

**AUS
SAND**

GEBAUT

AUS SAND GEBAUT

ENTWICKLUNG VON DÜNENLANDSCHAFTEN

OLAF BUBENZER

Dünenlandschaften sind häufig in Kernräumen von Trockengebieten anzutreffen. Sie wirken faszinierend und beängstigend zugleich. Heidelberger Geographinnen und Geographen untersuchen Sand und Dünenformen, um deren Entstehung und Entwicklung zu verstehen, aber auch, um Gefährdungs- und Nutzungspotenziale für den Menschen abzuschätzen.



„Ich find die Wüste sehr schön op wohl es nur sand ist“, so schrieb eine Schülerin der 2. Klasse nach einem Vortrag über die „Große Sandsee“, eine Dünenlandschaft in der ägyptischen Westwüste. Letztere nimmt mit ihren – an ein bewegtes Meer erinnernden – teils mehr als 100 Meter hohen und bis zu 200 Kilometer langen Dünen mit geschwungenen Kämmen immerhin etwa ein Drittel der Fläche der Bundesrepublik Deutschland ein. Das Zitat gibt überaus treffend ein Klischee und ein Gefühl wieder: Einerseits werden Wüsten stets mit Sanddünen assoziiert, obwohl nur etwa 20 Prozent der als Trockengebiete definierten Festlandsflächen von windbewegten (äolischen) Sanden eingenommen werden. Andererseits wirken Dünenlandschaften auf ihre Besucher faszinierend und ästhetisch – jedoch aufgrund ihrer Weite, Wasser- und Vegetationsarmut sowie angesichts von mit Sand überwehten Feldern, Straßen und Gebäuden teilweise auch beängstigend.

Romane und Filme wie „Die Wüste lebt“, „Lawrence von Arabien“ und „Der englische Patient“ haben Dünenland-

„Dünenlandschaften bilden häufig die Kernräume von Trockengebieten, in denen heute mehr als zwei Milliarden Menschen leben.“

schaften in den letzten Jahren einem breiten Publikum nähergebracht. Geht man nach der Definition der Vereinten Nationen vor, so haben mehr als 41 Prozent der Landflächen zumindest zeitweise ein Wasserdefizit und werden daher als Trockengebiete bezeichnet. Hier leben heute mehr als zwei Milliarden Menschen. Dünenlandschaften bilden häufig die Kernräume dieser Gebiete – angesichts ihrer Ausmaße und oft schlechten Zugänglichkeit gelten viele von ihnen allerdings immer noch als „weiße Flecken“ auf den wissenschaftlichen Landkarten.

Formung durch den Wind

Für den Geomorphologen, also den Wissenschaftler, der die Formen der (Erd-)Oberfläche und die Faktoren und Prozesse ihrer Entstehung und Weiterentwicklung ergründet, rührt die Faszination für Dünenlandschaften nicht zuletzt aus der Frage, warum der Wind einzelne Partikel zu in sich abgeschlossenen dreidimensionalen Gebilden aufwirft, die oftmals in erstaunlicher Regelmäßigkeit anzutreffen sind. Entsprechende „Laborbedingungen in der Natur“ gibt es interessanterweise nicht nur auf der Erde, sondern auch auf anderen „Himmelskörpern“: So wurden auch auf dem Mars, der Venus und dem Saturnmond Titan Dünen entdeckt. Voraussetzungen für die Formung durch den Wind sind die Materialverfügbarkeit am Boden und eine ausreichende

Windgeschwindigkeit. Dies trifft vor allem für die Trockengebiete zu, in denen Wasser ganzjährig oder phasenweise einen Mangelfaktor darstellt, die zumindest zeitweise eine lückenhafte Vegetationsdecke aufweisen und in denen trockenes transportables Material die Oberfläche bildet. Aber auch an Sandstränden, in zeitweise austrocknenden Flussbetten oder im Umfeld von Gletschern kommt es zur äolischen Morphodynamik, das heißt zur Formung durch den Wind. Weiterhin sind jene Areale zu nennen, die der Mensch gewollt – zum Beispiel durch Ackernutzung – oder ungewollt – zum Beispiel infolge Überweidung – ihrer schützenden Vegetationsdecke beraubt hat.

Für eine allgemeine Annäherung an die Entwicklung von Landschaften (Morphogenese), beschreiben wir in der Geomorphologie zunächst die anzutreffenden Reliefformen (Morphographie) und vermessen sie (Morphometrie). Anschließend erfassen wir die Abtragungs-, Transport- und Akkumulationsprozesse, die Aussagen über die Dynamik einer Landschaft ermöglichen. Um schließlich zu einer zeitlichen Einordnung dieser Prozesse zu gelangen, lassen sich neue Datierungsmethoden anwenden (Morphochronologie). Als „Archiv“ dienen in Dünenlandschaften die vorwiegend abgelagerten Sande, also Sedimentpartikel mit einem Korndurchmesser von 0,063 bis zwei Millimetern. Bereits hier wird deutlich, dass sich die Landschaftsforschung verschiedener Methoden auf unterschiedlichen Skalenebenen bedienen muss.

