



Wüstenökologie – Wissen gegen die Desertifikation

Siegmar-Walter Breckle, Maik Veste,
Walter Wucherer

Fakultät für Biologie – Abteilung Ökologie

Über 40 Prozent der Erdoberfläche sind von Trockengebieten bedeckt. Die Erforschung der ökologischen Prozesse in Ökosystemen der Wüste ist eine wichtige Grundlage für das Verständnis von und für Maßnahmen gegen die Desertifikation, zur Landverödung? Unsachgemäße Landnutzung, Überweidung und Rodungen, Übernutzung der Böden führen zur Erosion, zur Sanddünenbildung, zur Versalzung von Bewässerungsfeldern und damit zum Verlust der biologischen Produktionsgrundlage sowie zum Rückgang der Artenvielfalt. Die Folge sind gravierende sozio-ökonomische Krisen. Kommen Klimaschwankungen dazu, reagieren Ökosysteme der Trockengebiete besonders sensibel auf Eingriffe des Menschen. Am Beispiel „Aralseeboden“ einerseits und „Negev-Sandwüste“ andererseits werden internationale Forschungsunternehmungen zur Wüstenökologie vorgestellt.

■ Internationale Forschungskooperation

Welche Vorgänge verursachen die Desertifikation? Welches Ausmaß haben sie? Was kann dagegen unternommen werden?

Im Rahmen internationaler Forschungsprojekte, die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert werden, untersucht die Abteilung Ökologie der Fakultät für Biologie der Universität Bielefeld Strukturen und Prozesse in den Wüsten Zentralasiens und des Nahen Ostens, um Grundlagen für eine natürliche Stabilisierung dieser fragilen Ökosysteme zu schaffen. Die komplexen Interaktionen zwischen Klima, Vegetation, Boden und Geomorphologie erfordern interdisziplinäre Forscherteams. So sind im Forschungsprojekt „Negev-Wüste“¹ die ökophysiologischen und vegetationskundlichen Arbeiten der Abteilung Ökologie in eine Forschergruppe eingebunden, die sich aus Geomorphologen, Bodenkundlern, Mikroklimatologen, Geographen, Mikrobiologen und anderen Fachwissenschaftlern aus Israel und Deutschland zusammensetzt. Im Projekt „Aralkumwüste“² wird gemeinsam mit deutschen, kasachischen und israelischen Wissenschaftlern verschiedener Forschungsrichtungen die komplexe Vegetationsdynamik der durch Trockenfall des Aralsees entstandenen Wüste untersucht.



Abb. 1: Der gegenwärtige Zustand des „geteilten“ Aralsees: der Große Aralsee im Süden und der Kleine Aralsee im Norden. Zwischen beiden Seen ist ein Damm errichtet worden, der 1999 bei einer Sturmflut zerstört worden ist.

■ Die Austrocknung des Aralsees

Der Aralsee in Zentralasien war bis 1960 mit einer Fläche von 68.000 km² der viertgrößte See der Erde, der von den Flüssen Amudarja und Syrdarja gespeist wurde. Die großflächigen Bewässerungsmaßnahmen in Usbekistan und Kasachstan verursachten eine katastrophale Austrocknung des Aralsees, so dass 80 Prozent des Wasservolumens und 60 Prozent der Wasserfläche nicht mehr vorhanden sind (Abb. 1). Das scheinbar unbegrenzte Wasserreservoir des Aralsees führte zu unbedachter Wassernutzung durch eine extensive und verschwenderische Landwirtschaft und somit zu erheblichen Schädigungen der umliegenden Ökosysteme. Die trockengefallene Fläche beträgt mittlerweile 40.000 km², eine Fläche in der Größe der Niederlande. Allerdings verläuft die Dynamik der Austrocknung des Aralsees im nördlichen und südlichen Teil des Sees seit Ende der 80er Jahre unterschiedlich. Der Große Aralsee im Süden trocknet weiterhin aus, der Wasserspiegel sinkt ab, und die Seewasserfläche reduziert sich. Demgegenüber ist der Wasserspiegel des Kleinen Aralsees im Norden in den letzten Jahren gestiegen, und die Seewasserfläche nahm zu. Diese positive Entwicklung ist der Errichtung eines Damms zwischen dem Großen und Kleinen Aralsee zuzuschreiben. Aufgrund des Damms mündete bis 1999 der Syrdarja mit einem durchschnittlichen Zufluss von vier bis fünf Kubikkilometern im Jahr nur in den Kleinen Aralsee. So konnte die Wasserhöhe dort zeitweise stabilisiert werden. Im Frühjahr 1999 ist der Damm bei einer Sturmflut zerstört worden; die Folge war ein Absinken des Wasserspiegels um 2,5 Meter.

