

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG, Kommission VI. Titel der Tagung: Böden – Lebensgrundlage und Verantwortung. Veranstalter: DBG. Termin und Ort der Tagung: 7.-12. September 2013, Rostock. Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation). <http://www.dbges.de>

### **Bodenperforation (Lochstanzen) als Maßnahme zur Behandlung von Fahrspurverdichtungen im Wald**

Fründ HC<sup>1</sup>, Averdiek A<sup>1</sup>, Müller-Inkmann M<sup>1</sup>, Hemker O<sup>1</sup>

#### **Zusammenfassung**

Im Rahmen des RÜWOLA-Teilprojekts 5 „Entwicklung von Verfahren zur Steigerung des Regenerationspotenzials der Böden von Rückegassen“ wird als Maßnahme zur Behandlung von Fahrspurverdichtungen im Wald die Methode der Bodenperforation getestet. Hierzu werden Hohlzinken (Hohlspoons) senkrecht in den Boden gestochen, so dass ein Bodenpfropfen am oberen Ende des Spoons ausgeworfen werden kann. Im Feldversuch und im Labormaßstab sind Versuchsflächen mit ca. 20 cm tiefen Löchern mit einem Durchmesser bis zu 26 mm und einer Lochdichte bis zu 30 m<sup>-2</sup> angelegt. Hauptziel beim Lochstanzen ist die Regulierung der Bodenfeuchte, welche eine nötige Befahrung gewährleisten und gleichzeitig die natürliche Regeneration anstoßen soll. Es werden a) Wechselwirkungen zwischen Bodenfeuchtedynamik, Durchlüftung und Tragfähigkeit des Bodens bewertet und b) die spontane Etablierung von Helferorganismen und die von ihnen ausgehende Durchporung des Bodens dokumentiert. Sollte der Versuch Erfolg versprechende Ergebnisse zeigen, ergäbe sich eine neue Möglichkeit, sowohl die Nutzungsfunktion wie auch die natürliche Bodenfunktion verdichteter Fahrspurbereiche zu regenerieren.

#### **Schlüsselworte**

RÜWOLA, Bodenverdichtung, Waldboden, Bodenregeneration, Rückegasse

#### **Einleitung**

Das Befahren von Waldböden bewirkt Bodenschäden, die die Standortqualität nachhaltig beeinträchtigen können. Dies führte seitens der Forstbetriebe zur Einrichtung dauerhafter Befahrungslinien („Rückegassen“) bei gleichzeitigem Ausschluss des Befahrens der übrigen Fläche. Bei diesen Gassen wird gegenwärtig eine Einschränkung von Bodenfunktionen toleriert.

Rückegassen sollen in der Regel mit 20 m Abstand angelegt werden und eine Breite von 4 m haben. Damit machen sie bis zu 20% der Waldfläche bzw. 2-4% der Landesfläche Niedersachsens aus. Ob dieser Flächenanteil unter dem Aspekt des Bodenschutzes als bedenklich einzustufen ist, hängt stark von der Dauerhaftigkeit der Bodenstörung ab. Der Forschungsschwerpunkt RÜWOLA („Rückegassen als Feinerschließungssysteme im Wald – Optimierung durch natürliche Regeneration und technische Maßnahmen unter Berücksichtigung der Belange von Naturschutz und Landschaftsplanung“) an zwei niedersächsischen Fachhochschulen hat zum Ziel, die Funktionsfähigkeit des Bodens im Rückegassensystem zu fördern ([www.hs-osnabrueck.de/ruewola.html](http://www.hs-osnabrueck.de/ruewola.html)).

Im Teilprojekt 5 wird als Maßnahme zur Behandlung von Fahrspurverdichtungen im Wald die Methode der Bodenperforation getestet. Bei der Bodenperforation werden Löcher in den Boden gestanzt. Abb. 1 zeigt, welche bodenökologischen Wirkungen von vertikalen Stanzlöchern erwartet werden. Zur Überprüfung der Hypothesen wurden Labor- und Feldversuche angelegt. Hier wird der auf fünf bis zehn Jahre Beobachtungszeit ausgelegte Feldversuch im Solling vorgestellt.

