

Tagungsbeitrag zu:
Sitzung der Kommission II/5 der DBG
Jahrestagung:
03.-09. September 2011 in Berlin
Mitteilungen der DBG (nicht
begutachtete Publikation)
<http://www.dbges.de>

Einfluss von Cd-, Cu- und Zn-Kontaminationen auf die mikrobielle Population und Respiration in bewässerten Kastanozems in SE-Georgien

Kaplan, H.¹, Ratering, S.², Hanauer, T.¹, Felix-Henningsen, P.¹, Schnell, S.²

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich etwa 80 km südlich der Hauptstadt Tiflis im Mashavera-Tal in Südost-Georgien (Abb. 1). Die Region ist durch ein kontinentales Klima geprägt, der durchschnittliche Jahresniederschlag liegt bei 504 mm bei einer Jahresdurchschnittstemperatur von 12,2 °C. Die geographische Lage des Gebietes, sowie das zonale Klima bedingen Variationen von Kastanozems und Chernozems als Leitbodentypen, mit neutraler bis schwach alkalischer Bodenreaktion und hohen Gehalten an organischer Substanz und Ton. Der Fluss Mashavera ist das Hauptfließgewässer der Region (Felix-Henningsen et al., 2007).

Problemstellung

Aufgrund semiarider Klimabedingungen werden die intensiv landwirtschaftlich

¹ Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung,
Justus-Liebig-Universität
35392 Gießen

² Institut für Angewandte Mikrobiologie,
Justus-Liebig-Universität
35392 Gießen

genutzten Böden mit Wasser aus dem Mashavera bewässert. Die Bewässerung erfolgt über ein Kanalsystem in Form von Schwerkraft- oder Furchenbewässerung. Der Fluss ist stark mit spurenmethallhaltigen (Cd, Cu und Zn) Schwebstoffen belastet, die aus Erosionsprozessen von Abraumhalden und Abwassereinleitungen der Flotationsanlagen einer Buntmetallmine stammen. Hierdurch werden die bewässerten Böden im Mashavera-Tal großflächig mit Cd, Cu und Zn belastet (Narimandize et al., 2005). Im Rahmen der Untersuchungen wurden die Auswirkungen der Spurenmethallbelastung auf die Lebensraumfunktion der Böden geprüft.

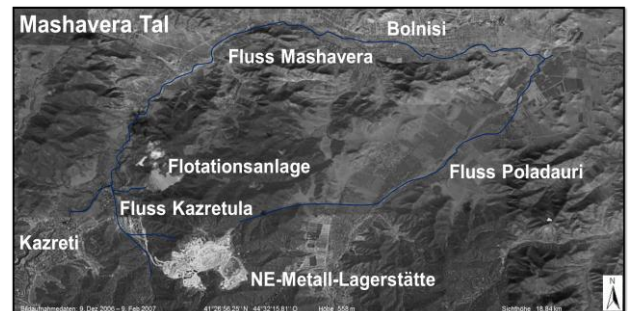


Abb. 1: Das Untersuchungsgebiet Mashavera-Tal in SE-Georgien (veränd. Google Earth, Bildaufnahmedaten 09.12.06-09.02.07)

Material und Methoden

An 51 Oberbodenmischproben (0 - 20 cm) erfolgte die Bestimmung der für die mikrobielle Aktivität relevanten Bodenparameter, wie pH-Wert, CaCO₃-Gehalt, organischer Kohlenstoff (C_{org}) und Textur, sowie die Spurenmethallgehalte (Königswasser (KW)-, EDTA- und NH₄NO₃-Extraktion). Die mikrobielle Basalrespiration (BR) und substratinduzierte Respiration (SIR) wurden mittels Infrarot-Gasanalyse bestimmt, wobei die CO₂-Freisetzung gemessen wurde. Zur Ermittlung der bakteriellen Populationsstruktur wurden 24 Proben mittels PCR-SSCP (Polymerase Chain Reaction-Single Strand Conformation Polymorphism) analysiert. Zur statistischen Auswertung

der erhobenen Daten erfolgten eine Cluster- und eine nachgeschaltete Diskriminanzanalyse.

Ergebnisse

Die Cd-Gesamtgehalte (KW-Extrakt) liegen zwischen $0,23 \text{ mg kg}^{-1}$ und $6,34 \text{ mg kg}^{-1}$. Der Vorsorgewert von $1,5 \text{ mg kg}^{-1}$ für tonige Böden nach Bundes Bodenschutzverordnung (1999) wird bei 35 % der Bodenproben überschritten. Die Cu-Gesamtgehalte haben eine Spannweite von 41 bis 1.275 mg kg^{-1} . Hier wird der Vorsorgewert von 60 mg kg^{-1} für Cu bei 92 % der Bodenproben überschritten. Die Zn-Gesamtgehalte liegen zwischen $96,7 \text{ mg kg}^{-1}$ und 1.037 mg kg^{-1} . Der Vorsorgewert für Zn für tonige Böden liegt bei 200 mg kg^{-1} und wird bei 76 % der Proben überschritten. Die ermittelten Messwerte der BR reichen von $5,09 \text{ } \mu\text{g g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ bis $170 \text{ } \mu\text{g g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ und für die SIR von $47,5$ bis $531 \text{ } \mu\text{g g}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Zwischen der BR und den mobilen Spuremetallgehalten besteht ein schwacher, aber signifikanter Zusammenhang. Die SIR dagegen weist eine starke und hoch signifikante Korrelation zu den Spuremetallgesamtgehalten, sowie zu den mobilen Fraktionen auf.