■ Die Aralkumwüste

Das Landschaftsbild des trockengefallenen Seebodens ist vielfältig und stellt eine komplizierte Mischung von Salzböden und Sandlandschaften dar. Diese neuen Ökosysteme werden aktiv von Pflanzen besiedelt. Hier kann derzeit die weltweit größte primäre Sukzession beobachtet werden. Die Grundlage der Pflanzenbesiedlung bilden hauptsächlich Flora und Samenbanken der Aralterrassen und teilweise des Festlandes rund um den Aralsee. Rund 270 Pflanzenarten konnten mittlerweile das neue Ökosystem besiedeln. Die Hälfte des trockengefallenen Seebodens sind versalzten Böden, die extreme Lebensräume für Pflanzen sind. Etwa 200 Arten können auf den Küstensolontschaks (feuchte Salzböden) und unterschiedlich versalzten Böden leben. Diese Salzpflanzen, die so genannten Halophyten, haben unterschiedliche Mechanismen und Strategien für die Regulation



Abb. 2: Salzstrauch-Bestand (*Kalidium caspicum* und *Halostachys caspica*) auf einer vor etwa 25 Jahren trockengefallenen Fläche an der Ostküste des Aralsees. Vor 40 Jahren betrug die Tiefe des Sees auf dieser Fläche etwa fünf Meter.

des Salzgehaltes in den Pflanzenorganen entwickelt und sind unterschiedlich tolerant gegenüber der Bodenversalzung. Trotz der fortschreitenden Besiedlung durch Pflanzen (Abb. 2) stellt der austrocknende Boden des Aralsees meist eine riesige offene Salzfläche dar. Sie ist zur Hauptquelle von Salzstaubdepositionen in der Region geworden. Über einen direkten Einfluss dieses Aerosols auf die Bodenverbrackung und Landwirtschaft, ebenso auf die natürlichen Eigenschaften der Ökosysteme und die Gesundheit der Bevölkerung gibt es keine sicheren Angaben über die Ursachen. Bei einer weiteren Austrocknung des zentralen Beckens des Aralsees in den nächsten sieben bis zehn Jahren wird es ohne Zweifel zur verstärkten Bildung von Salzstaubstürmen kommen. Die landwirtschaftlichen Flächen an den Süd- und Ostküsten werden dann noch mehr betroffen sein als bisher.



Abb. 3: Die für die Anpflanzung vorbereiteten Versuchsflächen mit der Verwendung des „Minicatchment“-Verfahrens an der Ostküste des Aralsees, mit staubiger Salzküste an der Oberfläche.



Abb. 4: Bewachsene Sanddünen auf der israelischen Seite (links) und mobile Sanddünen auf der ägyptischen Seite (rechts).

Der Befestigung der Oberfläche des trockenengefallenen Seebodens gegen Winderosion und Salzstaubaustrag mit Hilfe einer schützenden Vegetationsdecke kommt insofern eine besonders wichtige Bedeutung zu. Die natürliche Entwicklung der Vegetation ist abhängig von den Bodenbedingungen, insbesondere von der Wasserversorgung und der Versalzung. Bodenverbessernde Maßnahmen können die natürliche Pflanzenbesiedlung beschleunigen. Anpflanzungsversuche sind auf ausgewählten Flächen im Randbereich gestartet worden, wobei sogenannte „Minicatchments“ angelegt wurden (Abb. 3). Dies sind künstliche Abflussflächen mit einem Neigungswinkel von 10 bis 15 Grad und einer Fläche von 4 bis 9 Quadratmetern, in denen sich das Regenwasser sammelt. In der Mitte dieser Abflussflächen befinden sich bis zu einem Meter tiefe und auf ein Drittel mit Sand ausgefüllte Gruben, in die die Pflanzen gesetzt werden.

Die Bewertung der laufenden Vorgänge und Erstellung von Prognosen für die zukünftige Entwicklung der Ökosysteme sollen Aufschluss über die zukünftige Entwicklung des trockenengefallenen Seebodens und deren Nutzungsmöglichkeiten geben.