<sup>1</sup> Hochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Postfach 1940, 49009 Osnabrück [hc.fruend@hs-osnabrueck.de](mailto:hc.fruend@hs-osnabrueck.de)

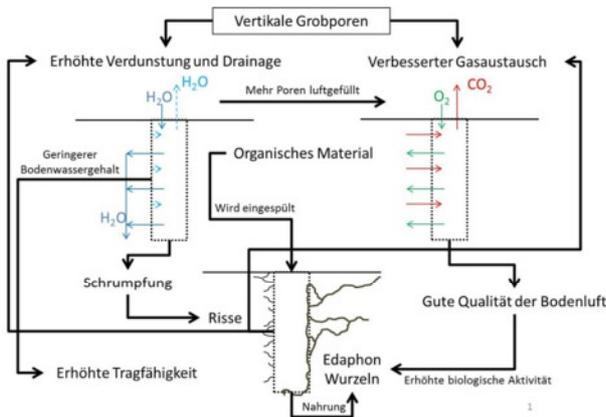


Abbildung 1 Hypothetisches Schema der Wirkung gestanzter Löcher im Boden einer Fahrspur

### Versuchsstandort und Versuchsanlage

Der Versuch wurde im Solling (Forstamtsbezirk Dassel) im Rahmen der ersten Feinerschließung einer Buchendickung angelegt. Der Boden ist eine Braunerde aus 30...60 cm mächtigem, saurem Lößlehm auf Buntsandstein. Die Gassen wurden in zwei Überfahrten mit einem Harvester Logset F5 (13 t Leergewicht) angelegt. Das Holz wurde mit einem Forwarder Ponsse Buffalo gerückt (18 t Leergewicht, 4 Achsen, 700 mm Reifenbreite, 4 bar Reifendruck, Ackerprofil). In einigen Gassen kam alternativ der zum Forwarder umgebaute Logset F5 zum Einsatz. Die Befahrung wurde bewusst bei feuchtem Boden im Zeitraum Januar bis April 2013 durchgeführt, um regenerationsbedürftige Fahrspuren des Typs 2 nach WSL-Bewertung zu erhalten (Lüscher et al. 2010).

Im April 2013 wurden auf 19 Rückegassen die in Tab. 1 aufgeführten Maßnahmen

Tabelle 1 Versuchsvarianten

Nr.	Code	Maßnahme
V1	S50	Löcher alle 50 cm (Abb.2)
V2	S20	Löcher alle 20 cm (Abb.2)
V3	K	Kalk gestreut (kohlen-saurer Kalk, 12 t/ha)
V4	S50K	wie S50, danach flächig K
V5	S50Kd	wie S50, Löcher verfüllt mit Branntkalk
V6	S20K	wie S20, danach flächig K
V7	S50P	wie S50, danach Aussaat Schattenrasen+ Waldkräuter
V8	S50KP	wie S50P, danach K
V9	R	keine Maßnahme (3 Gassen)

realisiert. Löcher (26 mm Durchmesser, 20 cm Tiefe) wurden mit einem umgebauten

Handgerät für das Aerifizieren von Rasenflächen gestanz ([www.rasenspecht.de](http://www.rasenspecht.de)). Jede Maßnahme wurde in zwei Rückegassen auf jeweils 50 Meter Länge angelegt. Abbildung 2 zeigt die Verteilung der gestanzten Löcher für die beiden Lochabstände 50 cm und 20 cm.

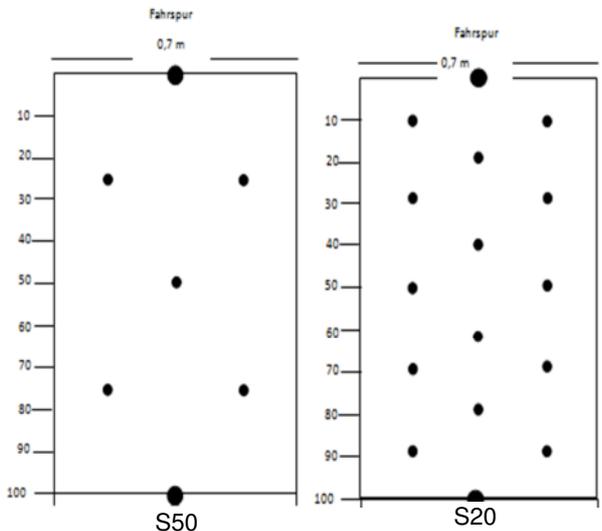


Abbildung 2 Anordnung der Stanzlöcher bei Lochabstand 50 cm (li) und 20 cm (re) in einem Fahrspurabschnitt von 1 m

### Untersuchungsprogramm

Jede Rückegasse wurde hinsichtlich der Fahrspurtiefe, des Auftretens von Aufwahrungen sowie der Häufigkeit von Baumstöcken beschrieben.

