

Tagungsbeitrag zu:
 Jahrestagung der DBG, Kom. III
 Titel der Tagung: Böden – eine endliche
 Ressource
 Veranstalter: DBG, September 2009, Bonn
 Berichte der DBG (nicht begutachtete
 online Publikation)

Bedeutung biologischer Bodenkrusten für Stoffflüsse in Böden eines semiariden Dünenökosystems der Negev in Israel entlang eines Niederschlagsgradienten

Drahorad, S.¹, Felix-Henningsen, P.¹

Einleitung

Biologische Bodenkrusten (BSC) sind hoch diverse Gemeinschaften aus Cyanobakterien, Flechten und Moosen, welche mit den Mineralbodenpartikeln assoziiert sind. BSC sind weltweit verbreitet und finden sich auf verschiedensten Böden (Belnap et al., 2003). Besonders in ariden und semiariden Gebieten haben BSC großen Einfluss auf die Stoffflüsse der Ökosysteme, u.a. durch Oberflächenstabilisierung (Campbell, 1979), Wasserumverteilung (Yair, 1990), Fixierung von Stickstoff (Billings et al., 2003) und Feinsubstanz (Verrechia et al., 1995). Bisherige Arbeiten zu den Eigenschaften und Funktionen von BSC beziehen sich auf Einzelstandorte. Untersuchungen der Fixierungs- und Akkumulationsleistung der BSC in Abhängigkeit von Exposition und Niederschlag fehlen.

In dieser Arbeit wurde die Verteilung von Stickstoff und Stäuben entlang dreier Dünentransekte untersucht und auf räumliche Muster überprüft, um den Einfluss des Reliefs zu charakterisieren. In einem zweiten Schritt wurde geprüft, welchen Einfluss die Niederschlagsmenge auf die Akkumulation und die Verteilung von Stickstoff und Kationen hat.

¹ Institut für Bodenkunde & Bodenerhaltung, Justus-Liebig- Universität, 35392 Gießen
 Sylvie.Drahorad@umwelt.uni-giessen.de

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt in der nordwestlichen Negev im Grenzgebiet zwischen Israel und Ägypten. Die ägyptischen Sinai-Sande werden durch diese geopolitische Grenze unterteilt. Auf der israelischen Seite erstrecken sich landeinwärts 15-25m hohe Lineardünen, welche durch ca. 100m weite Interdünentäler getrennt werden.

Entlang der Grenzstraße befinden sich drei Untersuchungsstandorte, die einen scharfen Niederschlagsgradienten nachzeichnen. Im Süden (mit 90 mm Jahresniederschlag) befindet sich das Gebiet „Nizzana Süd“ (30°56´N, 34°23´E), 12 km weiter nördlich mit 130 mm Jahresniederschlag das Gebiet „Nizzana 84“ und weitere 15 km nördlich das Gebiet „Nizzana 69“ mit 170 mm Jahresniederschlag. Dünen und Dünentäler sind weitestgehend durch biologische Bodenkrusten (BSC) bedeckt und somit stabilisiert. Zusammensetzung, Farbe und Stabilität der BSC variieren dabei in Abhängigkeit von Exposition und Niederschlag.

BSC stellen den direkten Übergangsbereich zwischen Atmosphäre und Pedosphäre dar. Die Fixierung von Stoffen erfolgt dabei an der Bodenoberfläche. Daher ist bei den untersuchten BSC eine Oberkruste (0-0,2cm) und eine Unterkruste (0,2 bis max. 5 cm) zu unterscheiden (Abb.1).

