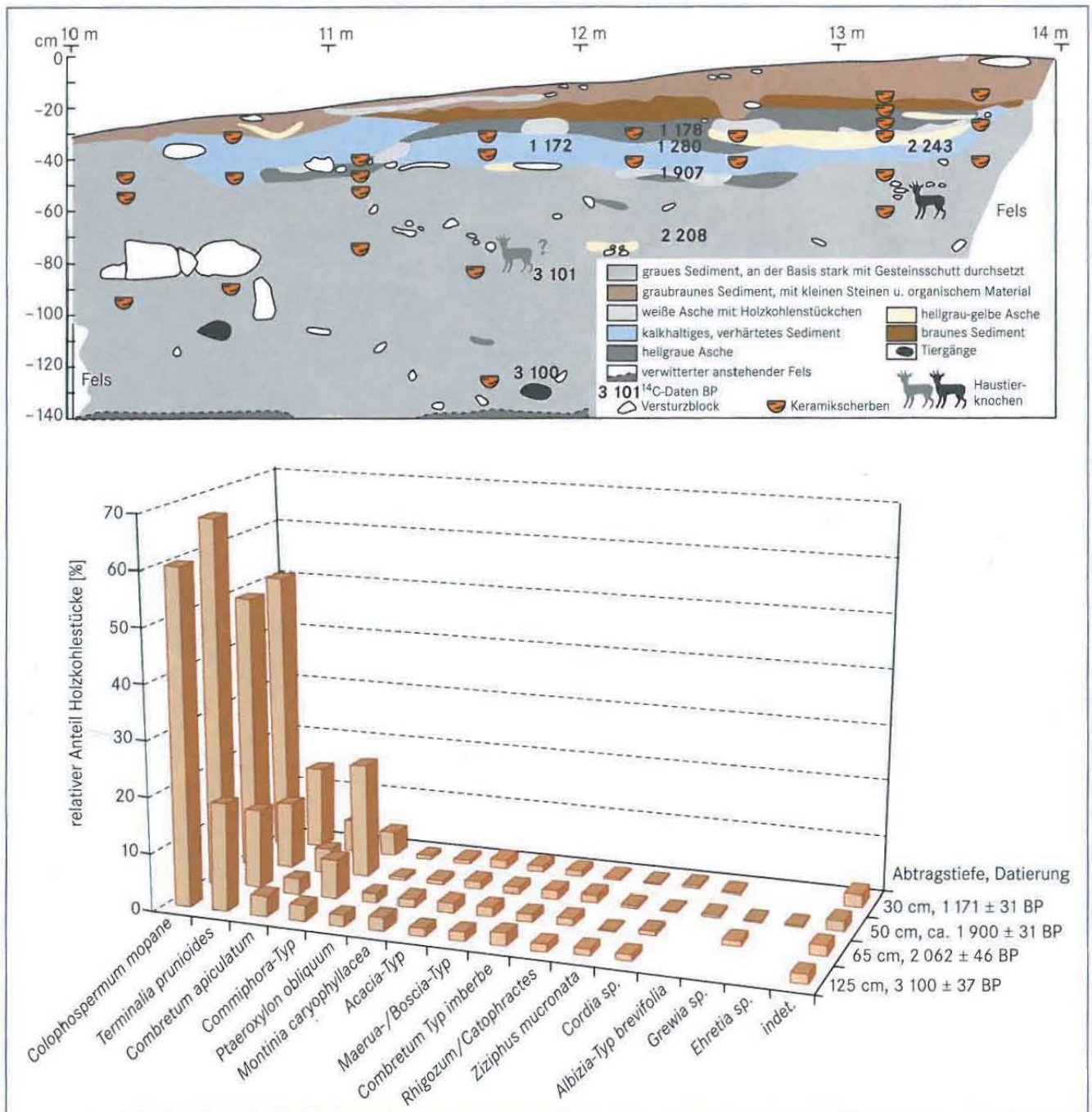


Abb. 29.3.5 Fundplatz Oruwanje 95/1 (Kaokoland): Grabungsprofil (West-Ost), ^{14}C -Daten, Vorkommen von Schaf/Ziege und Keramik und Spektrum der Holzkohlenfunde. Die Fundstelle befindet sich unter einem Felsüberhang (Abri). Ihre Stratigraphie deckt überwiegend das Jungholozän seit etwa 3 000 BP (ca. 1 000 Jahre v. Chr.) ab. Die Zusammensetzung der Gehölztaxa weist eine hohe Konstanz auf, sodass die Vegetation der Region und damit auch das Klima offenbar über einen langen Zeitraum stabil waren. Die Ablagerungen lassen sich in zwei große Sedimenteinheiten unterteilen: ein homogenes Schichtpaket (graus Sediment) über dem Anstehenden, das etwa zwei Drittel des Profils ausmacht, und eine darüberliegende heterogene Einheit, die aus dünnen Asche-, Holzkohle- und Sedimentlagen besteht. Die Zusammenschau der Funde und Befunde deutet auf eine ansässige Wildbeuterpopulation hin, die in Kontakt mit einwandernden Hirten stand (verändert nach Vogelsang 2002, Eichhorn & Jürgens 2002).

und werden dann seit den 1920er-Jahren in das südafrikanische Mandatsgebiet integriert. Die Durchsetzung kolonialer Grenzen bringt den Verlust von Handelsbeziehungen, und die Viehhalter der Region werden auf eine reine Subsistenzwirtschaft festgelegt: Dies führt langfristig zu gesteigerter Vulnerabilität. Zwischen etwa 1900 und den 1950er-Jahren werden wildbeuterische Strategien fast flächendeckend von hirtennomadischen Subsistenzstrategien abgelöst: Zum einen ist die einst wildreiche Region schließlich vollkommen überjagt, zum anderen wird eine hirtennomadische Subsistenz von allen Einwohnern als erstrebenswert erachtet. Die Spezialisierung auf nomadische Viehhaltung bringt allerdings auch Probleme: Mehrfach führen Dürren zum Zusammenbruch des Herdenbestandes, zu Hunger und Verarmung. Parallel zum Verlust von Handelsmöglichkeiten