

ÖKOLOGIE

Biologische Krusten stabilisieren Wüstendünen

Mobile Sanddünen sind weltweit ein Problem der fortschreitenden Desertifikation in den Trockengebieten. Mikroorganismen, Flechten und Moose tragen entscheidend dazu bei, die Sandoberflächen vor Erosion zu schützen.

Eine intensive Beweidung führte im nördlichen Sinai Ägyptens in den vergangenen Jahrzehnten zu einer fortschreitenden Zerstörung der Vegetation und zu einer Mobilisierung der Sanddünen (Abb. 1). In der nordwestlich angrenzenden Negev-Wüste Israels hingegen sind diese Sanddünen stabil und mit Vegetation bedeckt (Abb. 2). Nach einer mehr als 10 Jahre dauernden Beweidung in den 70er Jahren haben sich diese Sanddünen seit etwa 1982 stabilisiert; die Vegetationsdichte hat auf den Dünenkämmen innerhalb von 7 Jahren sogar um 75% zugenommen [1]. Dieser

Unterschied ist sogar im Satellitenbild erkennbar: Während der Norden des Sinais eine höhere Albedo (Rückstrahlungsintensität) besitzt und hell erscheint, ist die Negev-Wüste deutlich dunkler. Zu diesem Unterschied tragen neben der Vegetation auch Mikroorganismen und Moose und Flechten bei, die die obersten Millimeter der Sanddünen besiedeln (Abb. 3). Im Rahmen eines interdisziplinären deutsch-israelischen Forschungsvorhabens wurden diese Sandbesiedler und deren Funktion für das Dünenökosystem bei Nizzana in der nordwestlichen Negev untersucht [2]. Die „biologische“ Kruste besteht hauptsächlich aus Cyanobakterien und Grünalgen [3]. An klimatisch begünstigten Standorten lassen sich lokal auch Moose finden sowie Bodenflechten, wie die Bunte Erdflechte *Fulgensia fulgens* und die Gattung *Collema* mit symbiontischen Cyanobakterien. Allerdings ist die Artendiversität der Krusten noch nicht vollständig erfasst. Die Entwicklung der biologischen Kruste wird maßgeblich von den mikroklimatischen Rahmenbedingungen beeinflusst, insbesondere vom Taufall. Als poikilohydre Organismen sind sie in der Lage, diesen aufzunehmen, wobei mindestens 0,1 mm Taufall für eine Aktivierung der physiologischen Prozesse notwendig ist, wie *in situ*-Messungen im Freiland zeigten [4]. Nach Sonnenaufgang sind die Krustenorganismen in der Regel 1 bis 2 Stunden photosynthetisch aktiv, bevor sie wieder austrocknen. In den Sanddünen bei Nizzana beträgt der Taufall bis zu 49 mm pro Jahr, während der durchschnittliche Jahresniederschlag bei 90 mm liegt (mit einer Häufung der Regenfälle in den Sommermonaten); beides garantiert eine ganzjährige Wasserversorgung der Krusten. Nebel spielt für die Aktivierung nur dann eine Rolle, wenn er die Bodenoberfläche erreicht oder von herausragenden Pflanzen „ausgekämmt“ wird.

Räumliche Unterschiede der mikroklimatischen Prozesse bedingen auch eine unterschiedliche Verteilung und Entwicklung der Krustentypen. Auf den nordexponierten Hängen liegt die Krustendicke zwischen 2 bis 7 mm, in der Interdüne und auf den südexponierten Hängen hingegen zwischen 1 und 2 mm.



Abb. 1. Beweidung führte zu einer Zerstörung der Vegetation und erhöhter Sandmobilität auf den ägyptischen Dünen (Hintergrund), während sie auf der israelischen Seite stabilisiert sind (Vordergrund).



Abb. 2. Die Sanddünen der nordwestlichen Negev sind mit einer biologischen Kruste bedeckt.