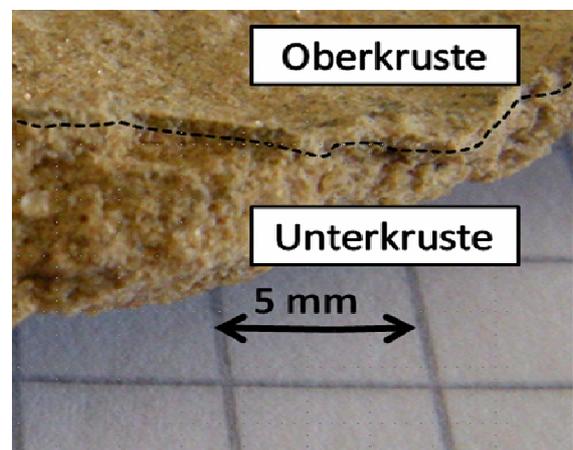


Abb.1: Vertikale Aufteilung einer Cyanobakterien-BSC in Oberkruste und Unterkruste

Probenahmedesign & Analyse

In jedem der drei Untersuchungsgebiete wurde je ein Transekt vom Dünenhang durch die Interdüne zum gegenüberliegenden Dünenhang gelegt. Es erfolgte eine Entnahme je am südexponierten Oberhang, Mittelhang und Unterhang, im Bereich der Interdüne und am nordexponierten Oberhang, Mittelhang und Unterhang. An jedem Entnahmepunkt wurden Oberkruste, Unterkruste und Oberboden (bis 10 cm) entnommen. Die Dicke der Oberkruste variierte an allen Entnahmestellen zwischen 0,2 – 0,4 cm. Die Unterkruste war zwischen 1 und 5 cm mächtig.

Alle Proben wurden auf ihren Gehalt an Kohlenstoff und Stickstoff mittels Verbrennung untersucht. Die Bestimmung der Konzentration von Nitrat, Ammonium und organischem Stickstoff sowie Calcium, Kalium, Magnesium und Natrium erfolgte im 1:5 Wasserextrakt.

Zum Vergleich der Gesamtanreicherungen in den einzelnen Untersuchungsgebieten wurden die ermittelten Konzentrationen unter Berücksichtigung der Krustenmächtigkeit und der Lagerungsdichte in Massen umgerechnet.

Ergebnisse

Es zeigen sich deutlich höhere Konzentrationen an wasserlöslichem Stickstoff an allen Reliefpositionen in der Oberkruste der trockeneren Gebiete „Nizzana Süd“ und „Nizzana 84“. Dabei zeigt sich ein deutlich erhöhter Anteil an

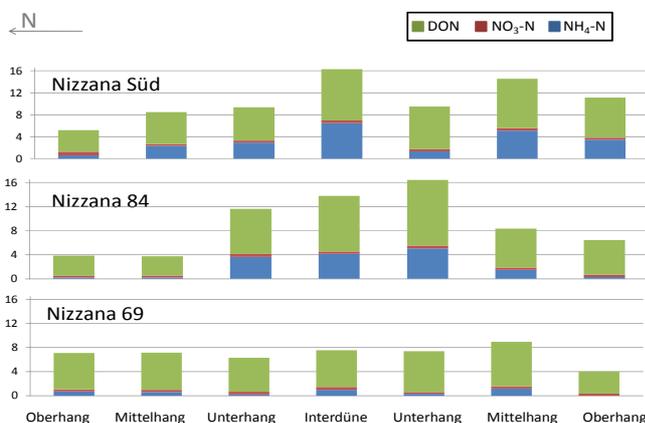


Abb.2: Konzentrationen (mg*kg⁻¹) an wasserlöslichen N-Fraktionen in der Oberkruste in Abhängigkeit vom Relief

Ammonium in diesen beiden Gebieten im Vergleich zu dem feuchteren Gebiet „Nizzana 69“ (Abb. 2). Im Bereich der Unterkruste finden sich in allen Gebieten nur sehr geringe Mengen Ammonium.

Es zeigen sich sehr hohe Konzentrationen an organischem Stickstoff (DON) in der Unterkruste in „Nizzana 69“, mit Maxima an durch Mooskrusten besiedelte Bereiche (Abb.3). Die Konzentrationen der Ober- und der Unterkruste weisen einen Zusammenhang zum Relief auf.

Ebenfalls zeigen die Totalgehalte von Stickstoff und Kohlenstoff in der Oberkruste an allen Standorten einen starken Zusammenhang zum Relief. Dies zeigt exemplarisch für das Gebiet „Nizzana 84“ Abbildung 4.

