

Tagungsbeitrag zu: Kommission VI/2  
 Tagung: Jahrestagung 2013  
 Veranstalter: DBG  
 Termin und Ort der Tagung:  
 07. - 12.09.2013, Rostock  
 Berichte der DBG (nicht begutachtete  
 online Publikation) <http://www.dbges.de>

Haas, J.<sup>1</sup>; Aldrian, A.<sup>1</sup>; Fenner, P. T.<sup>2</sup>;  
 Schack-Kirchner, H.<sup>1</sup>; Lang, F.<sup>1</sup>

## Quantifizierung von Bodenverlagerung bei der Holzernte mittels korpuskulärer Metalltracer

### 1. Zusammenfassung

Die ökologischen Folgen von Bodenverlagerungen bei der Forst- und Landwirtschaft, wie sie z.B. durch die Bodenbearbeitung, das Befahren mit schweren Maschinen und das Schleifen von Holz auftreten können, sind bisher schwer zu quantifizieren.

Zur Messung derartiger Bodenverlagerungen kam auf Braunerden und Ferralsolen ein neues Verfahren zum Einsatz, bei welchem der zu befahrende Boden in seiner ursprünglichen Lage mit Metalltracer (12 mm Rohrstücke aus Eisen und Aluminium) weitgehend störungsfrei markiert und die Lage der Tracer nach der Befahrung mit Hilfe eines Metalldetektors ebenso zerstörungsfrei vermessen wird. Dabei blieben jedoch Zweifel über die Genauigkeit der Methode, besonders in Bezug auf Bodenfeuchte und die gleichzeitige Nutzung verschiedener Tracermaterialien.

Bei Versuchen unter Laborbedingung zu diesen Faktoren zeigte sich, dass die Erhöhung der Bodenfeuchte die Detektierbarkeit der Tracer herabsetzt und die Nutzung mehrerer Tracermaterialien

auf kleinem Raum nicht möglich ist. Zudem hat das Ablesen der Messwerte vom Detektor eine hohe subjektive Komponente, was voraussetzt, dass die messende Person gut mit dem Gerät vertraut ist.

Stichworte: Erosion, Holzernte, Metalltracer, Bodenverlagerung

### 2. Problemstellung

Die Auswirkungen von Bodenversatz in Land- und Forstwirtschaft sind schwer abzuschätzen.

Zur Quantifizierung von Bodenverlagerungen, wie sie z.B. bei der Bodenbearbeitung, der Befahrung mit schweren Maschinen und dem Schleifen von Holz entstehen können, schlagen wir ein Verfahren vor, bei welchem der Boden vor der Befahrung mit Rohrstücken von 12 mm Länge und Durchmesser markiert und nach der Befahrung nicht-invasiv mittels eines Metalldetektors (Garrett GTI 2500) lokalisiert werden können (vgl. Abbildung 1).

Bei Versuchen während der maschinellen Holzernte in Hanglagen zeigte sich, dass das Verfahren grundsätzlich vielversprechende Ergebnisse liefert und das Muster der Bodenverlagerung in guter räumlicher Auflösung wiedergegeben werden konnte (vgl. Abbildung 2). Dabei blieb jedoch der Einfluss der Bodenfeuchte und des Abstandes zwischen 2 Tracern auf die Richtigkeit (Mittelwert der Abweichung) und die Präzision (Standardabweichung) unklar.

### 3. Versuchsaufbau

In einem Versuch unter Laborbedingungen wurde ein Betonkübel mit 90 Litern Volumen ebenerdig eingegraben. Für die Messungen zur Bodenfeuchte wurde Sand, für die Evaluierung der Tracerabstände gesiebter Aushub (B-Horizont) eingefüllt.

<sup>1</sup> Professur f. Bodenökologie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Korrespondenz:

[Julian.Haas@bodenkunde.uni-freiburg.de](mailto:Julian.Haas@bodenkunde.uni-freiburg.de)