Durch die Clusteranalyse wurden die Proben in drei Cluster eingeteilt (C1: $n = 8$, C2: $n = 24$, C3: $n = 17$). Innerhalb der Cluster sind die Proben mit ihren Eigenschaften weitestgehend homogen, wohingegen zwischen den Clustern Unterschiede herrschen. Die Diskriminanzanalyse ergab, dass sich die Cluster signifikant voneinander unterscheiden, und dass die Einteilung der Cluster am Stärksten durch die Parameter Cu (KW-Extraktion), SIR und C_{org} beeinflusst wird.

Cluster 1 weist einen sehr hohen Cu-Gehalt auf (Abb. 2 a), dazu aber eine geringe SIR und geringe C_{org} -Gehalte (Abb. 2 b und c). In den Clustern 2 und 3 sind die Cu-Gehalte

geringer und die SIR, sowie die C_{org} -Gehalte höher als im Cluster 1 (Tab. 1).

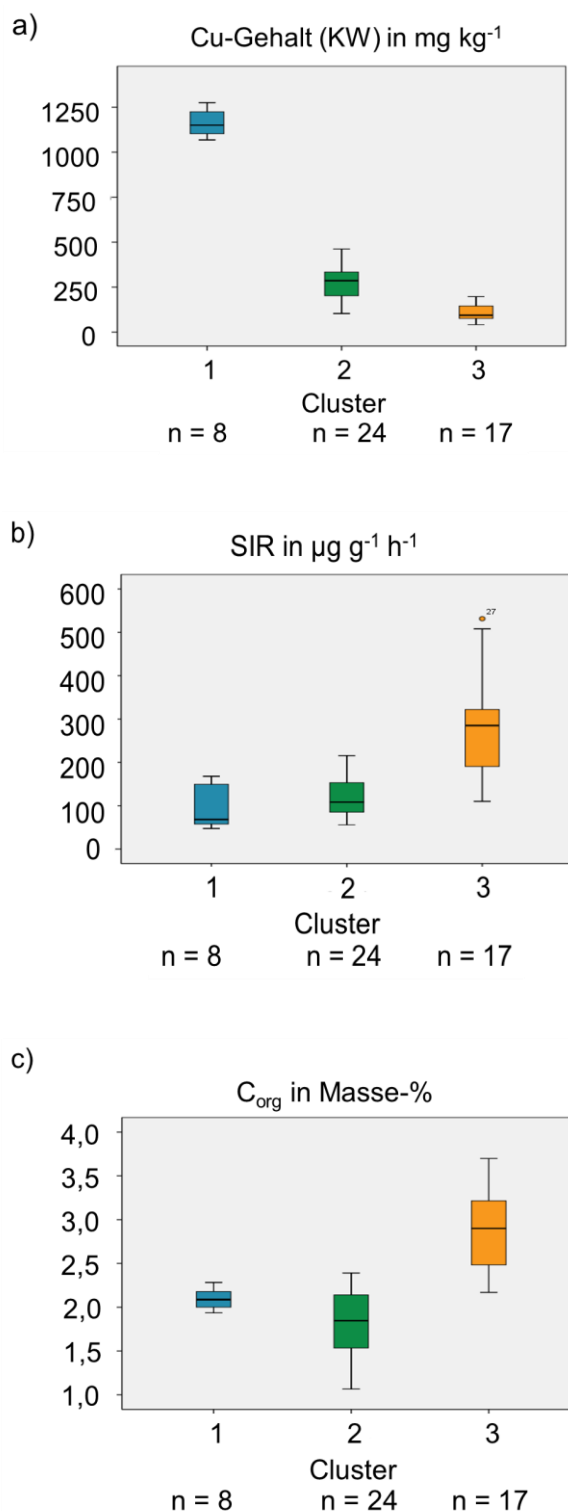


Abb. 2: Die Boxplots zeigen a) Cu-Gehalt nach Königswasserextraktion, b) substratinduzierter Respiration und c) Gehalt an organischem Kohlenstoff der drei Cluster.

Tab. 1: Ergebnisse der Clusteranalyse für die Spurenmetallgehalte (Cd, Cu, Zn) der Königswasserextraktion, der Respirationsraten (Basalrespiration, substratinduzierte Respiration) und Gehalt an organischem Kohlenstoff.