Abb. 3. Biologische Kruste aus Cyanobakterien und Grünalgen besiedelt die obersten Millimeter des Sandbodens der Negev-Sanddünen. (Photos Veste)

Auch ist die Biomasse der Organismen auf den nordexponierten Hängen deutlich höher. Die beiden Hänge unterscheiden sich nicht durch eine unterschiedliche Häufigkeit des Taufalls, sondern durch eine ein- bis zweistündige längere Betauung des nordexponierten Hanges in den Wintermonaten und somit einer längeren Aktivität der biologischen Kruste. Einen wesentlichen Einfluss haben die biologischen Krusten auf die Oberflächeneigenschaft der Sanddünen. Polysaccharide, die von den Bakterien ausgeschieden werden, verkleben die Sandkörner miteinander, so dass es möglich ist, die Sandoberfläche abzuheben. Die Kruste verhindert nicht nur die Erosion, sondern verändert auch die hydrologischen Eigenschaften [3, 5]. Normalerweise sickert das Regenwasser sehr schnell in den

Sand. Auf den Sandflächen mit biologischen Krusten ist dies nicht der Fall: Hier quellen die Polysaccharidscheiden der Cyanobakterien und anderes biologisches Material von 2,5–4 µm auf das Zehnfache der ursprünglichen Größe auf, so dass die größeren Poren der Oberfläche fast verschlossen werden. So ist nach intensiven Regenfällen ein Oberflächenabfluss entlang der Düne zu beobachten, der untypisch für Sanddünen ist. Die komplexen hydrologischen Prozesse in und auf der Düne bedingen neben der Sandstabilität eine mosaikartige Verteilung der Vegetation, wobei die höchste Dichte und Biomasse am Dünenfuß zu finden ist.

In den nährstoffarmen Wüsten ist auch die Stickstoffversorgung für das Wachstum der Pflanzen wichtig. Für die Negev wurde bisher angenommen, dass im Wesentlichen die trockene Staubdeposition zum Nährstoffeintrag beiträgt. Langjährige Messungen zeigten, dass die jährlichen atmosphärischen Einträge nur bei 0,5 bis 4 kg N liegen [6]. Dass die Stickstofffixierung der Cyanobakterien wesentlich zum N-Haushalt der Böden beiträgt, ließen die signifikant erhöhten Bodenstickstoffgehalte direkt unterhalb von Cyano-Bodenflechten bereits vermuten [3]. Aber erst neuere Abschätzungen der N-Eintragswege mit Hilfe des stabilen ¹⁵N-Isotops ergaben für das Untersuchungsgebiet, dass etwa 50 bis 80% des Bodenstickstoffs aus der biologischen Stickstofffixierung stammen. Diese Ergebnisse belegen die besondere Bedeutung der biologischen Kruste für die verschiedenen ökologischen Prozesse und die Entwicklung eines stabilen Wüstenökosystems. Experimentelle Untersuchungen zeigten, dass sich die biologische Kruste nach großflächiger Entfernung innerhalb von 3 bis 4 Jahren regeneriert. Kleinräumige Störungen werden sogar innerhalb weniger Tage bis Wochen wieder geschlossen, da nach Regenfällen Bakterien und Grünalgen hereinwandern. Vergleichbare Krusten sind auch auf den Sanddünen im Richtersveld in der nordwestlichen Kapprovinz Südafrikas und im nördlichen China verbreitet. Hier entwickelte sich eine bis zu 4 mm dicke Kruste auf den Dünen entlang der Bahnlinie Lanzhou nach Baotou, nachdem die Dünen

künstlich mit Strohmatte fixiert wurden. Auch hier erhöht die biologische Kruste die Oberflächenstabilität gegen Winderosion. Die gewonnenen Kenntnisse sind für die Fixierung von Sanddünen und die Restauration von gestörten Habitaten von großer praktischer Bedeutung.

- [1] H. Tsoar et al.: Reversed desertification on sand dunes along the Sinai/Negev border. In: V. P. Tchakerian (Hrsg.): *Desert Aeolian Processes*. Chapman & Hall, London 1995, S. 251–267. – [2] M. Veste et al.: The role of biological soil crusts on desert sand dunes of the north-western Negev (Israel). In: S.-W. Breckle et al. (Hrsg.): *Sustainable Land-Use in Deserts*. Springer-Verlag, Heidelberg, Berlin, New York 2001. S. 357–367. – [3] J. Belnap, O. L. Lange: Biological Soil Crusts: Structure, function and management. *Ecological Studies* 150. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 2001. – [4] M. Veste et al., *Flora* 196, 465 (2001). – [5] A. Yair: Soil crusts and water redistribution in Israel. In: J. Belnap, O. L. Lange (Hrsg.): *Biological soil crusts: structure, function and management*. *Ecological Studies* 150, Springer Verlag, Heidelberg, Berlin, New York 2001. S. 304–314. – [6] L. Littmann, *Journal of Arid Environments* 36: 433 (1997).

Dipl.-Biol. Maik Veste, Hamburg