Neben den direkt im Bezug zur Aktivität der BSC stehenden Stickstoff- und Kohlenstoffgehalten, wurden zur Charakterisierung der Einträge durch Stäube die Kationen Calcium, Kalium, Magnesium und Natrium untersucht.

Alle untersuchten Kationen weisen deutlich höhere Konzentrationen in der Oberkruste als in der Unterkruste (Werte nicht gezeigt) auf. Dies gilt im Besonderen für Calcium mit bis zu 5-fach höheren Konzentrationen in der Oberkruste. Die Kationenkonzentrationen zeigen ebenfalls einen Einfluss des Reliefs auf die Verteilung, das Muster deckt sich mit dem der Stickstoffkonzentrationen (Abb.5).

Aufgrund der unterschiedlichen Mächtigkeit der BSC wurde für einen direkten Vergleich der einzelnen Standorte entlang des Niederschlagsgradienten die Krustendicke eingerechnet. Der Vergleich der wasserlöslichen Stickstofffraktionen zeigt, dass sich die fixierten Stickstoffmengen im Oberboden in den beiden trockeneren Gebieten „Nizzana Süd“ und „Nizzana 84“ nicht unterscheiden, es jedoch zu einem starken Anstieg im Gebiet „Nizzana 69“ kommt. Der Einfluss des Reliefs ist nur für einzelne Positionen deutlich zu erkennen (Abb.6). Die Verteilung der Kationen weist nun einen sehr deutlichen Bezug zum Relief auf, die Gesamtgehalte zeigen nur geringe Unterschiede zwischen den Gebieten (Abb. 7).

Diskussion

BSC akkumulieren reliefabhängig Stickstoff und Kohlenstoff. Dies zeigt sich im Besonderen in der Oberkruste. Hohe Konzentrationen deuten auf hohe biologische Aktivität hin und finden sich an den feuchteren nordexponierten Hängen und den Interdünen. Die Fixierung steht somit in einem positiven Zusammenhang mit der verfügbaren Bodenfeuchte.

Mit Zunahme des Niederschlags kommt es neben einer horizontalen Differenzierung auch zu einer vertikalen Verlagerung des Stickstoffs in die Unterkruste. Dies lässt sich an den einzelnen Standorten mit einer ausgeprägten Mooskruste erklären. Deren Rhizoide dringen deutlich tiefer als Cyanobakterien in den Boden ein, es kommt zu einer Anhäufung von organischer Substanz.

Dies zeigt sich auch in der Anreicherung im gesamten Oberboden bis 10 cm. An sehr feuchten Reliefpositionen und im nördlichsten Gebiet „Nizzana 69“ finden sich erhöhte Mengen an Stickstoff.

Die trockeneren Standorte zeigen im Bereich der Oberkruste hohe Konzentrationen an Ammonium. Dabei handelt es sich um Stoffwechselprodukte der Cyanobakterien, welche diese während der Austrocknung abscheiden.

Das räumliche Muster der Kationenverteilung zeigt im Bereich der Oberkruste keinen deutlichen Trend. Betrachtet man hingegen den Oberboden, zeigen sich gebietstypische Muster der Deposition, wie sie für „Nizzana Süd“ bereits von Littmann (1997) beschrieben wurden. Dies deutet darauf hin, dass die Deposition in diesen Gebieten deutlich stärker von der Topografie der Dünen (Sharon et al., 2002) beeinflusst ist als von der Akkumulation durch BSC.

Ein Zusammenhang zwischen BSC und Staubakkumulation ist anzunehmen, ist aber nicht deutlich zu erkennen.

