

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG, Kommission I

Titel der Tagung: Horizonte des Bodens

Veranstalter: DBG

Termin und Ort der Tagung: 2.-7. September 2017, Göttingen

Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation) <http://www.dbges.de>

Eisenstäbe als Indikatoren der Bodenbelüftung – Erfahrungen bei der Beurteilung landwirtschaftlicher Flächen

Felix Dittrich¹, Audrey Averdiek² und Heinz-Christian Fründ¹

Zusammenfassung

Eisenstäbe, die vertikal in den Boden getrieben werden und deren Oberfläche durch das Zusammenspiel von Feuchtigkeit und Sauerstoff oxidiert, werden in der Literatur (z.B. Owens et al. 2008) als Indikatoren für den Zustand der Bodenbelüftung diskutiert. Im Rahmen zweier Studien wurde die Eisenstabmethode (ESM) erstmals auf Ackerstandorten zur Erfassung von Sauerstoffmangel durch Vernässungen bzw. Bodenverdichtungen getestet. Dazu wurden Eisenstäbe bis zu einem Zeitraum von drei Wochen in gering und intensiv vernässten Bereichen bzw. in Fahrspur und Pflanzenbestand exponiert. Nach der visuellen Auswertung zeigt das Aussehen der Eisenstaboberflächen charakteristische Tiefenprofile, die mit den Bodeneigenschaften in Verbindung gebracht werden können und das Indikatorpotential der Eisenstäbe hervorheben.

Schlüsselworte: Indikator, Bodenluft, Sauerstoffmangel, Vernässung, Verdichtung, Feldmethode

¹Hochschule Osnabrück
Fakultät Agrarwissenschaften & Landschaftsarchitektur
Kontakt: felixdittrich@posteo.de

²Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Einleitung

Der Porenraum eines Bodens ist entweder mit Luft oder Wasser gefüllt. Diesbezüglich hat sich in der Feldbodenkunde die Indikatoreigenschaft verschiedener Eisenspezies bewährt, um Aussagen über den Porenraumzustand und die Bodenbelüftung abzuleiten (Fe^{3+} : rostfarben \rightarrow oxidativ und Fe^{2+} : gebleicht, grau \rightarrow reduktiv). Diese Indikatoreigenschaft liegt auch der ESM zugrunde, wobei die Exposition im Boden drei Merkmale an den Eisenstäben hervorrufen kann, die folgendermaßen unterschieden werden:

- Rost: Rostige Staboberfläche, u.U. mit Erdanhang indiziert oxidative und feuchte Bodenverhältnisse
- Patina: Mattgraue Staboberfläche indiziert reduktive und feuchte Bodenverhältnisse
- Blank: Bodenfeuchte zu gering, um Veränderungen zu bewirken

Die ESM kam bisher im Zusammenhang mit Untersuchungen der Bodenhydrologie (Owens et al. 2008), der Wurzelentwicklung von Bäumen (Watson 2006) und der Verdichtung von Rückegassen (Fründ und Averdiek 2016) im Wald zum Einsatz. Erfahrungen beim Einsatz der ESM auf landwirtschaftlich genutzten Böden sind u.E. in der Literatur nicht dokumentiert. Im Rahmen zweier Projekte sollten daher folgende Fragen geprüft werden:

1. Können Eisenstäbe den durch Vernässung hervorgerufenen Sauerstoffmangel eines Ackerstandortes indizieren? (Projekt A)
2. Können Eisenstäbe den durch Befahrung (Verdichtung) hervorgerufenen Sauerstoffmangel von Ackerstandorten indizieren? (Projekt B)

Zusätzlich sollten Fragen zum Expositionszeitpunkt, zur Expositionsdauer und zur Zuverlässigkeit der o.g. Merkmale geklärt werden.