Einzigartige Referenzsammlung

Die Geographie in Heidelberg hat bereits eine lange Tradition in der Trockengebietforschung. So wurden in den vergangenen beiden Jahrzehnten Wüsten und deren Ränder in Afrika (Namibia), Südamerika (Peru) und Asien (China) untersucht. Im Jahr 2017 haben wir eine einzigartige Referenz-Sammlung von Köln nach Heidelberg überführt, die aus mehr als 1.000 Dünensandproben aus vielen Wüsten der Erde besteht. Sandkörner, die wir am Geographischen Institut im Labor für Geomorphologie und Geoökologie und im Heidelberger Lumineszenzlabor untersuchen, erlauben über ihre Oberflächenstrukturen, Korngrößen und Rundheit sowie ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften Aussagen über aktuelle und ehemalige Umweltbedingungen. In jüngster Zeit setzen wir an unserem Institut erstmalig auch geophysikalische Messungen an Dünensanden ein, beispielsweise Elektrische Widerstandstomographie, Georadar und Seismik. Außerdem erheben wir spezielle Fernerkundungsdaten von Satelliten, Flugzeugen, Drohnen und landgestützten Instrumenten, zum Beispiel über Laserscanning in der Arbeitsgruppe Geoinformatik und 3D-Geodatenverarbeitung.

Die Zusammenführung der gewonnenen Daten erlaubt unter anderem Rückschlüsse auf den oberflächennahen Untergrund, etwa im Hinblick auf die Mineralzusammen-

setzung oder die Grundwasserverhältnisse. In Kombination mit Bohrungen und Messungen der aktuellen Wind- und Sandbewegungen können wir so Dünenlandschaften ganzheitlich erfassen. Schließlich lassen sich an Typlokalitäten gewonnene Erkenntnisse auf andere Sandgebiete übertragen. Beispielhaft untersuchen wir derzeit den „Erg Chebbi“, ein etwa 110 Quadratkilometer großes „Dünenmeer“ im Südosten Marokkos, das von bis zu 150 Meter hohen Sterndünen dominiert wird. Sterndünen weisen meist drei bis vier „Arme“ auf, die vom Zentrum aus in verschiedene Richtungen weisen und von wechselnden Windrichtungen zeugen. Obwohl weltweit verbreitet, ist ihre grundsätzliche Formungsgeschichte noch weitgehend ungeklärt. Um ihre Genese zu ergründen, kommen die oben genannten Methoden zum Einsatz, die in ihrer Kombination nur am Standort Heidelberg vorhanden sind.

Verschiedene Dünengenerationen neben- und übereinander

Lange Zeit galt die Meinung, dass Dünenlandschaften mit ihren aktiven, weitgehend vegetationslosen und vermeintlich hochmobilen Sanden stets auch in ihrer

Heidelberger Lumineszenzlabor

Das Lumineszenzlabor am Geographischen Institut der Universität Heidelberg dient der optisch stimulierten Lumineszenzdatierung von Sedimenten und Gesteinsoberflächen sowie der wissenschaftlichen und technologischen Weiterentwicklung der Methode. Es wurde im Sommer 2007 von der ehemaligen Forschungsstelle Archäometrie der Heidelberger Akademie der Wissenschaften in die Trägerschaft der Universität Heidelberg überführt.

Die Lumineszenzdatierung zählt zu den sogenannten dosimetrischen Datierungstechniken, bei denen man sich die natürliche Radioaktivität der Umgebung quasi als Uhrwerk zunutze macht. Angetrieben wird damit eine Uhr in geomorphologischen Sedimenten oder vergleichbaren Archiven, anhand derer landschaftsformende oder auch archäologische Ereignisse der Vergangenheit beispielsweise in den Disziplinen Geomorphologie, Geoarchäologie oder Archäometrie rekonstruiert werden. In geomorphologisch oder geoarchäologisch ausgerichteten Projekten wird die Datierungsmethode dazu eingesetzt, ein zeitliches Gerüst für die beobachteten Landschaftsveränderungen zu erstellen, die durch Klimawandel oder menschliches Einwirken verursacht sein können. Bei stärker archäologisch orientierten Fragestellungen werden auch vom Menschen errichtete oder bearbeitete Bauwerke analysiert.

