

Tagungsbeitrag zu:

Jahrestagung der DBG, Kommission II

Titel der Tagung:

„Unsere Böden – Unser Leben“

Veranstalter: DBG**Termin und Ort der Tagung:** 5. – 10. September 2015, MünchenBerichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation); <http://www.dbges.de>

Technische Optimierungsmöglichkeiten von Holzerntemaschinen zur Reduktion von Spannungseinträgen und ihre Auswirkungen auf die Bodenstruktur von Waldböden

Roland Riggert¹, Heiner Fleige¹, Bettina Kietz², Thorsten Gaertig², Rainer Horn¹

¹ Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, CAU zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 3, 24118 Kiel

² Fak. Ressourcenmanagement, HAWK Hildesheim/Holzminde/Göttingen, Büsgenweg 1a 37077 Göttingen

Zusammenfassung

Die Ausbreitung der Spannungseinträge von Holzerntemaschinen in den Boden ist von internen sowie externen Bodenfaktoren abhängig. Als bedeutende Parameter werden das Matrixpotential und die Textur des Bodens im Bereich der internen Faktoren sowie die Befahrungintensität und der Kontaktflächendruck im Bereich der externen Faktoren identifiziert.

Als Folge der Befahrung von Rückegassen sind elastische und plastische Deformationsprozesse zu beobachten. Während bei der elastischen Deformation die negativen Auswirkungen auf die Bodenstruktur und –funktionen nur marginal ausfallen, verursacht die plastische Deformation deutliche Abnahmen der gesättigten Wasserleitfähigkeit und der Luftkapazität sowie Zunahmen der Lagerungsdichte und der Vorbelastung. Im Bereich der plastischen Deformation können desweiteren die Prozesse des Grundbruchs und der Homogenisierung genauer definiert und während der Befahrung beobachtet werden. Als Folge dieser Prozesse

kann zusätzlich ein Verlust der technischen Befahrbarkeit von Rückegassen vorausgesagt werden.

Schlüsselworte: Waldböden, Holzernemaschinen, Bodenverdichtung, Vorbelastung, 1. Hauptspannung, Spannungsmessungen, technische Befahrbarkeit

Einleitung

Im Rahmen des RÜWOLA Projektes werden im Teilprojekt 4 „Schadensvermeidung bei mechanischer Belastung“ die Auswirkungen von verschiedenen Holzerntemaschinen auf die Bodenstabilität und die Bodenfunktionen untersucht. Anhand der gesammelten Daten wird ein Schema zur Bodenverdichtung in der Forstwirtschaft, unter besondere Berücksichtigung von Auswirkungen auf die Bodenfunktionen und die technische Befahrbarkeit von Rückegassen, erstellt sowie Möglichkeiten zur Spannungsreduktion untersucht. Das Projekt RÜWOLA ist ein Kooperationsprojekt der HAWK Holzminde/Hildesheim/Göttingen und der Hochschule Osnabrück. Gefördert wird dieses Projekt vom niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur.

Material & Methoden

Die Untersuchungen wurden an sechs Standorten in Niedersachsen bzw. Hessen durchgeführt.

Standort 1: Reinshof bei Göttingen; Pseudogley-Parabraunerde aus Löss

Standort 2: Vaake bei Hann. Münden; Pseudogley-Parabraunerde aus Löss

Standort 3: Silberborn im Solling; (Norm-)Braunerde aus lösshaltiger Fließerde

Standort 4: Hasbruch bei Oldenburg; (Norm-)Pseudogley aus Geschiebelehm

Standort 5: Lenglern bei Göttingen; (Norm-)Parabraunerde aus Löss

Standort 6: Göttingen; (Norm-) Pseudogley aus Löss

Je nach Versuchsaufbau wurden an den vorgestellten Standorten die folgenden Maschinen eingesetzt:

John Deere 1270e: Harvester; 6-Rad-Maschine; Testgewicht 24 Mg; Kontaktflächendruck 147-161 kPa (Reins-hof, Vaake & Silberborn)

Ponsse Buffalo: Forwarder; 8-Rad-Maschine; Testgewicht 28 Mg; Kontaktflächendruck 188-243 kPa (Reins-hof, Vaake, Silberborn & Göttingen)