Allgemeine Vorgehensweise

Vor der Exposition werden die Eisenstäbe (Werkstoff: S235JRC+C) in Aceton getaucht, um den Rostschutz zu entfernen. Nach trockener Lagerung werden die Eisenstäbe mit einem Hammer vertikal in den Boden getrieben. Ein an der Bodenoberfläche geführter Markierungsfaden dient zum späteren Wiederfinden des Stabes. Die Entnahme erfolgt mithilfe einer Feststellzange. Im Labor können die Eisenstäbe anschließend mit einer Kunststoffbürste von potentiellerm Erdanhang befreit werden. Für die Auswertung (bei trockener Lagerung bis 1 Woche nach Entnahme) werden die Eisenstäbe in Segmente von 3 cm untergliedert, an denen eine visuelle Abschätzung der Merkmalsausprägung erfolgen kann.

Untersuchungsdesign Projekt A

Zur Überprüfung der eingeschränkten Bodenbelüftung durch Vernässung wurden auf einem sandigen Ackerstandort (Gley-Podsol), der durch austretendes Wasser aus einem angrenzenden Schifffahrtskanal vernässt wird, zwei Testbereiche ausgewählt. Für Testbereich 2 wurde aufgrund höher anstehender Grundwasserstände eine reduzierte Bodenbelüftung angenommen, während Testbereich 1 die standorttypische Bodenbelüftung aufweist. In beiden Testbereichen wurden jeweils 32 Eisenstäbe (60 cm lang) eingetrieben. Nach 3, 7, 14 und 21 Tagen wurden jeweils 8 Eisenstäbe (Zufallsverteilung) gezogen und segmentweise klassifiziert:

Tabelle 1: Kategorisierung der Segmente bei Projekt A

Erscheinungsbild	Kategorie
Patina	0
Patina + Rost	1
Patina + Blank	2
Rost	3
Rost + Blank	4
Blank	5

Untersuchungsdesign Projekt B

Die Verwendung der Eisenstäbe zur Untersuchung von befahrungsbedingten Belüftungsstörungen wurde auf einer Reihe von Ackerstandorten im Raum Freiburg und Osnabrück getestet:

Tabelle 2: Untersuchte Standorte bei Projekt B

Standort	Bearbeitung	pH [CaCl ₂] Corg [%]
Pararendzina aus Löss (Freiburg)	konservierend	7,7 0,6
Pseudogley aus Flutlehm (Freiburg)	konservierend	6,1 1,6
Parabraunerde aus Lösslehm (Osnabrück)	konservierend	6,3 0,8
Parabraunerde aus Lösslehm (Osnabrück)	konventionell	6,0 1,1

Je Standort und Variante (Fahrspur, Bestand) wurden 10 Eisenstäbe (50 cm lang) exponiert. Parallel zur Exposition wurde der Wassergehalt mit Datenloggern erfasst. Am Ende der Exposition wurden Profilbeschreibungen nach KA5 durchgeführt und mit der Entnahme ungestörter Proben ergänzt. Die Exposition erfolgte im Juni 2016 über einen Zeitraum von drei Wochen und wurde aufgrund der Erkenntnisse

von Projekt A im Oktober 2016 mit verkürzter Expositionsdauer von 3 Tagen wiederholt. Nachdem die Eisenstäbe trocken und von Anhang befreit waren, wurden die Merkmale folgendermaßen erfasst:

Tabelle 3: Kategorisierung der Segmente bei Projekt B

Deckungsgrad des Merkmals am Segment	Kategorie
0 %	0
1 – 30 %	1
31 – 60 %	2
61 – 100 %	3

Ergebnisse

Im Zuge der Projektbearbeitung hat sich das Merkmal Patina als zuverlässig erwiesen, um Belüftungsstörungen zu identifizieren und differenziert abzu-

bilden, während das Fehlen von Rost sowohl hohe Wassersättigung als auch starke Trockenheit anzeigen kann. Daher blieb das Merkmal Rost unberücksichtigt und im Folgenden steht das Auftreten der Patina im Fokus.

Projekt A

Abbildung 1 informiert über die Patina-Entwicklung an den nach 3, 7, 14 und 21 Tagen. Es wird deutlich, dass das Merkmal Patina an den Eisenstäben im intensiv vernässten Testbereich 2 eher im Tiefenprofil erscheint, als es im geringer vernässten Testbereich 1 der Fall ist. Dies kann durch den höher anstehenden Kapillarsaum im Testbereich 2 erklärt werden und ist bereits nach drei Tagen Expositionszeit aber auch über alle weiteren Expositionszeiträume beobachtbar.