<sup>2</sup> Departamento de Recursos Naturais UNESP – Campus Botucatu/Brasilien

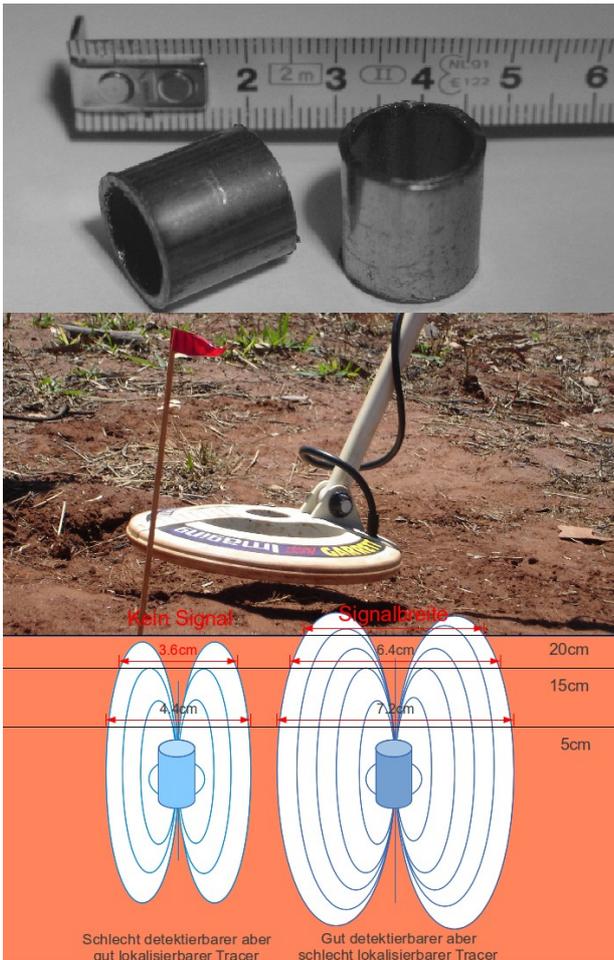


Abbildung 1: Oben: Metalltracer, Unten: Schematische Darstellung der Detektion (nach MÄHRLEIN 2012 und ALDRIAN 2013)

Als Tracermaterialien wurden Aluminium, welches stark paramagnetische und somit in Feldrichtung verstärkende Eigenschaften hat, und Eisen, welche ferromagnetische und somit nur leicht verstärkende Eigenschaften hat, untersucht. In Abbildung 1 würde Eisen etwa dem schlechter detektierbarem Tracer entsprechen, während Aluminium ein Beispiel für einen gut detektierbaren Tracer darstellt. In den Versuchen kamen außerdem noch Kupfer und Blei zum Einsatz.

In einer Reihe von Blindversuchen wurden anschließend zunächst in trockenem und dann in gesättigtem Sand nacheinander die horizontale Lage von jeweils 15 Metalltracern pro Material und Tiefenstufe (5, 10, 15, 20 cm) mit dem Detektor ermittelt. Die Abweichungen von den Einschlagkoordinaten wurden erfasst und statistisch ausgewertet.

Zur Evaluierung der Tracerabstände wurde der Detektor auf das Material eines Tracers kalibriert und dann der Abstand eines weiteren Tracers in 10 cm Tiefe schrittweise in 7 Klassen (0, 2,5, 5, 10, 15, 20 und 25 cm) erhöht. Anschließend wurde versucht die Lage des ersten Tracers mittels des Detektors zu bestimmen. Dieser Versuch wurde 4 mal mit 15 Tracerpaaren durchgeführt, wobei die Tracerpaare jeweils aus 2 Tracern des gleichen Materials, als auch aus 2 Tracern unterschiedlicher Materialien bestanden (Al-Al, Al-Fe, Fe-Fe, Fe-Al in 7 Abständen mit 15 Wiederholungen).