ist eine deutliche Zunahme der Bestockung insbesondere seit den 1950er-Jahren festzustellen (Abb. 29.3.6). Während einerseits Brunnenbohrungen auch bislang nicht oder wenig genutzte Weiden erschließen, muss andererseits eine wachsende Bevölkerung versorgt werden. Die ökosystemaren Konsequenzen der **Nutzungsintensivierung** sind komplex und keineswegs mit der Diagnose „Degradation infolge Überweidung“ abzudecken. Während sich allenthalben eine Verlagerung von perennierenden hin zu annuellen Gräsern abzeichnet und eine deutliche Abnahme an Biodiversität innerhalb der Gras- und Krautschicht zu vermerken ist, können durch entsprechendes lokales Management (indigene Schutzmaßnahmen, entsprechende Regeln der Beweidung) doch hohe Besatzdichten gehalten werden.

Insbesondere die letzten Dekaden haben für den Beobachtungsraum wesentliche Veränderungen gebracht: Während einerseits die Nutzungsintensität weiterhin deutlich zunahm, war gleichzeitig eine Abnahme von Niederschlägen zu konstatieren. Parallel wurden durch Landreform und politische Öffnung des Gebietes seit der Unabhängigkeit Namibias 1990 wesentliche Konstituenten der Agrarverfassung grundlegend verändert. In sogenannten *conservancies* (Hegegemeinschaften) wird nicht nur der Versuch unternommen, Wildschutz und lokale Entwicklung zu verbinden, sondern es werden auch Maßnahmen ergriffen, mobile Viehhaltung trotz sehr hoher Besatzdichten nachhaltig zu gestalten. Gleichzeitig werden Großprojekte geplant: Neben einem Großdamm zur Gewinnung von Elektrizität sollen Rohstoffe erschlossen und ein weiterer Hochseehafen in der Küstenregion aufgebaut werden. Die Entwicklung der Infrastruktur (Straßennetz, Kommunikation aber auch Banken usw.) führt zu einem raschen Anschluss dieser ehemals marginalen Region an die Wirtschaft Namibias und des gesamten südafrikanischen Wirtschaftsraumes.