„Die Geographie in Heidelberg hat bereits eine lange Tradition in der Trockengebietsforschung.“

„Um die Genese von Sterndünen zu ergründen, kommen Methoden zum Einsatz, die in ihrer Kombination nur am Standort Heidelberg vorhanden sind.“

Gesamtheit die aktuellen Umweltbedingungen widerspiegeln. Diese Hypothese musste revidiert werden, da unter anderem im Rahmen unserer eigenen Projekte und Expeditionen neben aktiven Dünen verschiedene ältere Dünengenerationen gefunden wurden, beispielsweise bei der Untersuchung großer Längsdünen in der Sahara, der Namib und in Dünengebieten Australiens. Dies gilt insbesondere für Megaformen, das heißt Sandakkumulationen von zirka 100 bis maximal 300 Meter Höhe, die, falls erreichbar, aufgrund ihrer Imposanz oft auch für den Tourismus erschlossen sind. Sie werden als „Draa“ (arabisch für „Arm“) bezeichnet, kommen im Gegensatz zu den kleineren Dünen nur in den großen Dünenmeeren (Ergs) vor, sind stets Paläoformen und wurden, wie Datierungen zeigen, überwiegend während der quartären Eiszeiten (Pleistozän) von dauerhaften Winden in Sturmstärke aufgeweht. Heute werden sie nur oberflächennah gering verändert oder sogar von rezenten kleineren Dünen überwandert, so dass verschiedene Dünengenerationen nicht nur neben-, sondern auch übereinander existieren können. Da die Dünenlandschaft des Erg Chebbi mit ihren Stern- und kleineren Randdünen vergleichbare Dimensionen und einen ähnlichen Aufbau zeigt, erforschen wir von Heidelberg aus derzeit beispielhaft ihre raum-zeitliche Entwicklung mit dem oben beschriebenen breiten Methodeninventar. Zukünftig wollen wir mit den vor Ort gewonnenen Felddaten auf Basis von physikalischen Gesetzmäßigkeiten Computersimulationen zur Entwicklung von Sterndünen im Allgemeinen durchführen.

Süßwasser aus früheren klimatischen Feuchtphasen

Eine weitere wichtige Erkenntnis ist, dass Sandmeere häufig in Beckenlagen, also in großräumig tiefer liegenden Landschaftsteilen, anzutreffen sind und ihre Sandmassen von (ehemaligen) Flussläufen stammen, die in diese „Depressionen“ führen. So erklärt sich, warum hier im Untergrund oft größere Grundwasservorkommen existieren. Auch am Rand des Erg Chebbi versorgen sie zum Beispiel die Oasen Hassilabied und Merzouga mit solchem Wasser. Allerdings ist im Hinblick auf deren potenzielle Nutzung, etwa für die Bewässerungslandwirtschaft, Vorsicht geboten, da das vorzufindende Süßwasser oft ausschließlich aus früheren klimatischen Feuchtphasen stammt. Solche „fossilen“ Wasserreserven lassen sich zwar an die Oberfläche pumpen, werden aber angesichts der extremen Trockenheit der letzten Jahrtausende in für den Menschen wichtigen Zeiträumen nicht erneuert. Sie stellen also lediglich eine endliche Ressource dar. Grundwasserneubildungsraten und -phasen können wir am Heidelberger Institut für Umweltphysik bestimmen. Weitere Untersuchungen am Erg Chebbi sollen helfen, das an den Rändern von Sandwüsten weitverbreitete Problem der Ein- und Überwehung von Sand besser zu verstehen. So erbrachten Befragungen von Landwirten, Sediment- und Bodenuntersuchungen sowie Windmessungen, dass wider Erwarten nicht die



PROF. DR. OLAF BUBBENZER leitet seit dem Jahr 2017 den Forschungsbereich „Geomorphologie und Bodengeographie“ am Geographischen Institut der Universität Heidelberg, den er bereits in den Jahren 2007 bis 2012 vertrat. In der Zwischenzeit forschte er an der Universität zu Köln, unter anderem im DFG-Sonderforschungsbereich 389 „Kultur- und Landschaftswandel im ariden Afrika – Entwicklungsprozesse unter ökologischen Grenzbedingungen“. Aktuell ist er Teilprojektleiter in den Sonderforschungsbereichen 806 „Unser Weg nach Europa: Kultur-Umwelt-Interaktion und menschliche Mobilität im späten Quartär“ und 1211 „Evolution der Erde und des Lebens unter extremer Trockenheit“. Olaf Bubbenzer ist Fellow des Marsilius-Kollegs und Gründungsdirektor des „Heidelberg Center for the Environment“ (HCE) sowie Sprecher des „AK Wüstenrandforschung“ in der Deutschen Gesellschaft für Geographie. Seine Schwerpunkte liegen in der physisch-geographischen Trockengebietforschung einschließlich Mensch-Umwelt-Interaktionen.