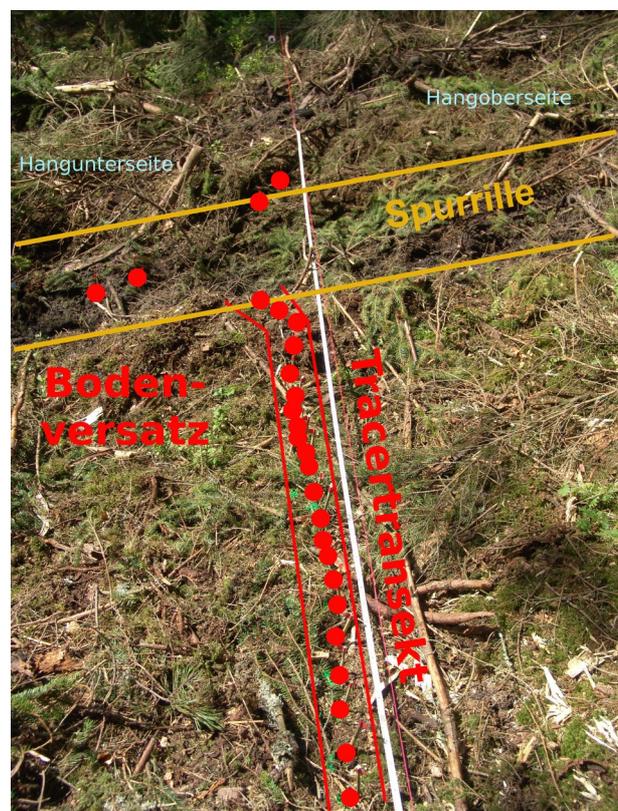


Abbildung 2: Beispiel für die Verlagerung von Tracern (rot) in einer Spurrille nach der Befahrung mit einer Forstmaschine (Sackmann 2012)

#### 4. Ergebnisse

Die Erhöhung der Bodenfeuchte (Abbildung 3 oben) verbessert zunächst Präzision und Genauigkeit der Messungen. Jedoch sind die Tracer nur bis maximal 15 cm Tiefe wieder auffindbar. Diese Beobachtung lässt sich mit den Annahmen aus Abbildung 1 erklären. Die Erhöhung des Wassergehaltes verschmälert das Signal und verschlechtert dadurch die

Detektierbarkeit eines Tracers und verbessert dessen Lokalisierbarkeit, wodurch das Signal präziser wird und die Messungen präziser und genauer werden.

Gleichzeitig wird aber die Tiefe, in der der Detektor noch ein Signal induzieren kann, herabgesetzt.