Bei der Positionierung von Messpunkten und Beobachtungsflächen werden die Teilbereiche Fahrspur und Mittelstreifen getrennt betrachtet. Dazu kommen Messungen im unbefahrenen Bestand (ca. 5 m abseits der Gasse).

In 5-10 cm Tiefe werden die Parameter Bodenfeuchte (als Wasserspannung mit Gipsblock-Sensoren) und CO<sub>2</sub>-Gehalt der Bodenluft (mit im Boden installierten NDIR-Sensoren) kontinuierlich erfasst. pH (in CaCl<sub>2</sub>) und C<sub>org</sub> werden einmal jährlich aus 0-5 cm, 10-20 cm und 30-40 cm Tiefe gemessen. Zur Abschätzung der Redoxverhältnisse im Boden werden 30 cm lange Eisenstäbe in den Boden geschlagen und der Verrostungsgrad nach vier bis sechs Wochen Verweilzeit visuell klassifiziert (Aust et al. 1995). In jeder Rückegasse wurden 4 Stäbe in der Fahrspur und 4 Stäbe im Mittelstreifen eingebracht. Dazu zwei bis vier Stäbe im unbefahrenen Bestand neben der Gasse (insgesamt 47 Stäbe im

Bestand).

Mehrmals jährlich erfolgt eine visuelle Bonitierung der Vegetationsentwicklung sowie der Bodenoberfläche auf Spuren biologischer Aktivität und auf das Auftreten von Schrumpfungsrissen.

### Erste Ergebnisse

Abb. 3 zeigt die Entwicklung der Wasserspannung im Zeitraum Mai bis Juli.

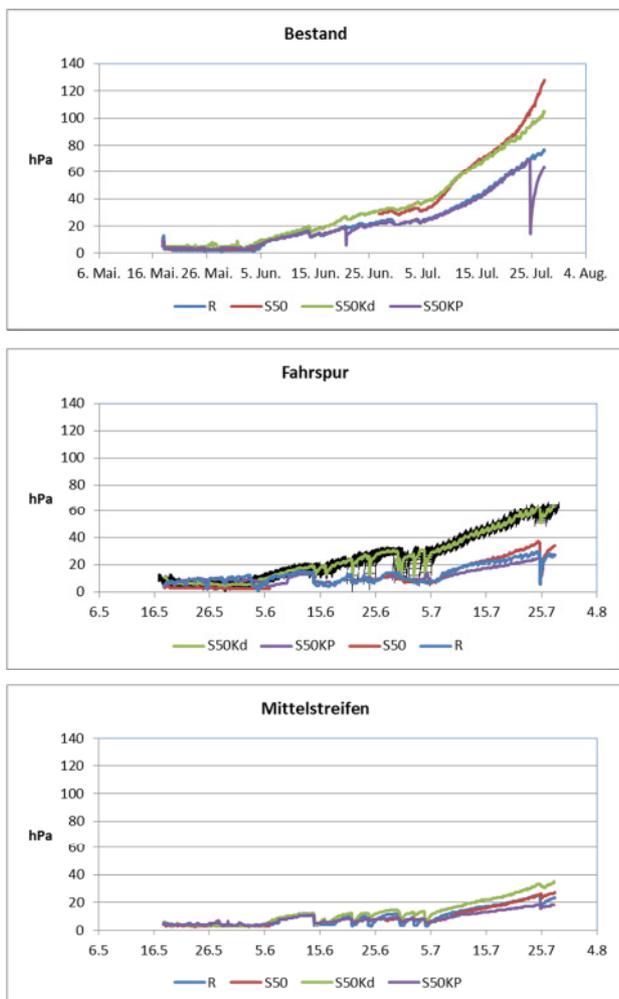


Abbildung 3 Wasserspannung in 5-10 cm Bodentiefe in und neben vier unterschiedlich behandelten Rückgassen (R=keine Maßnahme, S50=Löcher alle 50 cm, S50Kd=Löcher verfüllt mit Branntkalk, S50KP=Ansaat und Kalkung nach Lochstanzen). Bei Fahrspur und Mittelstreifen jeweils Mittelwerte von drei Sensoren. Standardabweichung nur bei Fahrspur S50Kd exemplarisch angegeben.

