

Michael Weißbach, Kiel

Flächenbonitur mit dem Horizontalpenetrometer

Das Horizontalpenetrometer ermöglicht es, Flächen in kurzer Zeit zu bonitieren und anhand der Korrelation von Lagerungsdichte und Bodenfestigkeit die Dichteinhomogenität des Bodens zu erfassen. Meßverfahren mit punkttartiger diskreter Meßwerterfassung schließen eine Bonitur großer Flächen aufgrund des erforderlichen Stichprobenumfanges mit vertretbarem Aufwand aus.

Die Gefügeeigenschaft, vor allem die Lagerungsdichte des Bodens, beeinflusst das Pflanzenwachstum beträchtlich. Sie wirkt sich insbesondere auf den Wasser- und Lufthaushalt im Boden sowie die Ertrags- und Qualitätsentwicklung der Ernteprodukte aus. Vielfältige Untersuchungen bestätigen die enge Korrelation der Lagerungsdichte mit pflanzenbaulichen Parametern. Neben Zusammenhängen zwischen Wurzelausbreitung und Bodendichte lassen sich auch dichteabhängige Ertragsfunktionen auf unterschiedlichen Böden ableiten [1, 2, 4, 5, 7, 8].

Eng mit der Lagerungsdichte korreliert die Bodenfestigkeit. Sie kann als Eindring- oder Durchdringungswiderstand des Bodens gemessen werden. Der Eindringwiderstand als indirekte Meßgröße der Lagerungsdichte läßt sich mit hoher Bestimmtheit für Versuchsauswertungen heranziehen [3]. Zusätzlich übt der Wassergehalt des Bodens einen entscheidenden Einfluß auf den Eindringwiderstand

aus. Mit steigendem Wassergehalt verringert sich bei gleicher Lagerungsdichte der Absolutwert des Widerstandes. Folglich ist die Änderung des Eindringwiderstandes mit steigender Dichte gering. Unter sehr feuchten Bodenverhältnissen, nahe der Feldkapazität, besteht deshalb nur eine begrenzte Möglichkeit, die Lagerungsdichte aus dem Eindringwiderstand abzuleiten.

Den Eigenschaften des natürlichen Bodens und der Bewirtschaftungssysteme kommen Arbeiten im ungestörten Boden näher. Untersuchungen bestätigen trotz eines weiteren Feuchtespektrums, daß die Dichte indirekt vom Eindringwiderstand des Vertikal- als auch des Horizontalpenetrometers abzuleiten ist.

Aufbau des Horizontalpenetrometers

Das von Lüth [6] entwickelte Horizontalpenetrometer wurde abgeändert (Bild 1). Es besteht nunmehr aus sechs Hauptgruppen (Trägerrahmen, Meßschar, Kraftsensor, Strecken- und Geschwindigkeitsmessung, Datenerfassung).

Der Trägerrahmen kann am 3-Punktsystem des Traktors angebaut werden. Aufgrund der geringen geometrischen Abmessungen und der niedrigen Eigenmasse ist ein Transport im Kleinbus möglich. Eine hohe Mobilität ist somit gegeben.

Am Trägerrahmen können gleichzeitig drei Meßscharen für verschiedene Tiefen befestigt werden.

Der Sensor selbst besteht aus einem

Gehäuse und dem Meßkegel. Im Sensorgehäuse sind der Kraftsensor und die Steinsicherung untergebracht. Der Meßkegel wird in einer Messingbuchse geführt. Er leitet die zur Durchdringung des Bodens notwendige Kraft direkt auf den Kraftsensor. Mögliche Schafreibung, wie sie vom Vertikalpenetrometer her bekannt ist, entfällt.

Mit einem Peiselerad erfolgt die Strecken- und Geschwindigkeitsmessung. Ein am Peiselerad montierter Ultraschallsensor überwacht die Tiefenführung des Gerätes.

Die einzelnen Meßwerte werden wegabhängig aufgezeichnet, wobei die minimale Abtastrate 2,5 cm, die maximale 1 m beträgt. Das Meßgerät ist für eine maximale Arbeitstiefe von 1m ausgelegt. Die Software erreicht ihre Verarbeitungsgrenze derzeit bei einer Meßstrecke von 1000 m und einer Maximalgeschwindigkeit von 8 km/h.