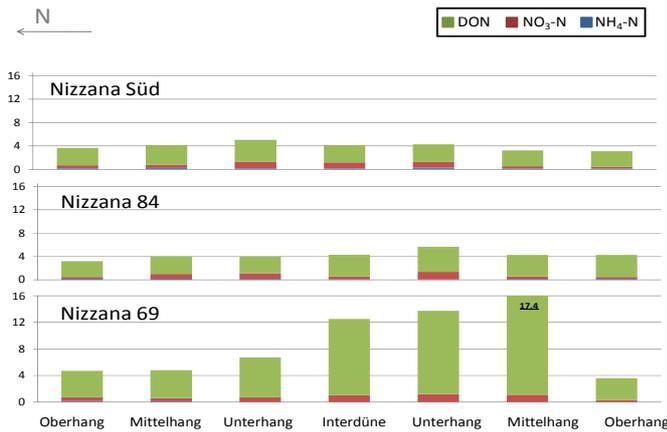


Abb.3: Konzentrationen ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) an wasserlöslichen N-Fractionen in der Unterkruste in Abhängigkeit vom Relief

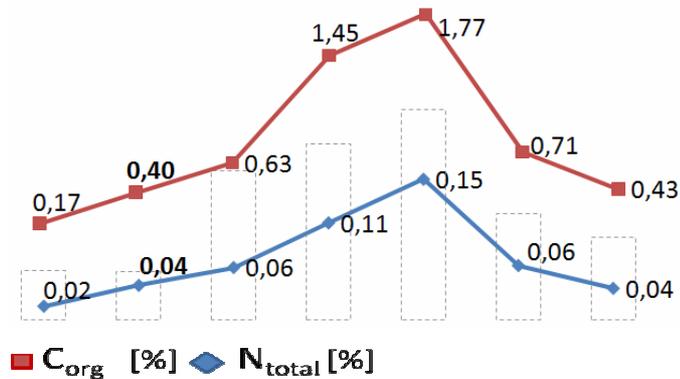


Abb.4: Gesamtgehalte an Kohlenstoff und Stickstoff (in %) in der Oberkruste „Nizzana 84“ in Abhängigkeit vom Relief (N_{total} stark überhöht dargestellt)

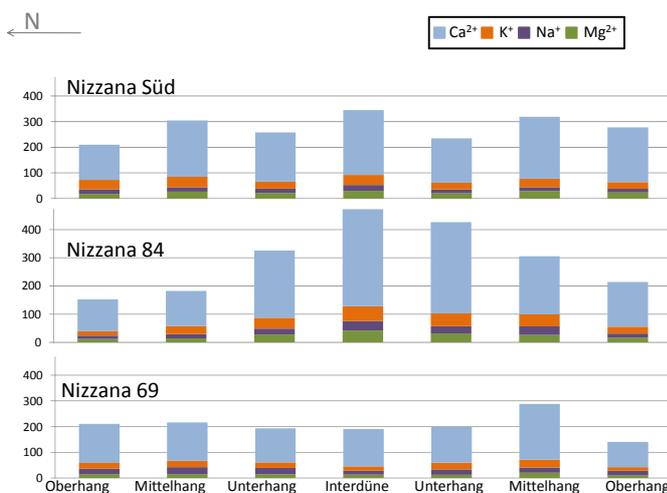


Abb.5: Konzentrationen ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) an wasserlöslichen Kationen in der Oberkruste in Abhängigkeit vom Relief

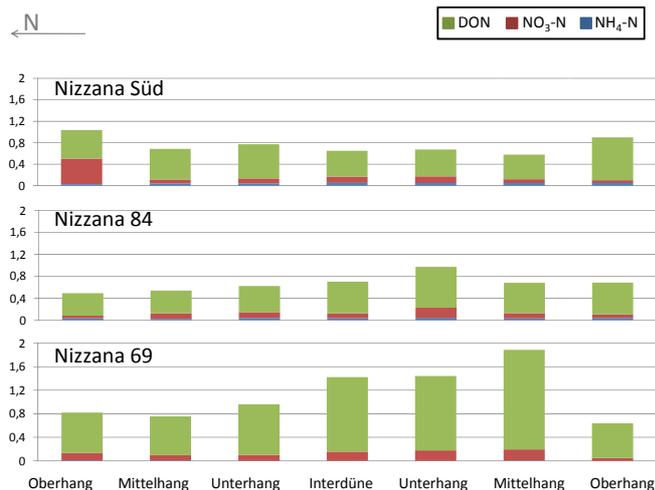


Abb.6: Massen (g*m² auf 10cm Bodentiefe) der wasserlöslichen N-Fractionen im Oberboden in Abhängigkeit von Relief und Niederschlag