Rottne F14: Forwarder; 8-Rad-Maschine; Testgewicht 25 Mg; Kontaktflächendruck 89 kPa (Hasbruch)

EMB Elliator: Spezial-Ketten-Forwarder; Testgewicht 32 Mg; Kontaktflächen-druck 22 kPa (Hasbruch)

Hägglunds: Forwarder Prototyp; Testgewicht 6,6 Mg; Kontaktflächendruck 16 kPa (Kettenlaufwerk) (Lenglern)

Moorband: montiert am Ponsse Bufal-lo (Göttingen)

Traktionsband: montiert am Ponsse Bufallo (Göttingen)

Im Gelände wurden Überfahrungsversuche mit den jeweiligen Maschinen und Spannungsmessungen mit dem *Stress State Transducer System* „SST“ durchgeführt. Mit Hilfe des SST kann u. a. die 1. Hauptspannung (σ_1), die senkrecht nach unten gerichtete Spannungskomponente während einer Maschinenüberfahrt, bestimmt werden. Das System besteht aus drei Sensorköpfen (eingebaut in 20, 40 & 60 cm) mit je sechs Dehnmessstreifen, welche die verschiedenen Spannungskomponenten im Boden registrieren können.

Zusätzlich zu den Spannungsmessungen wurden ungestörte Zylinderproben aus den drei bekannten Tiefen (20, 40 & 60 cm) entnommen, um verschiedene bodenphysikalische Parameter zu bestimmen. Zu den untersuchten Parametern gehören die Vorbelastung

(P_v), die gesättigte Wasserleitfähigkeit (k_f), die Lagerungsdichte (ρ_B), die Luftkapazität (LK) und das Gesamtporenvolumen (GPV). Außerdem wurde das Matrixpotenzial zum Zeitpunkt der Überfahrt sowie die Textur der jeweiligen Horizonte an den verschiedenen Standorten bestimmt.

Ergebnisse & Diskussion

In Abbildung 1 sind zusammenfassend alle gesammelten Erkenntnisse zum Einfluss der Holzerntemaschinen auf die Bodenstruktur sowie –funktionen dargestellt. Ausführlich dokumentiert sind die Ergebnisse in *Riggert (2015)*. Als wesentliche Einflussgröße für die Veränderung von Bodenfunktionen als Konsequenz der Befahrung können die Spannungseinträge der Holzerntemaschinen genannt werden. Die Spannungseinträge, gemessen als 1. Hauptspannung (σ_1), sind wiederum von dem Kontaktflächendruck, folglich dem Quotienten aus Radlast und Aufstandsfläche, und der Befahrungsin-tensität abhängig und können als externe Bodenfaktoren beschrieben werden. Den Spannungseinträgen gegenüber steht die Bodenstabilität, welche mit der Vorbelastung charakterisiert werden kann. Die Bodenstabilität wird insbesondere von der Bodenentwicklung, welche wiederum von zahlreichen anderen bodeninternen Faktoren und Prozessen abhängig ist, beeinflusst. Neben pedogenetischen Prozessen, spielt das Matrixpotenzial eine entscheidende Rolle. Neben diesem konnte auch das Ausgangssubstrat (Löss, Geschiebemergel) bzw. die Textur (Sand, Schluff, Ton) als wichtiger Einflussfaktor identifiziert werden.

Mit Hilfe der beschreibenden Parameter P_v und σ_1 für die internen und externen Bodenfaktoren wurde in Anlehnung an die Stabilitätsbewertung nach *Horn & Fleige (2009)* und dem P_v -Konzept nach *Horn (1981)*, veranschaulicht in *Hartge & Horn (2009)*, ein erweitertes Schaubild zur Bodenver-

formungsprozessen auf Rückegassen entwickelt (unterer Teil der Abbildung 1). Aus diesem Schaubild geht hervor, dass ein Überschreiten von P_v grundsätzlich zu einer plastischen Bodenverformung mit einhergehenden Abnahmen von k_f und LK sowie Zunahmen von P_v und ρ_B führt. Bei der einfachen

plastischen Verformung stellt sich ein neues Gleichgewicht zwischen abnehmenden σ_1 -Werten bei zunehmender Überfahrtenanzahl und steigenden P_v -Werten ein, so dass die technische Befahrungintensität bei leichter Fahrspurausbildung als gesichert gilt.