Die Wasserspannung im Boden steigt ab Anfang Juni an. Einzelne Niederschlagsereignisse sind am schlagartigen Absinken der Wasserspannung erkennbar. Im unbefahrenen Bestand steigt die Wasserspannung bis -128 hPa. In der Versuchsvariante S50Kd wird -65 hPa Wasserspannung erreicht. In den Mittelstreifen und den Fahrspuren der anderen drei Versuchsvarianten wird der Boden nur wenig entwäs-

sert, -40 hPa Wasserspannung wird nicht erreicht.

Abbildung 4 zeigt die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Bodenluft (5-7 cm Tiefe) im Frühjahr/Sommer 2013.

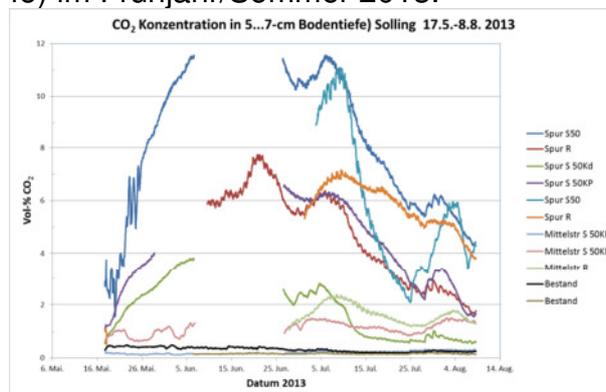


Abbildung 4 CO<sub>2</sub>-Konzentration der Bodenluft in Fahrspuren und Mittelstreifen verschieden behandelter Rückgassen sowie im unbefahrenen Bestand

Dargestellt sind die Verlaufskurven in zwei Gassen S50, zwei Gassen R (ohne Maßnahme), jeweils einer Gasse S50Kd und S50KP sowie an zwei Stellen im unbefahrenen Bestand installiert. Lücken in den Kurven erklären sich durch technische Ausfälle.

Bestand, Mittelspur und Fahrspur unterscheiden sich deutlich im Niveau der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Bodenluft. Im Bestand bleibt die Konzentration über den ganzen Zeitraum deutlich unter 1% CO<sub>2</sub>. In den Fahrspuren steigt die CO<sub>2</sub>-Konzentration von Mitte Mai bis in die zweite Junihälfte stark an mit Spitzenwerten nahe 12% CO<sub>2</sub> im nur perforierten Boden (S50). Die Mittelstreifen und die Fahrspur der Variante S50Kd (Stanzen+Branntkalk) liegen mit Werten um 1%...5% CO<sub>2</sub> zwischen diesen Extremen.

Die vom 16.05 bis 26.06.2013 im Boden exponierten Eisenstäbe zeigten deutliche Unterschiede im Ausmaß der Rostbildung (Tab 2). In den obersten 0-3 cm hatte sich an fast allen Stäben Rost gebildet. Unterhalb 3 cm war die Rostbildung in der Fahrspur deutlich geringer als in der Mittelspur und in der Mittelspur geringer als im Bestand. Im Tiefenbereich 6-12 cm wurde in der Reihenfolge Bestand - Mittelstreifen - Fahrspur jeweils ungefähr eine Verdoppelung der nicht verrosteten Abschnitte auf den Eisenstäben beobachtet. Eisenstäbe aus der Fahrspur zeigten ab 12 cm ein Maximum von ca. 85% nicht verrosteter

Abschnitte. In den Eisenstäben aus dem Mittelstreifen stieg der Anteil nicht verrosteter Bereiche bis in die Tiefe 24-27 cm an und unterschied sich dort mit 64% nicht mehr sehr von dem der Stäbe aus dem unbefahrenen Bestand mit 50%.