Fazit

Eine räumlich umfassende und zeitlich möglichst detaillierte Untersuchung von Kultur- und Landschaftswandel unter Berücksichtigung möglicher Interdependenzen erfordert eine mehrjährige intensive **interdisziplinäre Zusammenarbeit**. Nur so konnten die zentralen Ziele des SFB 389 erreicht werden:

- „dichte“ und historisch umfassende Einzelfallbeschreibungen von Kultur- und Landschaftswandel in den Arbeitsgebieten

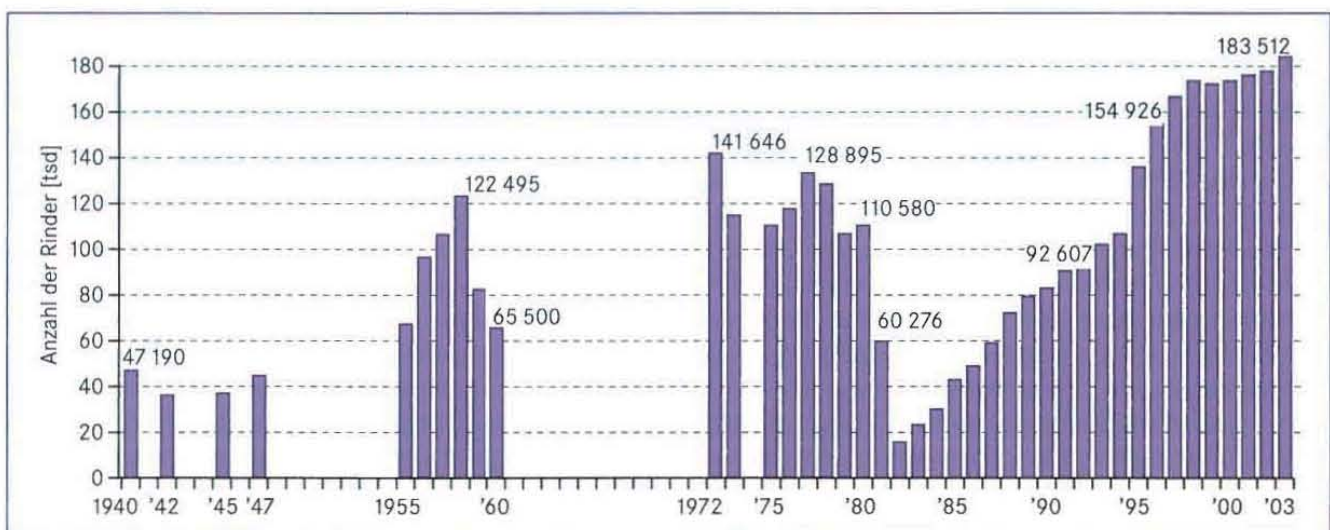


Abb. 29.3.6 Der Viehbestand des Kaokolandes zwischen 1940 und 2003. Mortalität, die nicht altersbedingt ist, ist im nordwestlichen Namibia vor allem durch die Auswirkungen von Dürren und weniger durch Viehkrankheiten geprägt: Von 1958 bis 1960 nahm der Rinderbestand um 46,5 Prozent ab. Noch drastischer zeichnet sich die Jahrhundertdürre von 1980/81 ab, als der Rinderbestand um 85,8 Prozent zurückging.