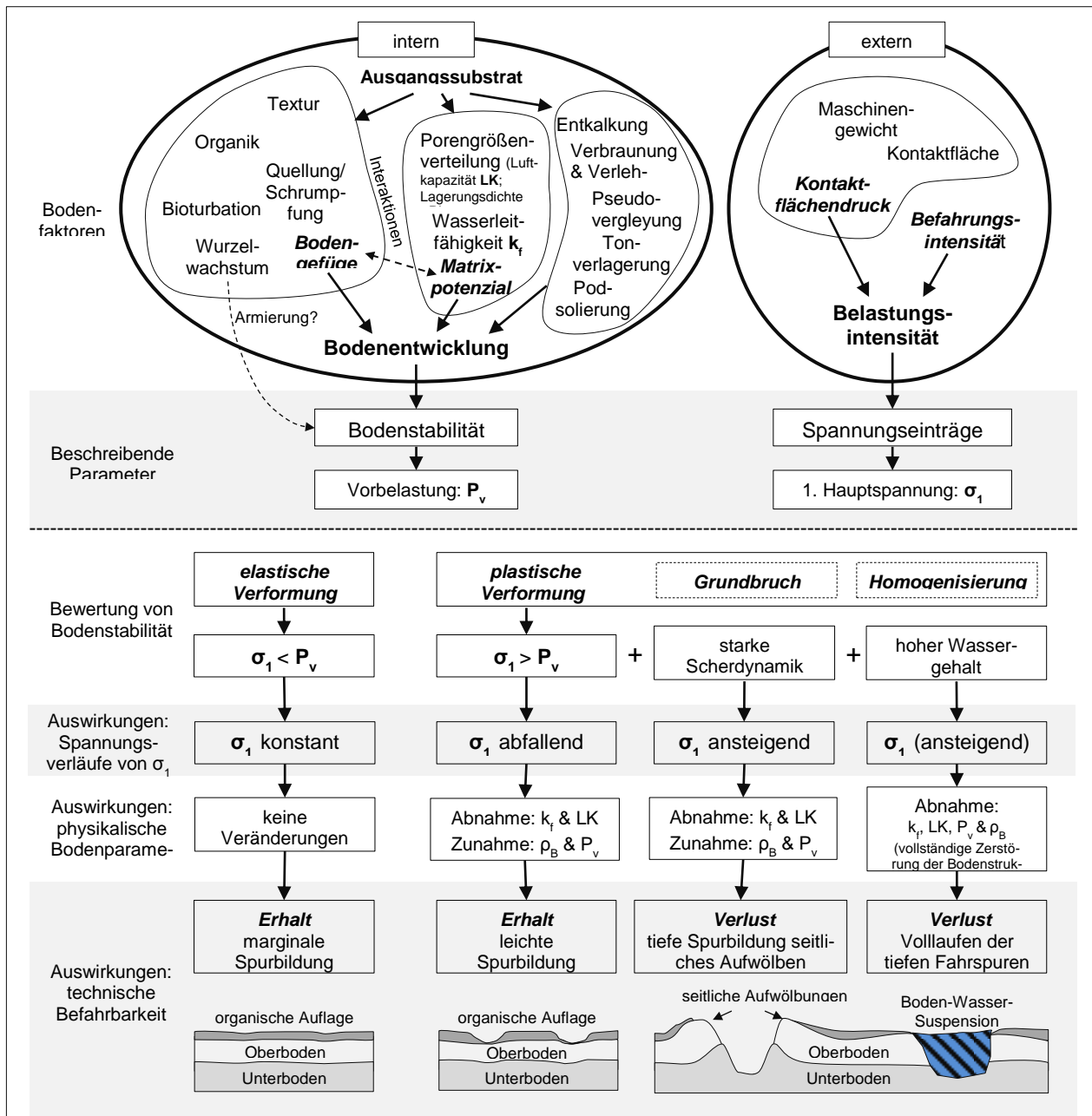


Abbildung 1. Schema zu Deformationsprozessen auf Rückegassen und deren Auswirkungen auf physikalischen Bodenfunktionen und die technische Befahrbarkeit in Abhängigkeit von internen und externen Bodenfaktoren.