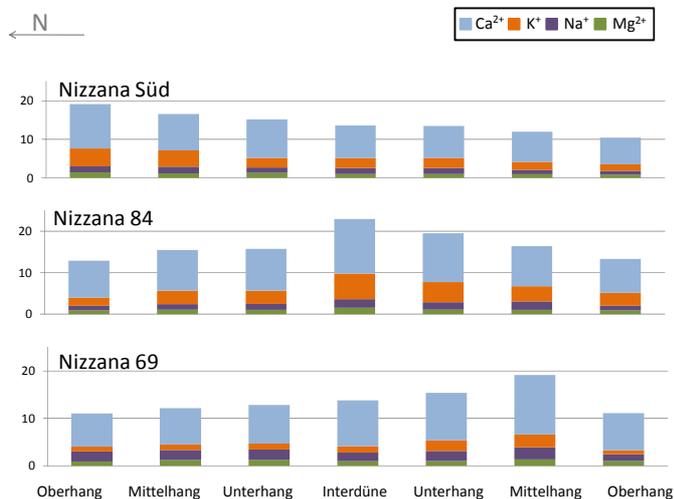


Abb.6: Massen (g*m² auf 10cm Bodentiefe) der wasserlöslichen Kationen im Oberboden in Abhängigkeit von Relief und Niederschlag

Schlussfolgerung:

BSC tragen in Abhängigkeit des Reliefs und somit der Bodenfeuchte zur Akkumulierung von C und N bei. Die Akkumulation von Kationen aus Stäuben hängt in erster Linie von der Dünentopografie ab.

Zusammenfassung:

Biologische Bodenkrusten bedecken und stabilisieren die Lineardünen der Negev in Israel. Sie tragen zu den Stoffflüssen des Ökosystems bei. Eine Untersuchung der Akkumulation von Stickstoff und Nährstoffen in Abhängigkeit von Relief und Niederschlag fehlte bisher. Im Rahmen der Untersuchung

von 1:5 Wasserextrakten, zeigt sich ein starker Zusammenhang zwischen N-Fixierung und Relief aufgrund der reliefbedingten Feuchteunterschiede. Der beobachtete Zusammenhang zwischen Relief und Kationendeposition resultiert hingegen aus der Dünentopografie. Zunehmender Niederschlag führt somit zu einer Zunahme der N-Fixierung nicht aber zu einer erhöhten Kationenanreicherung.

Schlüsselworte: Biologische Bodenkrusten (BSC), Niederschlagsgradient, Stickstofffixierung, Deposition

Literatur

Belnap, J., Büdel, B., Lange, O.L. (2003) Biological Soil Crusts: Characteristics and Distribution. In: Belnap, J., Lange, O.L. (Eds.) Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management. Ecological Studies 150, 3-30, Springer Verlag

Billings, S.A., Schaeffer, S.M., Evans, R.D. (2003) Nitrogen fixation by biological soil crusts and heterotrophic bacteria in an intact Mojave Desert ecosystem with elevated CO₂ and added soil carbon. Soil Boil Biochem 35, 643-649.

Campbell, S.E. (1979) Soil stabilization by a prokaryotic desert crust: implications for Precambrian land biota. Origins of Life 9, 335-348.

Littmann, T. (1997) Atmospheric input of dust and nitrogen into the Nizzana sand dune ecosystem, Northwestern Negev, Israel. J Arid Environ 36, 433-457.

Verrechia, E., Yair, A., Gidron, G.J., Verrechia, K. (1995) Physical properties of the psammophile cryptogamic crust and their consequences to the water regime of sandy soils, north-western Negev Desert, Israel. J Arid Environ 29, 427-437.

Yair, A. (1990) Runoff generation in a sandy area – the Nizzana sands, Western Negev, Israel. Earth Surface Process Landforms 15, 597-609.