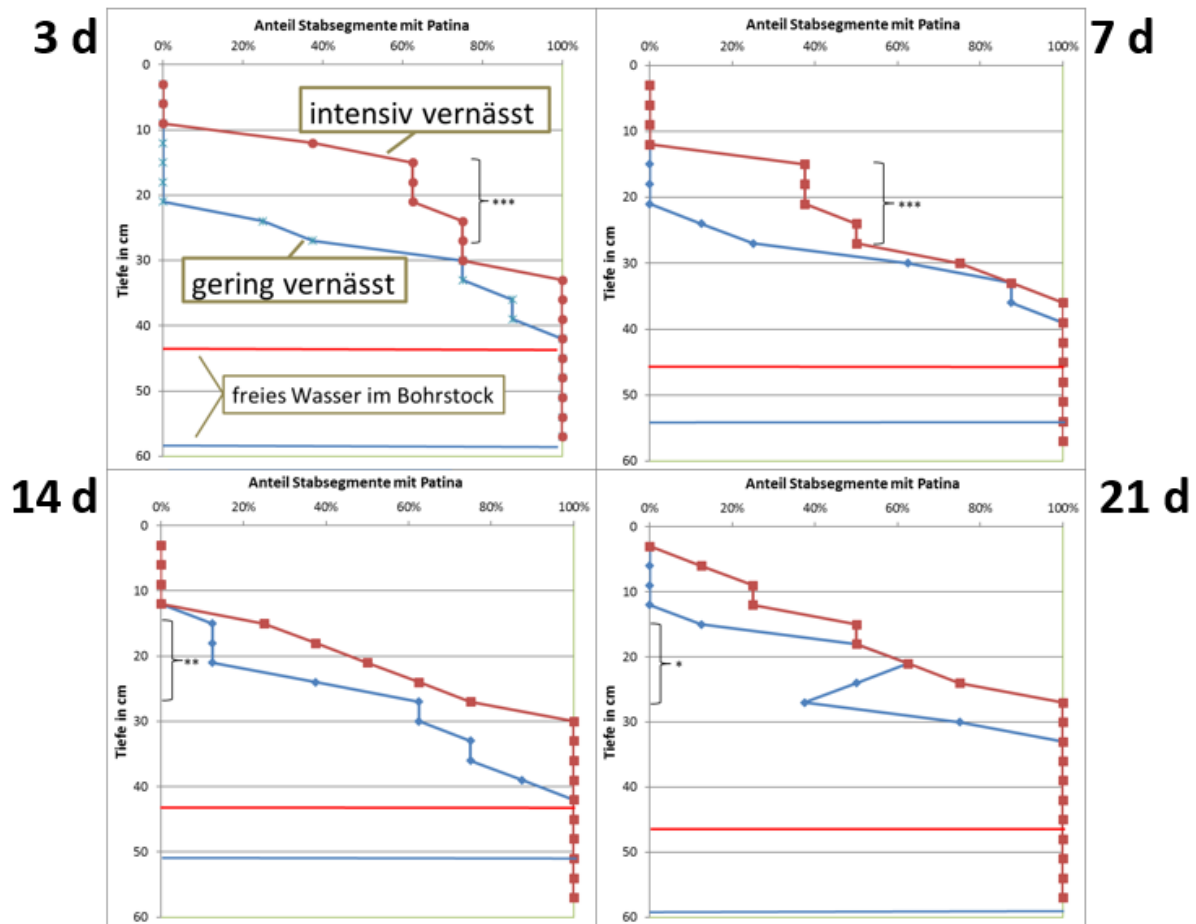


Abbildung 1: Projekt A, Entwicklung von Patina im Tiefenprofil nach 3,7,14 und 21 Tagen Expositionsdauer. Horizontale Linien kennzeichnen das Auftreten von freiem Wasser im Bohrstock (rot: intensiv vernässt; blau: gering vernässt). *= $p < 0,05$; **= $p < 0,01$; ***= $p < 0,001$.