Bei zu hohen Maschinengewichten ist der Boden jedoch nicht länger in der Lage die Maschinen zu tragen und wird nach der *Rankine-Theorie* entlang von

Bruchlinien zunächst in tiefere Bodenschichten vorangetrieben, gedreht und seitlich wieder aufgewölbt. Dieser Prozess wird als Grundbruch charakteri-

siert und führt zu einer tiefen Fahrspurausbildung sowie zum Verlust der technischen Befahrbarkeit. Ein Grundbruch wird bei allen Versuchen mit dem Harvester John Deere 1270e (Reinshof, Vaake & Silberborn) und dem Forwarder Ponsse Buffalo (Reinshof, Vaake, Silberborn & Göttingen) sowie mit dem Traktionsband (Göttingen) beobachtet.

Bei besonders feuchten Bedingungen, also steigendem Matrixpotential, findet durch scherende Bewegung eine Homogenisierung der Bodenstruktur statt. Dies hat zur Folge, dass nun auch die Werte von P_v und ρ_B sinken sowie den Verlust der technischen Befahrbarkeit. Die Bodenstruktur wird vollständig zerstört und das Boden-Wasser-Gemisch fließt in die entstanden Fahrspuren zurück. Beobachtet lässt sich dieser Prozess bei Versuchen mit dem Forwarder Rottne F14 am Standort Hasbruch. Unter denselben Bedingungen wird auch der EMB Elliator getestet, welcher aber aufgrund seines geringen Kontaktflächendruckes (große Kettenlaufwerke) σ_1 deutlich reduzieren kann und in den Bereich der einfachen plastischen Verformung (Ausbildung eines neuen Gleichgewichtes zwischen σ_1 und P_v) einzustufen ist. Das getestete Moorband (Göttingen) fällt in die gleiche Kategorie. Die Versuche mit dem Häßglunds zeigen nur marginale Auswirkungen auf die physikalischen Parameter, da $\sigma_1 < P_v$ ist und somit elastische Verhältnisse vorliegen (marginale Spurbildung).

Schlussfolgerung

Zusammenfassend kann der Einsatz von radgetriebenen Holzerntemaschinen auf Rückegassen als sehr problematisch angesehen werden, da dieser auf allen getesteten Flächen zu negativen Auswirkungen auf die bodenphysikalischen Parameter und zum Verlust der technischen Befahrbarkeit führt. Bei feuchten Bedingungen resultiert eine Befahrung sogar in der Homoge-

nisierung der gesamten Bodenstruktur. Durch den Einsatz von Spezialmaschinen und -bändern können die Spannungseinträge deutlich reduziert und zumindest die technische Befahrbarkeit der potenziellen Rückegassen gesichert werden. Dennoch verursachen auch diese Maschinen erhebliche Veränderungen an den bodenphysikalischen Parametern.

Ausschließlich die Kombination von reduziertem Gesamtgewicht und vergrößerter Aufstandsfläche (wie beim Forwarder Prototypen Häßglunds) führen in den vorgenommenen Versuchen zum Nicht-Überschreiten der Eigenstabilität des Bodens und somit nicht zum Verlust der technischen Befahrbarkeit und zu nur marginalen Auswirkungen auf bodenphysikalische Parameter.

Literatur

- Hartge, K.H., Horn, R., 2009. Die physikalische Untersuchung von Böden. Schweitzerbart'sche Vertragsbuchhandlung, Stuttgart 2009.
- Horn, R., 1981. A method for the determination of the preconsolidation load. Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung 22, S. 20-26.
- Horn, R., Fleige, H., 2009. Risk assesment of subsoil compaction for arable soils in Nortwest Germany. Soil & Tillage Research 102, S. 201-208.
- Riggert, R., 2015. Spannungseinträge unter Holzerntemaschinen und Auswirkungen auf bodenphysikalische Parameter. Schriftenreihe Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde Nr. 107, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 171 S.