■ Mikroorganismen stabilisieren Sanddünen

Ein weiteres Hauptproblem der Desertifikation sind Sandverwehungen und Wanderdünen, die eine Gefahr für die Infrastruktur wie Siedlungen, Straßen, Eisenbahnlinien und Bewässerungsflächen darstellen. Der Einfluss der menschlichen Landnutzung auf Sanddünen lässt sich am Beispiel des Negev und Sinai demonstrieren. Das dortige Sandgebiet ist durch die Staatsgrenze zwischen Israel und Ägypten

getrennt und unterliegt einer unterschiedlich intensiven Beweidung, was sich in der unterschiedlichen Vegetationsdichte und der höheren Sandbewegung widerspiegelt (Abb. 4).

Neben der Vegetation spielen in diesem Fall Mikroorganismen eine besondere Rolle für die Stabilität des Ökosystems. Auf ungestörten Flächen hat sich eine nur 1 bis 7 Millimeter dicke Oberflächenkruste gebildet, die zunächst aus Cyanobakterien und Grünalgen und später auch aus Pilzen, Moosen und zum Teil aus Bodenflechten (Abb. 5) aufgebaut



Abb.5: Biologische Kruste mit Cyano-Flechten stabilisieren die Sandoberfläche.

wird. Die Oberflächenkruste wird als biologische Kruste oder Kryptogamen-Kruste bezeichnet. Die Mikroorganismen beeinflussen maßgeblich die ökologischen Prozesse und die mosaikhafte Verteilung der Vegetation.

Cyanobakterien, die als Symbionten in den Bodenflechten oder freilebend in der Kruste vorkommen, fixieren den Luftstickstoff. Sie leisten damit einen wichtigen Beitrag zum Stickstoffeintrag für die nährstoffarmen Wüstenböden. Außerdem werden Zuckerverbindungen von Bakterien ausgeschieden, die Sandkörner miteinander verkleben und die Sandoberfläche stabilisieren. Die Winderosion wird damit weiter vermindert. Bevor es allerdings zu biologischen Krusten kommen kann, muss die Windgeschwindigkeit verringert werden. Grundbedingung hierfür ist die Ausbildung einer Vegetationsdecke, die die Rauigkeit der Bodenoberfläche erhöht. Gemeinsam mit der Vegetation sind diese Mikroorganismen eine ideale natürliche Methode zur Oberflächenstabilisierung von gestörten Wüstenökosystemen.

■ Wasser in der Wüste

Für das Wachstum biologischer Krusten ist eine ausreichende Wasserversorgung notwendig. Da Regen nur an wenigen Tagen im Jahr fällt, ist Taufall eine wichtige Feuchtigkeitsquelle für die wechselfeuchten Mikroorganismen. Untersuchungen der mikroklimatischen Rahmenbedingungen in den Sanddünen haben gezeigt, dass sich innerhalb weniger Stunden nach Sonnenuntergang eine stabile Luftschichtung ausbildet und die Ausstrahlung zur Auskühlung und damit verbunden zu Taufall führt. Bereits 0,1 Millimeter Niederschlag in Form von Tau aktiviert die physiologischen Prozesse der Bodenflechten, wie Messungen der Chlorophyllfluoreszenz am Standort gezeigt haben (Abb. 6). Vor allem in Sommermonaten, die durch eine hohe thermische Ausstrahlung in wolkenlosen Nächten gekennzeichnet sind, kommt es regelmäßig zu Taufallbildung. Diese Feuchtigkeit ist für die Flechten ausreichend, um den Prozess der Photosynthese in den ersten Stunden nach Sonnenaufgang in Gang zu setzen, bevor sie wieder austrocknen. Die Verweildauer des Tauniederschlags ist auf den nordexponierten Hängen und in der Umgebung von Büschen aufgrund der längeren Beschattung deutlich höher. So haben sich vor allem an nordexponierten Hängen dickere Krusten gebildet.

Biologische Krusten beeinflussen auch die Verteilung des Wassers im Sand, der durch eine hohe Infiltrationsrate gekennzeichnet ist. Nach Regenfällen quellen die Bakterienhüllen auf und verstopfen einen Teil der Bodenporen. So kann an den Hängen der

Sanddünen mit biologischen Krusten nach intensiven Regenfällen sogar Oberflächenabfluss beobachtet werden, der sich in den Senken am Dünenfuß sammelt und eine zusätzliche Wasserversorgung für Pflanzen darstellt, mit der Folge, dass in diesen Senken die höchste Vegetationsdichte zu finden ist.

Die kleinräumigen Prozesse bedingen damit eine heterogene Vegetationsverteilung in den Wüstenökosystemen. Mehr noch, die komplexen Interaktionen zwischen Pflanzen und Mikroorganismen stabilisieren das fragile Wüstenökosystem.