Projekt B

Abbildung 2 beschreibt die Patina-Entwicklung an den Eisenstäben, die im Pflanzenbestand zweier Standorte im Raum Freiburg exponiert waren. Die stärkere Patina-Entwicklung und schlechtere Belüftung am Standort Pseudogley wird durch ein Gesamtporenvolumen von 44 % (51 % bei Pararendzina), volumetrischen Wassergehalt von 42 % (31 % bei Pararendzina) und Lagerungsdichte von 1,6 g/cm³ (1,3 g/cm³ bei Pararendzina) untermauert.

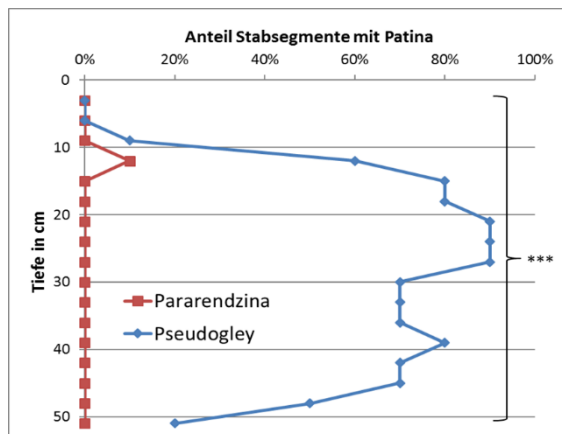


Abbildung 2: Entwicklung von Patina im Tiefenprofil im Pflanzenbestand zweier konservierend bearbeiteter Standorte. ***= $p < 0,001$.

Der Unterschied bei der Patina-Entwicklung zwischen Fahrspur und Bestand wird in Abbildung 3 und Abbildung 4 aufgezeigt. Da beide Standorte aus demselben Ausgangsmaterial entstanden sind und sich nur die Bewirtschaftung unterscheidet, ist ein Vergleich dieser Standorte von besonderem Interesse. Für beide Abbildungen ist in den oberen 10 cm der Einfluss der befahrungsbedingten Verdichtung auf die Entwicklung der Patina beobachtbar. In größerer Tiefe ist dieser Einfluss an den Eisenstäben nicht mehr feststellbar und entgegen den Erwartungen tritt das Merkmal Patina im Pflanzenbestand häufiger auf als in der Fahrspur.

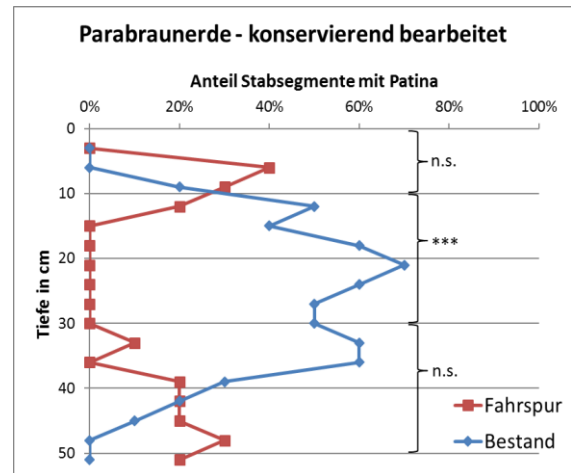


Abbildung 3: Entwicklung von Patina im Tiefenprofil in Fahrspur und Bestand eines konservierend bearbeiteten Standortes. ***= $p < 0,001$; n.s.=nicht signifikant.

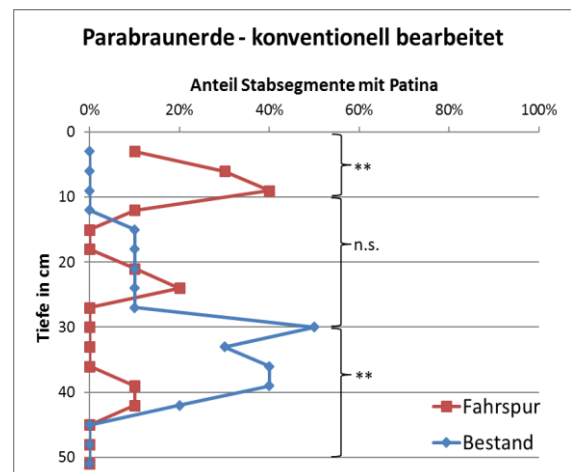


Abbildung 4: Entwicklung von Patina im Tiefenprofil in Fahrspur und Bestand eines konventionell bearbeiteten Standortes. **= $p < 0,01$; n.s.= nicht signifikant.