**Tabelle 2 Häufigkeit nicht verrosteter Abschnitte an Eisenstäben, die vom 16.05.-26.06.2013 im Boden exponiert waren. n=47 für Bestand, n=73 für Mittelstreifen und Spur**

Tiefe	Bestand	Mitte	Spur
0-3 cm	0%	4%	4%
3-6 cm	4%	15%	39%
6-9 cm	15%	32%	72%
9-12 cm	28%	43%	86%
12-15 cm	20%	46%	85%
15-18 cm	26%	51%	86%
18-21 cm	32%	53%	83%
21-24 cm	29%	60%	80%
24-27 cm	50%	64%	87%

Bei den Eisenstäben aus der Fahrspur waren die Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten in den beiden Tiefensegmenten 3-6 cm und 6-9 cm am stärksten (nicht dargestellt). Relativ wenig Rostbildung wurde bei den Versuchsvarianten S50 und S20 beobachtet (3 bzw. 2 von 8 Stäben) etwas stärkere Rostbildung bei den Varianten S50K und S50Kd (5 von 8 Stäben).

### Diskussion

Die gewählten Methoden der Bodenzustandsüberwachung liefern plausible Ergebnisse und scheinen für eine arbeitssparende längerfristige Beobachtung grundsätzlich geeignet. Die Installation von CO<sub>2</sub>- und Bodenfeuchtesensoren wurde deshalb inzwischen auf alle Rückegassen des Versuchs ausgeweitet.

Die Abschätzung der Redoxverhältnisse im Boden mit Hilfe von Eisenstäben brachte Ergebnisse, die gut mit den CO<sub>2</sub>-Messwerten der Bodenluft übereinstimmen: Zunehmende Beeinträchtigung der Bodenbelüftung in der Reihenfolge Mittelstreifen < Fahrspur.

Die Entwicklung der Boden-Wasserspannung im Jahresverlauf zeigte dagegen ein anderes Muster der Beeinträchtigung: Intensiver Wasserentzug im Bestand, geringe Austrocknung des Bodens in der

Rückegasse ohne nennenswerte Unterschiede zwischen Fahrspur und Mittelstreifen. Zur Deutung dieses Phänomens ist zu bedenken, dass der Wasserentzug aus dem Boden vor allem durch die Transpiration der Bäume geschieht. Offensichtlich sind die Baumwurzeln auch im nicht befahrenen Mittelstreifen der Rückegasse derart geschädigt, dass sie an der Transpiration nicht mehr teilnehmen können. Zu einem ähnlichen Schluss kommen Kohn et al. (2013) aufgrund von Messungen der sauren Phosphataseaktivität an einer unechten Rückegassen-Zeitreihe im Kalkbuchenwald.

Die Maßnahme Bodenperforation hat im ersten Beobachtungsjahr nicht zu einer beschleunigten Abtrocknung des Bodens geführt und auch die Bodenbelüftung nicht verbessert. Es bleibt aber abzuwarten, ob sich eine biologische Aktivierung des Bodens einstellt, insbesondere dort, wo Bodenperforation mit Kalkung und Ansaat kombiniert wurde.

### Danksagung

Wir danken den Niedersächsischen Landesforsten für die Unterstützung. Die Arbeit wurde gefördert durch das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur (Landesmittel des Niedersächsischen Vorab).

### Literatur

- Aust WM, Tippelt MD, Burger JA, McKee WH, 1995, Compaction and Rutting During Harvesting Affect Better Drained Soils More Than Poorly Drained Soils on Wet Pine Flats, Southern Journal of Applied Forestry, 19: 72–77
- Kohn C, Gaertig T, Fründ HC, 2013, CO<sub>2</sub>-Konzentration der Bodenluft und Phosphatase-Aktivität als Indikatoren der natürlichen Regeneration auf Rückegassen im Kalkbuchenwald, In: Jahrestagung 2013: Böden – Lebensgrundlage und Verantwortung, 7.-12.09.2013, Rostock., Berichte der DBG, <http://eprints.dbges.de/879/>
- Lüscher P, Frutig F, Sciacca S, Spjevak S, Thees O, 2010, Physikalischer Bodenschutz im Wald. Bodenschutz beim Einsatz von Forstmaschinen, Merkblatt für die Praxis ISSN 1422-2876 Nr. 45, Birmensdorf, Schweiz