■ Aktivitäten in Bielefeld

Um den Informationsaustausch und die internationale Zusammenarbeit zwischen den Experten aus verschiedenen Regionen zu fördern, hat die Abteilung Ökologie der Fakultät für Biologie der Universität Bielefeld in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), dem Sekretariat der Vereinten Nationen für die Konvention zur Desertifikationsbekämpfung (UNCCD) in Bonn, der UNESCO in Paris und der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) verschiedene nationale und internationale



Abb. 6: Messung der Photosyntheseaktivität mit der Chlorophyllfluoreszenz-Technik nach nächtlichem Taufall.

Symposien³ organisiert. Im Januar 2000 haben sich zwanzig deutsche Forschungsinstitutionen zu einem Kompetenznetzwerk zur Desertifikationsbekämpfung zusammengeschlossen, das von der Bielefelder Abteilung Ökologie maßgeblich koordiniert wird. Dieser interdisziplinäre Verbund hat sich zum Ziel gesetzt, Informationen auszutauschen, Verbindungen zwischen wissenschaftlichen Institutionen und Behörden herzustellen, Desertifikationsprozesse zu erforschen und Konzepte zur Desertifikationskontrolle zu entwickeln.

■ Ausblick

Die internationalen, interdisziplinären Verbundprojekte „Aralsee“ und „Negev-Sandwüste“ und die gestarteten Pilotprojekte zeigen, dass die Erforschung der ökosystemaren Prozesse in den unterschiedlichen Trockengebieten eine wesentliche Grundlage für die Entwicklung von nachhaltigen Konzepten zur Desertifikationsbekämpfung und Landnutzung ist. Nur eine intensive Zusammenarbeit der ökologischen Grundlagenforschung mit der angewandten Forschung sowie deren praktische Umsetzung durch die Institutionen der Entwicklungszusammenarbeit kann zum Technologietransfer und langfristig zu Erfolgen führen.

Internet: www.uni-bielefeld.de/biologie/Oekologie
www.uni-bielefeld.de/desertnet

Literatur

- 1 Veste, M. & Breckle, S.-W., Negev – pflanzenökologische und ökosystemare Analysen, Geographische Rundschau Heft 9/2000, Westermann Verlag, Braunschweig.
- 2 Breckle, S.-W. & Veste, M. (Hrsg.), Contribution from the International Workshop „Sustainable Land-Use in the Middle East“, Bielefelder Ökologische Beiträge 9/1995.
- 3 Breckle, S.-W., Veste, M. & Wucherer, W., Sustainable Land-Use in Deserts, Springer Verlag, Heidelberg 2000.



Prof. Dr. Siegmar-Walter Breckle (l.) promovierte an der Universität Stuttgart-Hohenheim über Korkeichenwälder Kataloniens und habilitierte sich an der Universität Bonn über die Ökologie und den Mineralstoffhaushalt von Xerohalophyten in Utah/USA. Seit 1980 ist er Leiter der Abteilung Ökologie der Fakultät für Biologie der Universität Bielefeld. Arbeitsschwerpunkte: Forschungen zur Ökologie der Halophyten, Mineralstoffe und Pflanzenernährung, Schwermetallwirkungen auf Pflanzen und Waldschadensforschung, Geobotanik und Globalökologie (Hochgebirge, Tropen und Wüsten), Sport und Umwelt.

Dipl.-Biol. Maik Veste (Mitte) studierte Biologie an der Universität Münster und promovierte über Wasserhaushalt und Photosynthese von Sanddünenpflanzen. Er arbeitet als wissenschaftlicher Angestellter in der Abteilung Ökologie der Bielefelder Fakultät für Biologie im Rahmen eines deutsch-israelischen Verbundprojektes zur Erforschung der Prozesse im Sanddünengebiet der Negev-Wüste (Nizzana-Projekt) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Arbeitsschwerpunkt ist die Ökophysiologie von Wüstenpflanzen insbesondere der Negev-Wüste und Südafrikas.

Dr. Walter Wucherer (r.) studierte Biologie an der Universität Almaty (Kasachstan) und promovierte 1986 an der Universität Tomsk (Rußland) über die Vegetationsdynamik der Küste des Aralsees. Als wissenschaftlicher Angestellter in der Abteilung Ökologie der Bielefelder Fakultät für Biologie ist er im Rahmen des Verbundprojektes „Aralsee“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung mit der Erforschung der Ökosystemdynamik des trockenengefallenen Aralseebodens beschäftigt. Forschungsschwerpunkte sind die Vegetationsdynamik und die Ökologie der zentralasiatischen Wüsten.