Variable	Mittelwerte		
	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Cu	1162 mg kg ⁻¹	272 mg kg ⁻¹	106 mg kg ⁻¹
Zn	949 mg kg ⁻¹	319 mg kg ⁻¹	219 mg kg ⁻¹
Cd	5,71 mg kg ⁻¹	1,34 mg kg ⁻¹	0,55 mg kg ⁻¹
BR	27,4 µg g ⁻¹ h ⁻¹	74,7 µg g ⁻¹ h ⁻¹	68,3 µg g ⁻¹ h ⁻¹
SIR	95,9 µg g ⁻¹ h ⁻¹	119 µg g ⁻¹ h ⁻¹	284 µg g ⁻¹ h ⁻¹
C _{org}	2,09 %	1,83 %	2,83 %

Aus dem SSCP-Gel in Abbildung 3 geht hervor, dass in den stark belasteten Proben 9 bis 16 die bakterielle Diversität, sowie die Abundanz, geringer ist, als in den schwächer belasteten Proben 1 bis 7. Die belasteten Bodenproben 17 bis 20 zeigen ein ähnliches Bild wie die stark belasteten Proben. Die Diversität ist vielfältiger, aber die Abundanz ähnlich niedrig. Die Kontrollproben 21 bis 24 zeigen ebenfalls eine geringere Diversität und Abundanz, als die ersten Proben 1 bis 8, die wesentlich höhere Spurenmetallgehalte aufweisen.

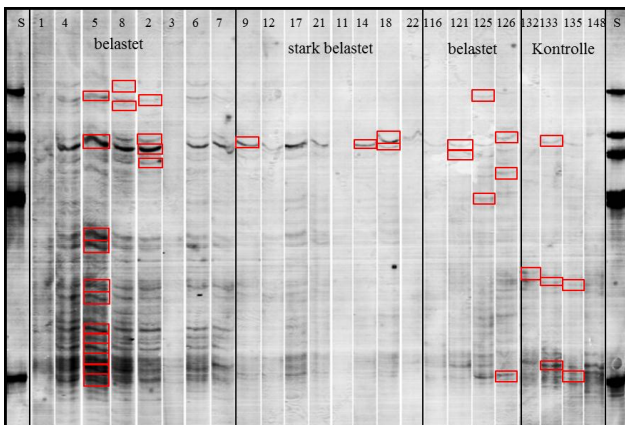


Abb. 3: SSCP-Gel mit markierten DNA-Banden für die nachfolgende Klonierung

Schlussfolgerung

Für die Böden des Mashavera-Tals zeigte sich eine deutliche Abhängigkeit der mobilen Spurenmetallkonzentrationen von den Gesamtgehalten. Für alle drei untersuchten Elemente, Cd, Cu und Zn, nahmen

mit steigendem Gesamtgehalt auch die mobilen Spurenmetallgehalte zu. Diese machten, bezogen auf die Gesamtgehalte, bei allen drei Elementen in den Oberböden einen Anteil von unter 1 % aus. Die trotz sehr hoher Gesamtgehalte relativ geringen mobilen Anteile, lassen sich auf die neutrale bis schwach alkalische Bodenreaktion (pH-Wert 6,8 - 7,9) zurückführen (Andersen et al., 2002). Die negative Auswirkung auf die mikrobielle Atmungsaktivität ist bei der Mehrheit der Böden noch nicht gravierend, da die Bodeneigenschaften eine geringe mobile Spurenmetallfraktion begünstigen. Hierbei muss aber berücksichtigt werden, dass eine rasche Verschlechterung der Situation nicht ausgeschlossen werden kann, da eine Veränderung der bakteriellen Populationsstruktur bei den gegebenen mobilen Spurenmetallgehalten schon eingetreten ist.

Schlüsselworte: Kastanozem, mikrobielle Respiration, bakterielle Population, Spurenmetalle, SSCP

Literatur

ANDERSEN, M. K., REFSGAARD, A., RAULUND-RASMUSSEN, K., STROBEL, B.W., HANSEN H.C.B. (2002): Content, distribution and solubility of Cadmium in arable and forest soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, p. 1829 – 1835.

BUNDES BODENSCHUTZ UND ALTLASTENVERORDNUNG (1999): 12. Juli 1999 Bundesgesetzblatt, Bundesanzeigerverlagsgesellschaft mbH, Köln.

FELIX-HENNINGSEN, P., URUSHADZE, T., NARIMANDIZE, E., WICHMANN, L., STEFFENS, D., and KALANDAZE, B. (2007): Heavy metal pollution of soils and

food due to mining wastes in an irrigation district south of Tbilisi, eastern Georgia. – Annals of Agrarian Science Vol. 5, No. 3, p. 11 – 27.

NARIMANDIZE, E., WICHMANN, L., FELIX-HENNINGSSEN, P., STEFFENS, D., SCHUBERT, S., URUSHADZE, T., MISHVELDAZE, B., KALANDAZE, B. (2005): Bergbaubedingte Schwermetallbelastungen von Böden und Nutzpflanzen in einem Bewässerungsgebiet südlich von Tiflis/Georgien - Ausmaß und ökologische Bedeutung. Abschlußbericht für den Projektzeitraum 2000 – 2003. Zentrum für internationale Entwicklungs- und Umweltforschung der Justus-Liebig-Universität Gießen.