- Erfassung großräumiger, regionaler Trends naturräumlicher Veränderungen und der Kulturentwicklung
- die Generalisierung von Aussagen über die wechselseitige Beeinflussung von Landschafts- und Kulturwandel unter ökologischen Grenzbedingungen auf transkontinentaler Ebene

Der SFB profitierte davon, Synthesen und Modelle in den Projektregionen systematisch parallel erarbeiten zu können, um sie dann in einem Hemisphärenvergleich zu präzisieren. Hier mündete die Arbeit in aktuelle internationale Forschungsbemühungen zum Verständnis von **Mensch-Umwelt-Interaktionen**. Aber auch für den daraus resultierenden praxisrelevanten Forschungstransfer, beispielsweise für die Konzeption und Organisation von Fachaustellungen und internationalen Tagungen sowie für die Planung und Unterstützung von Nationalpark- und Landreformprojekten, bot der Kölner SFB 389 eine wichtige Plattform.

Aride Diagonale Südamerikas

HEINZ VEIT

Fordert bereits die Paläoumweltforschung bzw. Paläoökologie wegen ihres komplexen Charakters, der Verwendung unterschiedlicher „Umweltarchive“ und des daraus resultierenden „Multi-Proxy-Ansatzes“ interdisziplinäre Vorgehensweisen und Methoden, so gilt dies erst recht unter zusätzlicher Berücksichtigung der menschlichen Aktivitäten. Wie komplex solche Untersuchungen sind, wie eng unterschiedliche Umweltarchive miteinander verknüpft sind und wie sich die Umweltveränderungen in den menschlichen Aktivitäten ausdrücken, kann am Beispiel der „Ariden Diagonale Südamerikas“ gezeigt werden.

Die Aride Diagonale ist eine lang gestreckte Trockenzone, die von der Pazifikküste Ecuadors im Norden über die zentralen Anden bis an die patagonische Atlantikküste reicht (Abb. 29.3.7). In ihrem Zentrum quert sie die chilenisch-argentinischen Anden und macht den Altiplano zum trockensten Hochgebirgsraum der Erde. Die lebensfeindliche Umgebung sieht auf den ersten Blick steril aus. Selbst die höchsten Gebirge oberhalb 6000 m ü. M. sind unvergletschert, obwohl ab etwa 4300 m ü. M. Permafrost auftritt (Kapitel 10.5). Trotz der niedrigen Jahresdurchschnittstemperaturen reichen die Niederschläge nicht aus, eine Vergletscherung zu erzeugen. In dieser Hochgebirgswüste gibt es aber Hinweise, dass die Umwelt und das Klima nicht immer so extrem arid und lebensfeindlich waren. Besiedlungs-,



Abb. 29.3.7 Die „Aride Diagonale“ Südamerikas. Die stark generalisierte Niederschlagskarte zeigt den Verlauf der Trockenzone.

Landschafts- und Klimageschichte sind hier eng miteinander verknüpft und weisen interessante Parallelen auf.

Glaziologie, Geomorphologie

Die heute trockenen zentralen Anden weisen zahlreiche Spuren **ehemaliger Vergletscherungen** auf (Abb. 29.3.8). Da aktuell die Berge zwischen 21 und 28° S unvergletschert sind, ist der Aufbau und die Ausbildung mehrerer Zehner Kilometer langer Talgletscher nur denkbar unter deutlich feuchteren Bedingungen der Vergangenheit. Gletscher-Klimamodellierungen zeigen, dass die Niederschläge in Perioden des Gletschervorstoßes im heute ariden Zentrum etwa um das Vier- bis Fünffache höher waren als heute und in den Randbereichen rund doppelt so hoch (Kull & Grosjean 2000). Rekonstruiert man den eiszeitlichen Schneegrenzverlauf im N-S-Profil entlang der Andenkette, so ergeben sich regional unterschiedliche Depressionsbeträge. Aber das aride Zentrum bei rund 25 bis 26° S blieb auch eiszeitlich sehr trocken.

Der guten Rekonstruierbarkeit der eiszeitlichen Gletscherausdehnungen mit geomorphologischen Methoden und unter Einsatz der **Fernerkundung** steht die