Kontakt: olaf.bubbenzer@uni-heidelberg.de

BUILT OF SAND

THE EVOLUTION OF DUNE LANDSCAPES

OLAF BUBENZER

Dune landscapes often represent core areas of drylands. They became widely known with Michael Ondaatje's novel "The English Patient" and the subsequent film adaptation. Examples include the "Great Sand Sea" in the eastern Sahara (area > 100,000 km²) where meandering longitudinal dunes create the impression of ocean waves. Large dune areas are both fascinating and frightening. They are not limited to Earth but also exist on other planets like Mars and Venus. More than 41% of the global land surface is defined as drylands, an area that is home to more than two billion people. Only about 20% of it is covered by dunes.

Interdisciplinary dryland research has a long tradition at Heidelberg University. Scientists at the Institute of Geography collaborate with other institutes to investigate the effects of climate change on dune areas as well as their hazards and potential use. The Heidelberg Center for the Environment (HCE) offers ideal conditions for such research.

Heidelberg scientists examine dune landscapes across different scales, in field and laboratory studies and by remote sensing. For example, sand grains show characteristic grain sizes, roundness, surface structures and geochemical attributes. Dating techniques give some indication of the latest sand deposition, and geophysical measurements provide information about subsurface structures and groundwater. Besides recent singular and smaller dunes, large dune-dominated areas ("ergs") also contain mega-formations with heights of more than 100 m ("draa"). Most of them date back to the Quaternary ice age. Ergs also frequently contain important groundwater resources. However, dune landscapes are still rarely explored and not well understood. That is why Heidelberg scientists are currently involved in a multi-methodological and interdisciplinary research project focusing on Erg Chebbi in Morocco that will uncover the evolution of such dune landscapes, including their hazards and potential (sustainable) uses. ●

PROF. DR OLAF BUBENZER has been heading the "Geomorphology and Soil Geography" research centre at Heidelberg University's Institute of Geography since 2017, a position he held once before, between 2007 and 2012. In the intervening years, he conducted research at the University of Cologne, where he was involved in DFG Collaborative Research Centre 389 "Arid Climate, Adaptation and Cultural Innovation in Africa". He is currently a project leader in Collaborative Research Centres 806 "Our Way to Europe" and 1211 "Earth – Evolution at the Dry Limit". Olaf Bubenzler is a fellow of the Marsilius Kolleg in Heidelberg, founding director of the Heidelberg Center for the Environment (HCE) and speaker of the "Desert Margin Research" group of the German Geographical Society. His main scientific interest is the physical-geographical investigation of drylands, including human-nature interaction.

Contact: olaf.bubenzler@uni-heidelberg.de

“Dune landscapes often represent core areas of drylands that are home to more than two billion people.”

unmittelbar an die beiden genannten Oasen angrenzenden Sanddünen die Hauptquelle für den Sandeintrag darstellen, sondern die umliegenden Trockentäler (Wadis) und Steinwüstenoberflächen (Hamada).

Neben naturwissenschaftlichen Zusammenhängen spielen demnach auch Mensch-Umwelt-Wechselwirkungen bei der Untersuchung von Dünenlandschaften eine bedeutende Rolle, etwa im Zusammenhang mit dem Klimawandel, der Ressourcennutzung, der Nahrungsmittelproduktion oder im Hinblick auf ihr Gefährdungspotenzial. Damit zusammenhängende Forschungen erfordern eine interdisziplinäre Zusammenarbeit, wofür

das „Heidelberg Center for the Environment“ (HCE) eine ideale Plattform bietet.

Es bleibt festzuhalten, dass Kenntnisse zur raum-zeitlichen Entwicklung von Dünenlandschaften nicht nur für die Paläoklima- und Umweltforschung von Interesse sind, sondern auch für die Frage, ob und wie diese für den Menschen nachhaltig nutzbar gemacht werden können, welche Gefahren von ihnen vor allem an den besiedelten „Wüstenrändern“ ausgehen und wie sie auf Veränderungen im Zuge des Klimawandels reagieren. Hierzu wird von Heidelberg aus international und interdisziplinär geforscht, nicht zuletzt, um die eingangs erwähnten „weißen Flecken“ zu füllen. ●

„Bei der Untersuchung von Dünenlandschaften spielen Mensch-Umwelt-Wechselwirkungen eine bedeutende Rolle, etwa im Zusammenhang mit dem Klimawandel oder der Nahrungsmittelproduktion.“