Weiterhin lässt sich feststellen, dass die Entwicklung der Patina im Bestand des konventionell (mit Pflug) bewirtschafteten Standortes in einer Tiefe von etwa 30 cm sprunghaft ansteigt, während der konservierend bearbeitete Standort eine kontinuierliche Entwicklung von Patina ab einer Tiefe von etwa 10 cm erkennen lässt.

Mit Bezug auf die unterschiedlichen Expositionszeitpunkte und -zeiträume zeigt Abbildung 5, dass die Eisenstäbe eine bessere Belüftung bei Periode 2 erwarten lassen. Da an diesem Standort vor Periode 2 eine Grundbodenbearbeitung mit Pflug stattfand ist von

verbesserter Belüftung auszugehen. Dennoch muss auch der geringere Bodenwassergehalt bei Periode 2 in Betracht gezogen werden, um geringere Patina-Entwicklung zu erklären und Fehlinterpretationen zu vermeiden.

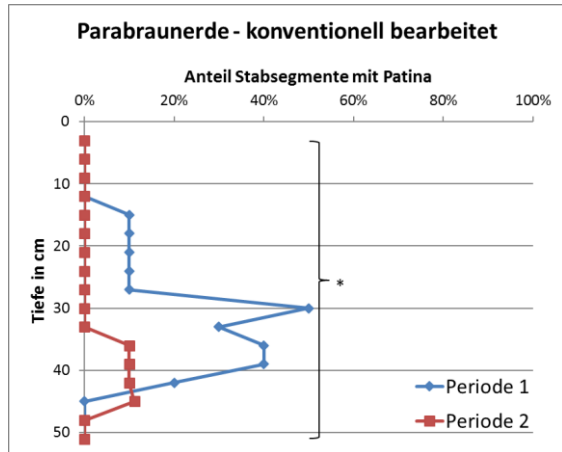


Abbildung 5: Entwicklung von Patina im Tiefenprofil im Bestand bei Periode 1 (Juni 2016; 3 Wochen) und Periode 2 (Oktober 2016; 3 Tage). $*=p<0,05$.

Diskussion und Ausblick

In Übereinstimmung mit der Literatur (Owens et al. 2008) bietet die ESM die Möglichkeit durch Vernässungen hervorgerufenen Sauerstoffmangel auf einem sandigen Ackerstandort zu indizieren. Die Indikation von befahrungsbedingter Verdichtung ist im Rahmen dieser Arbeit nur eingeschränkt zu bestätigen, obwohl in der Literatur (Fründ und Averdiek 2016) von eindeutigen Effekten berichtet wird. Dagegen spiegelt sich die pedogene Verdichtung am Standort Pseudogley deutlich an den Eisenstäben wider. Den Erwartungen und der Literatur (Watson 2006) widersprechend wurde stärkere Patina-Entwicklung im intensiver durchwurzelten Pflanzenbestand beobachtet. Diesbezüglich besteht weiterer Forschungsbedarf.

Literatur

- Fründ, H.-C. und Averdiek, A. (2016). *Soil aeration and soil water tension in skidding trails during three years after trafficking*. In: Forest Ecology and Management 380, S.224-231
- KA5, *Bodenkundliche Kartieranleitung*, 5. Auflage, Hrsg.: AG Boden, Stuttgart: Hirzel
- Owens, P. R.; Wilding, L. P.; Miller, W. M.; Griffin, R. W. (2008): *Using iron metal rods to infer oxygen status in seasonally saturated soils*. In: CATENA 73 (2), S. 197–203.
- Watson, Gary (2006): *Establishing a relationship between soil aeration and fine root development of seven tree species using the steel rod technique*. In: Arboricultural Journal 29 (3), S. 161–171.