Im unmittelbaren Anschluß an die Meßfahrt ermöglicht die Software eine schnelle Auswertung der Daten. Es besteht die Möglichkeit, die gesamte Messung oder nur Teilbereiche graphisch darzustellen und zur Berechnung heranzuziehen. Für die ausgewählten Teilbereiche werden Mittelwert und Streuung sowie der Maximal- und Minimalwert mit Position angegeben. Eine weitere Programmoption zeigt die Auswertebereiche in Form von Häufigkeitsverteilungen an.

Je nach Fragestellung lassen sich Flächen nach unterschiedlichen Kriterien bonitieren. So besteht die Möglichkeit, die Bodenvariabilität eines Schlages, die Wirkung verschiedener Bodenbearbeitungsgeräte sowie das Ausmaß und die Lage von Verdichtungen zu erfassen.

Erfassung der Bodenvariabilität

Besonders in Endmoränengebieten, beispielsweise dem Ostholsteinischen Hügelland, treten Wechsel der Bodenart auf kurzer Distanz auf. Eine Bonitur parallel zur Bearbeitungsrichtung läßt Aussagen über die Variabilität des Bodens zu. Der in Bild 2 dargestellte Eindringwiderstand ei-

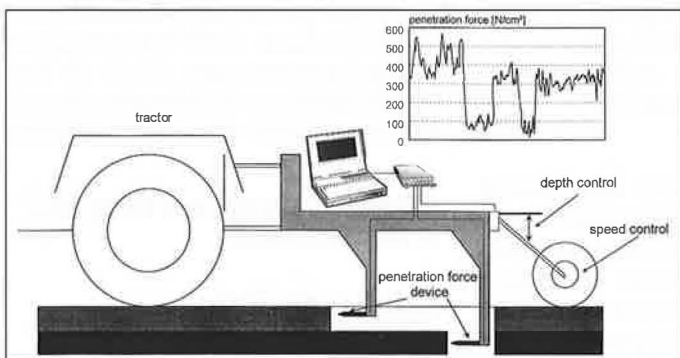


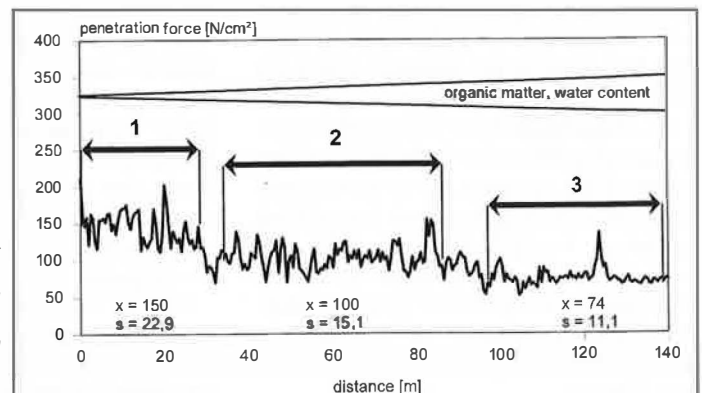
Bild 1: Aufbau des Meßsystems

Fig. 1: Design of the measuring systems

Dr. agr. Michael Weißbach ist wissenschaftlicher Assistent am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Universität Kiel (Leitung: Prof. Dr. E. Isensee), Olshausenstraße 40, 24118 Kiel.

Bild 2: Einfluß der Bodenart auf den Eindringwiderstand

Fig. 2: Influence of soil type on penetration resistance



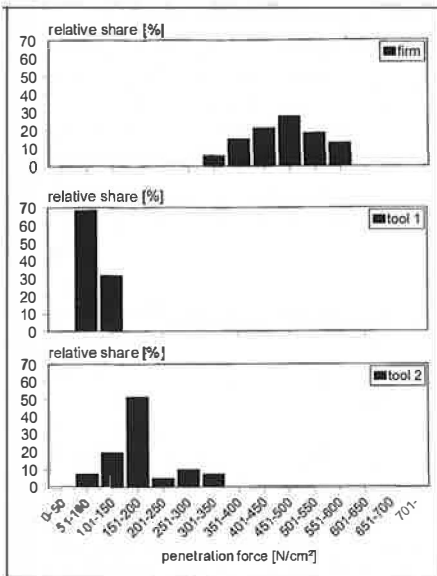


Bild 3: Wirkung der Bearbeitungsgeräte

Fig. 3: Effects of soil tillage implements

nes Sandigen Lehms (1) wechselt über einen Feinsand (2) in einen Feinsand mit hohem Anteil an humosen Bestandteilen (3). Erkennbar ist der Rückgang des Eindringwiderstandes über die drei Bodenarten. Trotz einer offensichtlich hohen Homogenität der einzelnen Teilflächen zeigt hier der Eindringwiderstand keinen gleichbleibenden Wert. Jedoch geht die Streuung mit der Verringerung der abschlämmbaren Teilchen und dem Anstieg der humosen Bestandteile zurück.

Aufgrund des Bodenaufbruchs im Bereich der Sensorspitze kommt es zu sprunghaften Änderungen des Kraftverlaufes innerhalb kürzester Meßabschnitte. Je nach Scherfestigkeit des Bodens gestaltet sich der Bodenaufbruch sehr unterschiedlich und damit auch der Kraftverlauf.

Daraus leitet sich, nach einer entsprechenden Kalibrierung, die Eignung des Gerätes zur Bonitur von Bodenvariabilitäten ab. Hierbei besteht nicht der Anspruch einer exakten Abgrenzung der einzelnen Bodenarten zueinander, sondern vielmehr die Festlegung von Teilflächen für eine spezifische Bewirtschaftung.

Beurteilung von Bearbeitungsgeräten

Die Häufigkeitsverteilung bietet eine gute Möglichkeit, die Wirkung verschiedener Bearbeitungswerkzeuge miteinander zu vergleichen. Aus der Verteilung der Eindringwiderstände auf einzelne Klassen lassen sich Rückschlüsse auf Zerkleinerungswirkung und die Aggregatgrößenverhältnisse ziehen.

Den Untersuchungen liegt der Vergleich einer Fräse mit einem Tiefengrubber zugrunde.

Die Ausgangsfestigkeit des Bodens (Geschiebemergel) war sehr hoch (Bild 3). Sie schwankt zwischen 400 und 600 N/cm². Das aktiv arbeitende Fräserswerkzeug lockert den Boden sehr intensiv. Der mittlere Widerstand geht auf 120 N/cm² zurück. Ebenfalls verringert sich die Klassenbreite der Eindringwiderstände. Sie reicht nur noch von 51 bis 150 N/cm², wobei 70 % der Werte in der Klasse von 51 bis 100 N/cm² liegen. Infolge der Zwangszerkleinerung hinterläßt die Fräse einen sehr feinen, homogenen Boden.

Deutliche Unterschiede treten zum Grubber auf. Die gemessenen Werte reichen von 51 bis 350 N/cm². Das deutet auf ein großes Aggregatgrößenpektrum hin. Mit 70 % der Werte im Bereich von 51 bis 200 N/cm² werden ebenfalls eine akzeptable Lockerungswirkung erzielt. Die Lockerung des Bodens erfolgt sehr schonend. Es bleiben Aggregate mit höherer innerer Festigkeit erhalten.

Flächenbonitur

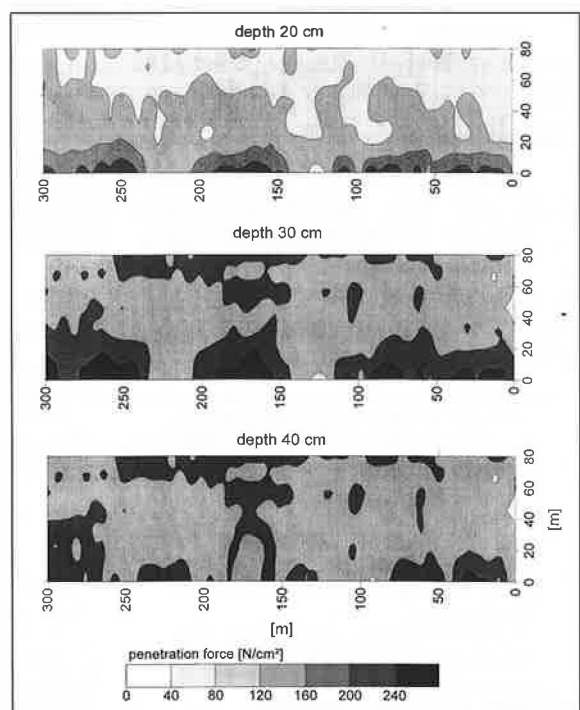
Das Horizontalpenetrometer ermöglicht es, große Flächen in kurzer Zeit zu bonitieren. Bild 4 zeigt das Boniturergebnis einer 80 x 300 m großen Teilfläche eines abgeernteten Getreideschlages. Im Bearbeitungshorizont (Tiefe 20 cm) lagert der Boden infolge der jährlichen Bearbeitung locker. Entsprechend niedrig sind die gemessenen Eindringwiderstände. Die Boniturtiefen 30 und 40 cm liegen bereits unter dem Bearbeitungshorizont, die Meßwerte steigen auf 100 bis 150 N/cm² an. Sowohl in 20 als auch in 30 cm Tiefe treten jeweils im unteren Teil der Abbildung Bereiche mit über 200 N/cm² auf. Hierbei handelt es sich um das Vorgehende des Schlages. Trotz eines starken Befahres sind in 40 cm Tiefe keine Verdichtungen mehr nachzuweisen. Anhand solcher Bonituren kann die optimale Lockerungstiefe stark befahrener Flächen bestimmt werden.

Fazit

Das Horizontalpenetrometer eignet sich zur Bonitur größerer Flächen. Das Meßprinzip selbst gibt Änderungen in der Festigkeit des Bodens wieder. Die Werte zum Eindringwiderstand korrelieren hochsignifikant mit der Bodendichte. Die Totalerhebung vermeidet die Probleme von Stichproben punktueller Probenahme.

Bild 4: Flächenbonitur

Fig. 4: Area appraisal



Literatur

- [1] Dumbeck, G.: Bodenphysikalische und funktionelle Aspekte der Packungsdichte von Böden. Dissertation, Gießen, 1986
- [2] Ermich, D. und B. Hofmann: Notwendigkeit und Möglichkeiten einer strukturschonenden Saatbettbereitung zu Zuckerrüben. Feldwirtschaft 24 (1981), H. 1, S.36-38
- [3] Ermich, D. und R. Landmann: Beziehung zwischen Durchdringungswiderstand und Trockenrohdichte in Abhängigkeit vom Bodenwassergehalt auf ausgewählten Boden substraten. Wiss. Z. Univ. Halle XXXI (1982), H. 4, S. 15-25
- [4] Ermich, D., B. Hofmann und R. Landmann: Auswirkung von Schadverdichtungen auf Bodeneigenschaften und den Sommergerstenertrag auf Lößstandorten sowie Maßnahmen zur Minderung des schädlichen Bodendruckes. Feldwirtschaft 25 (1982), H.1, S. 25-28
- [5] Ibrahim, J.: Einfluß raddruckbedingter Krümmenbasisverdichtungen auf bodenphysikalische Eigenschaften und den Zuckerrüben ertrag sowie daraus abgeleitete Belastungsgrenzwerte. Dissertation, Halle, 1988
- [6] Lüth, H-G.: Entwicklung des Längs-Penetrographen als Meßverfahren zur Bodenverdichtung. Dissertation, Kiel 1993, MEG-Schrift 235
- [7] Petelkau, H., J. Dürr und C. Sommer: Literaturstudie „Bodenverdichtung“. Bericht-Nr. 219/1994 aus dem Institut für Betriebstechnik der FAL Braunschweig, 1994
- [8] Petelkau, H. und M. Dannowski: Ertragliche Auswirkungen fahrwerksbedingter Bodenschadverdichtungen. Feldwirtschaft 30 (1989), H. 1, S. 32-34

Schlüsselwörter

Bodenverdichtung, Meßtechnik

Keywords

Soil compaction measuring techniques