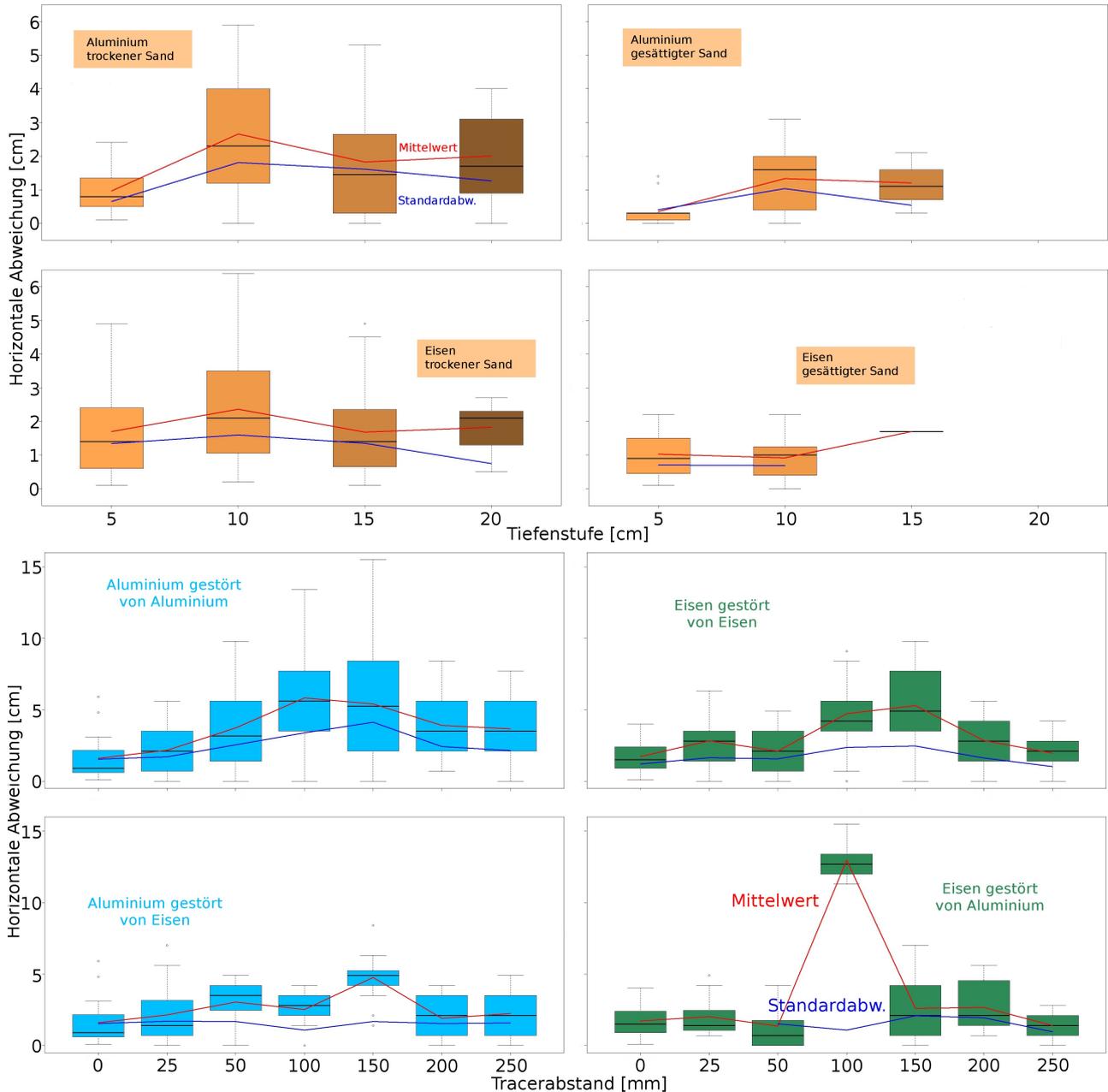


Abbildung 3: Ergebnisse des Einflusses der Bodenfeuchte (oben) und der Tracerabstände (unten) auf Präzision und Richtigkeit (ALDRIAN 2013)

Die Erhöhung des Tracerabstandes (Abbildung 3 unten) zeigt, dass das Verfahren bei kleinen Abständen relativ robust ist, da die beiden Tracer als ein einziger kleiner Körper wahrgenommen werden. Sobald 5 bzw. 10 cm Abstand überschritten werden, werden sie aber als ein großer Körper detektiert, was besonders der Richtigkeit Abbruch tut. Erst wenn die Tracer klar als zwei Körper, bei

Abständen größer 15 cm, separierbar sind, werden wieder bessere Werte gemessen. Im Verlauf der Feldversuche zeigte sich außerdem, dass andere Tracermaterialien (hier Kupfer und Blei) für den Feldeinsatz zu schlecht detektierbar und lokalisierbar sind.

## 5. Diskussion und Fazit

Der Einfluss der Bodenfeuchte ist sehr hoch. In der Praxis sollte daher bei größtmöglicher Trockenheit oder zumindest bei gleichbleibender Bodenfeuchte gemessen werden. Diese Bedingung kann eine Rolle bei der Durchführung eines Versuches spielen, bei welchem zwischen wiederholten Befahrungen gemessen werden soll und die Bodenfeuchte sich durch Niederschlag oder Austrocknung ändert.

Allgemein sollte gelten, dass je „besser“ ein Tracer ist, also je größer die Veränderung des induzierten Magnetfeldes, um so höher ist die Richtigkeit und so niedriger die Präzision. Paradoxe Weise werden schlechtere Tracer aufgrund der Enge des Signalfeldes präziser und richtiger gemessen. Dafür werden sie mit der Tiefe schnell nicht mehr auffindbar. Bei guten Tracern entsteht hingegen ein systematischer Fehler durch die Subjektivität der messenden Person, wodurch die Richtigkeit leidet, die Präzision aber systematisch hoch bleibt. Besonders auffällig ist dieser Effekt bei der Störung von Eisen durch Aluminium, wodurch ein extrem breites Signal entsteht. In der Praxis ist daher besonders die gleichzeitige Nutzung zweier Tracermaterialien ungünstig.

Von der Nutzung der anderen getesteten Tracermaterialien, Kupfer und Blei, sollte Abstand genommen werden. Neben den schlechten Ergebnissen in den Versuchen spricht dafür auch die Toxizität der

Materialien.

## 6. Literatur

ALDRIAN, A. (2013): *Präzision und Richtigkeit der Messung von Metalltracern mit einem Metalldetektor*, BSc.-Arbeit am Lehrstuhl für Bodenökologie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 50 Seiten

MÄHRLEIN, M. (2012): *Korpuskuläre Metalltracer zur Quantifizierung von Bodenverlagerung bei mechanisierter Holzernte am Hang: Bestimmung der Verfahrensgenauigkeit*, BSc.-Arbeit am Lehrstuhl für Bodenökologie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 28 Seiten

SACKMANN, J. (2012): *Verfahrenserosion bei der hochmechanisierten Holzernte in Steillagen: Quantifizierung von Bodenbewegungen in der Böschung und Fläche*, BSc.-Arbeit am Lehrstuhl für Bodenökologie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 56 Seiten

## Danksagung

Das Projekt wird gefördert von der Gesellschaft zur Förderung der forst- und holzwirtschaftlichen Forschung an der Universität Freiburg (GFH) und dem Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD).