

Edmund Isensee und Thomas Wilde, Kiel

Nachwirkungen schwerer Maschinen und Fahrgassen im Boden

In modernen landtechnischen Arbeitsverfahren soll trotz schwerer Maschinen der Boden geschont werden: mit Breitreifen und angepasstem Luftdruck, mit großer Arbeitsbreite und wenig Spuren.

Um zu überprüfen, in welchem Ausmaß Bewirtschaftungsmaßnahmen zu Verdichtungen und nachhaltigen Schäden führen, wurden Messungen zur Auswirkung der steten Belastung, die in Fahrgassen stattfand, sowie an Großmaschinen der Rübenernte durchgeführt.

Die „Altlasten“ wurden auf Schlägen untersucht, auf denen die seit Jahren nicht mehr genutzten Fahrgassen bekannt sind. Dort war die Arbeitsbreite von 12 über 18 auf 24 m erhöht worden. Der Traktor und die Reifenausstattung blieben weitgehend gleich (Tab. 1). Zugleich wurde der Einfluss des Bodens und des Reliefs berücksichtigt. Die Fläche A als Beispiel der Messungen hat lehmigen Boden, der Senkenbereich ist vom Grundwasser beeinflusst.

Der Boden wurde in der Krume sowie im unbearbeiteten Horizont unter der Pflugschle nach verschiedenen Methoden untersucht, die die physikalische Struktur und die Eignung zum Pflanzenwachstum kennzeichnen.

- Zum Vergleich dienen:
- Als „unbelastet“ gilt der Boden zwischen den Spuren.
- Als „Belastung“ gilt die aktuell im Jahresablauf durchgeführte Befahrung. Denn das gleiche Ausmaß hat im Prinzip auch vor Jahren gewirkt.
- Als „Nachwirkung“ gilt der Bodenzustand unter der alten Fahrspur.

Alte Fahrgassen

Das Horizontalpenetrometer ist dafür prädestiniert, im Acker Verdichtungsgebiete zu erkennen. Es misst den Bodenwiderstand, der seinerseits wesentliche Merkmale einschließt, vornehmlich die Dichte, den Wassergehalt, die Scher- und Druckfestigkeit.

Dieses Messgerät, am Traktor angebaut, fährt quer zur Richtung der Fahrgassen. Die

Arbeitsbreite und Zeitraum	Reifentyp Radlast [t] Luftdruck [bar]	Jährliche Belastung
12 m seit 1985	20.8R38 3,5 1,6	4 • Pflanzenschutz 5 • Düngung
18 m 1985 bis 1991	20.8R38 4,0 1,6	4 • Pflanzenschutz 5 • Düngung
24 m 1991 und 1992 1996 und 1997	20.8R42 6,0 1,8	8 • Pflanzenschutz 6 • Düngung

Tab. 1: Belastung in den untersuchten Fahrgassen

Table 1: Load in tramlines examined

Änderung der Messwerte in mehreren Ebenen deutet auf den Einfluss der Fahrgassen.

In der Messung wird die aktuelle Spur überaus deutlich (Bild 1). Das Niveau des Eindringwiderstandes steigt in 40 cm Tiefe von etwa 150 N/cm² im unbelasteten Boden auf 200 N/cm² und 250 N/cm² für die Spur 2. Damit können die Bereiche der vor Jahren belasteten Spuren mit dieser Methode lokalisiert werden. In der Ausprägung und Breite der „peaks“ spiegeln sich die Reifenbreite und die abweichende Lage der Fahrspuren in den Jahren wieder. Zwischen den Radspuren fällt der Bodenwiderstand ab und zeigt nahezu die Werte wie unbelasteter Boden.

In der Aussage gleich, im Niveau der Messwerte höher sind die Ergebnisse mit dem klassischen Vertikal-Penetrometer.

Die Porenstruktur gibt Bild 2 wieder. Der unbelastete Unterboden weist günstige Werte bei Poren- und Grobporenvolumen sowie

Prof. Dr. Edmund Isensee leitet das Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Max-Eyth-Straße 6, 24118 Kiel, e-mail: landtechnik@ilv.uni-kiel.de
Dipl.-Ing. agr. Thomas Wilde ist dort als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig.
Die Untersuchungen wurden von der Stiftung Schleswig-Holsteinische Landschaft gefördert.

Schlüsselwörter

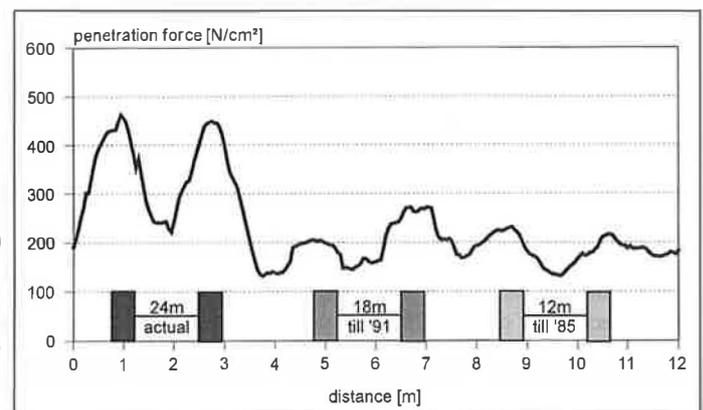
Bodenverdichtung, Fahrgassen, Großmaschinen

Keywords

Soil compaction, tramlines, big machines

Bild 1: Messung mit dem Horizontalpenetrometer quer zu den Fahrgassen in 40 cm Tiefe (Boden Ls3)

Fig. 1: Measuring with horizontal penetrometer across tramlines in 40 cm depth (soil sandy loam 3)



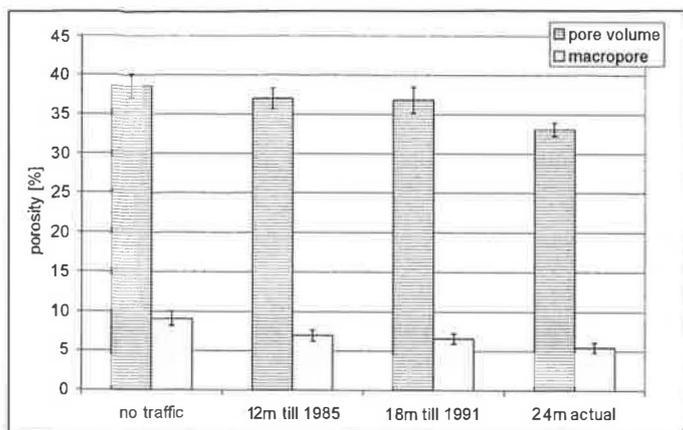


Bild 2: Porenstruktur unter den alten und aktuellen Fahrgassen (40 cm)

Fig. 2: Structure of pores underneath the old, not any longer used and in the still used tramlines (40 cm)

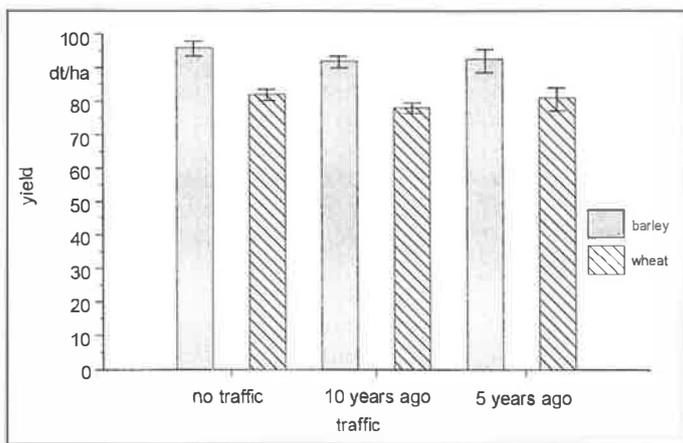


Bild 3: Ertrag im Bereich der vor Jahren belasteten Fahrgassen

Fig. 3: Yield in the range of the old tramlines, loaded years ago

Dichte auf. Das mehrfache Befahren reduziert die Werte beachtlich auf 33% PV beziehungsweise 5,5% GP, ohne dass ein Effekt der Tiefe oder des Reliefs auf dem Schlag deutlich wurde.

Wesentlich ist nun, dass im Lauf der Jahre sich die Werte dem Ursprung annähern, aber noch um 1 bis 2%-Punkte darunter bleiben. Dank der natürlichen Vorgänge von Quellung und Schrumpfung sowie durch Frosteffekte hat sich also wieder eine Porenstruktur gebildet, die den Ansprüchen des Luft- und Wasserhaushalts und der Pflanze in etwa entspricht.

Eine weitere, mehr vom Sandanteil geprägte Fläche B leidet etwas weniger unter der Befahrung: Das Ausgangsniveau liegt mit PV um 41 % höher als auf dem Schlag A, die Regeneration bleibt mit 2 bis 4 %-Punkten PV und 0,1 g/cm³ Dichte darunter.

Die Funktion des Bodens für den Luft- und Wasserhaushalt folgt aus der Verdichtung und wird über deren Leitfähigkeit ausgedrückt. Sie ist über drei Jahre gemessen mit recht konstantem Niveau. Die Luftleitfähigkeit – und ähnlich die für Wasser – geht von knapp 3 auf 1,5 cm/s zurück. Im Lauf der Zeit erholt sie sich wieder auf 2 cm/s. Die Wasserleitfähigkeit nähert sich stärker dem Ausgangsniveau.

Die physikalischen Messwerte seien nun ergänzt um die Reaktion der Pflanze – im Labor wie im Feld. Im Labor dient die Wur-

zel als natürlicher „Sensor“, indem das Vermögen von Gerstenwurzeln, die naturbelassene Bodenprobe zu durchdringen, gemessen wird.

Boden der unbelasteten Varianten läßt 70 bis 72 Wurzeln/150 cm² wachsen, unabhängig von den Tiefen und den mehrjährigen Terminen im Herbst und Frühjahr. In Proben unter alten Fahrgassen entwickelten sich mit 65 bis 72 geringfügig weniger Wurzeln. Die aktuelle Befahrung zeigt mit 61 bis 63 Wurzeln Wirkung. Unmittelbar wird also das Wurzelwachstum beträchtigt, in den späteren Jahren kaum.

Der Ertrag wird nicht allein von den tiefen Zonen beeinflusst, vielmehr auch von dem gelockerten Pflughorizont. Er wurde in manueller Ernte reihenweise ermittelt (Bild 3). Das Ertragsniveau aus zwei Ernten unterscheidet sich nicht spezifisch danach, ob der Boden vor Jahren verdichtet war oder unbelastet blieb. Die frühere Belastung hat also nicht den Ertrag beeinträchtigt.

Einfluss der Rübenernte

Die Fahrgasse bildet das Beispiel für die häufige starke Belastung, aber auf begrenzter Fläche. Anders das als extrem betrachtete Beispiel der sechsreihigen Rübenernte. Eigengewicht und Bunkerinhalt führen zu einer Gesamtmasse von 40 bis 50 t. Die hohe Radlast über 10 t wird von großdimensio-

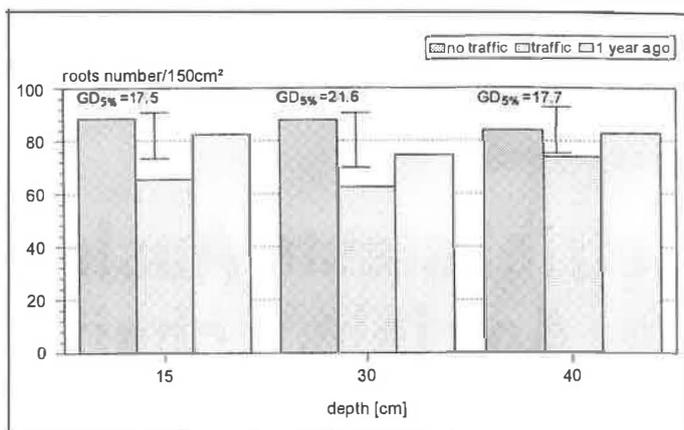


Abb. 4: Einfluss des Befahrens mit dem sechsreihigen Rübeneroder auf die Durchwurzelung

Fig. 4: Influence of driving with a six-row beet harvester on root

nierten Reifen mit 80 bis 105 cm Breite aufgenommen.

Wie wirkt diese Last auf den Boden? Dies sei zunächst am Druckverlauf über die Tiefe für feuchten Boden im praxisüblichen Einsatz dargestellt. Nahe der Oberfläche liegt der Druck unterhalb des Reifenluftdruckes, er geht auf 0,5 bar unterhalb der Pflugschleife zurück. Das zweite Rad übt keinen stärkeren Druck aus, weil es mit 1,05 m breiter und sein Luftdruck geringer ist.

Die hohe Radlast von 10 bis 11 t wirkt also weitgehend in der Krume. Denn im Unterboden weist der Boden eine naturbelassene hohe Festigkeit auf. Bei hoher Bodenfeuchte aber ändert sich die Porenstruktur: Der sensible Anteil an Grobporen wird spürbar reduziert, dergleichen die Fähigkeit der Wurzeln den Boden zu durchdringen (Bild 4). Bereits im folgenden Frühjahr (nach frostreicherem Winter) sowie an den späteren Probeterminen in 1997 und 1998 aber steigen die Werte wieder an.

Sowohl in der bearbeiteten Krume wie im Unterboden ist das Ausgangsniveau wieder erreicht. Zu bedenken ist die Streuung der Messwerte zwischen den Probenahmestellen und den Beprobungsterminen. Die statistische Analyse weist nur für die befahrene Variante eine signifikante Differenz zu den anderen nach.

Fazit

Die hohe Belastung in Fahrgassen oder unter hoher Radlast reduziert direkt die physikalischen und pflanzenbaulichen Kennwerte des Bodens, da er nicht stets unter guten Bedingungen befahren wurde.

Feuchter Boden trägt auch die hohe Last des Rübeneroders, größerer Wassergehalt aber lässt den Druck und damit die verdichtende Wirkung unter den Pflughorizont sinken.

Die nachteiligen Effekte gehen im Laufe des folgenden Jahres auf das Ausgangsniveau zurück. Der Ertrag ist nicht beeinträchtigt.