

Thomas Wilde, Kiel

Rübenenernte

Wirkung der Großmaschine auf den Boden

Ungünstige Witterungsverhältnisse und steigende Fahrzeugmassen in der Rübenenernte werden hinsichtlich der Auswirkung auf den Boden kritisch diskutiert. Dargestellt werden Messungen zu sechsstufigen Rübenrodern und zu Transportfahrzeugen während der Rübenenernte. Die Wirkung des Fahrens in der selben Spur sowie das spurversetzte Befahren der Fläche werden untersucht.

menhang werden 50 t Fahrzeugmasse auf dem Acker kritisch gesehen. Im Sinne der guten fachlichen Praxis, die nachhaltige Bodenfunktion nicht zu beeinträchtigen, gilt es, die Wirkung auf den Boden zu untersuchen.

Meßmethoden und Aussagekraft

Bodenverdichtung ist definiert als Zunahme der Bodenlagerungsdichte und der Veränderung des Porenvolumens gegenüber dem bodentypischen Ausgangswert. Die klassischen bodenkundlichen Parameter zur Kennzeichnung von Verdichtung sind daher die Porenvolumenanteile und die Lagerungsdichte. Angesichts der natürlichen Streubreite der Werte sind Wiederholungen notwendig. Je Meßstelle werden vier Vergleichsmessungen direkt nebeneinander angelegt (Bild 1). In den unter-

scheint daher aus Sicht der Zahlen wie der ackerbaulichen Bedeutung für den Luft- und Wasserhaushalt aussagekräftiger für die Wirkung von Bodendruck.

Einen weiteren Maßstab bietet das Penetrometer, daß den Durchdringungswiderstand des Bodens in N/cm^2 mißt. Unbefahrene landwirtschaftliche Böden weisen in 5 bis 25 cm Tiefe Penetrometerwerte zwischen 80 und 160 N/cm^2 auf, je nach Bodenzustand. Belastung mit schweren Maschinen, etwa Rübenroder, steigert den Wert auf 240 bis 300 N/cm^2 . Die Veränderung beträgt somit mehr als 100 %. Die natürliche Streuung wird von der Wirkung überlagert, wichtig für die Interpretation der Meßwerte. Nachteilig wirkt sich die Abhängigkeit vom Wassergehalt aus; sie erschwert Vergleiche über einzelne Standorte. Von besonderem Vorteil aber ist, daß diese Methode die plastische Verformung erkennen läßt, die auf nassem Boden als Reaktion auf mehrfaches Befahren entsteht. Mit der Belastung sinkt die Festigkeit und damit der gemessene Durchdringungswiderstand, das Porenvolumen bleibt wegen des Wassergehalts konstant.

Diese Parameter der Bodenkunde beschreiben den erzielten Zustand. Diese Bewertung reicht – wie an der Streuung zu sehen – allein nicht aus. Am Institut wird die Reaktion der Pflanze und zwar das Wurzelwachstum als biologische Indikation genutzt. Gerstenkörner werden unter definierten Labor-Bedingungen in naturbelassenen Bodenproben zum Keimen gebracht. Diese Methode erweist sich als sensibler als physikalische Mes-

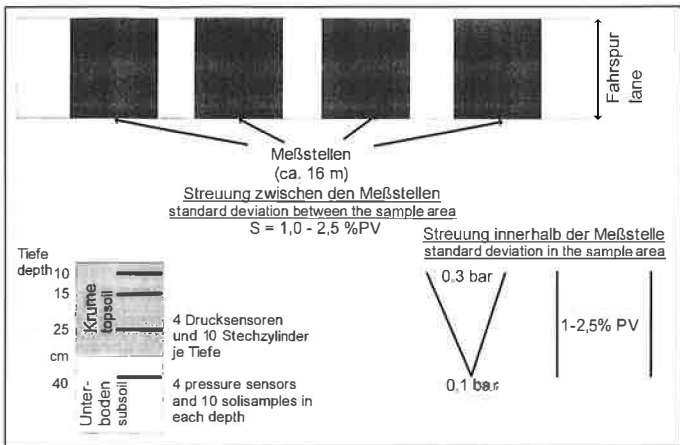


Bild 1: Anlage der Meßstellen auf einer Meßfläche für Bodendruck und -dichte

Fig. 1: Placing of measuring points for a measurement site for soil pressure and for soil density

Die Mechanisierungsverfahren der Rübenenernte kennzeichnen die Entwicklung zu höheren Gesamtmassen deutlich. Der Trend geht zu Lohnunternehmern, die leistungsfähige 6-reihige Selbstfahrer einsetzen. Heute werden bereits 60 % der Rüben 6-reihig geerntet; Tendenz steigend. Das Leergewicht eines 6-reihigen Köpfrödebunkers erreicht 25 t, der Bunker faßt 16 bis 25 t. Das Überladeverfahren kommt mit weniger schweren Maschinen aus. Mit größerer Arbeitsbreite und Schlaglänge werden aber mehr und größere Transportfahrzeuge benötigt.

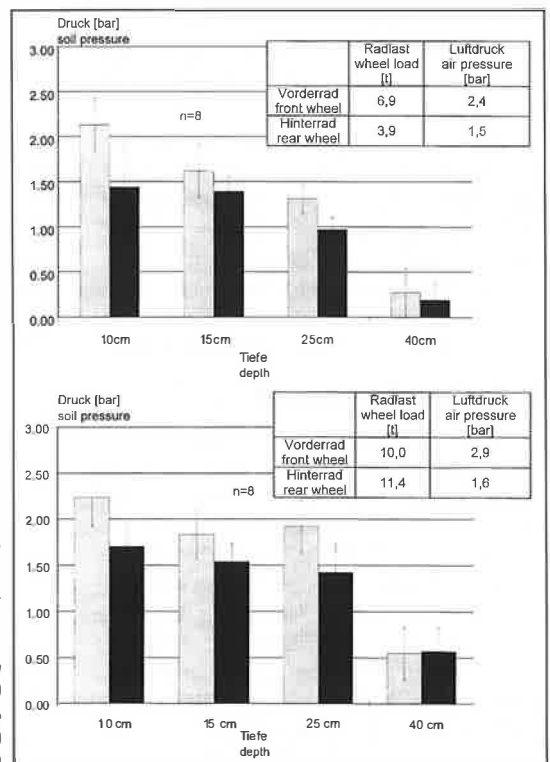
Rübenenernte findet oft unter ungünstigen, feuchten Witterungsbedingungen statt, was die Befahrbarkeit der Ackerflächen verschlechtert. In diesem Zusam-

men nehmen vier Drucksensoren den Druck der überrollenden Reifen auf. Vor und nach dem Überrollen werden zehn Proben mit Stechzylinder zur Untersuchung der bodenkundlichen Parameter aus jeder Tiefe gezogen.

Die Porenvolumenabnahme resultiert aus der Veränderung der Grobporen zu Mittel- und Feinporen. Die Differenz, die Fahrwerksvarianten hervorrufen, bleibt oft innerhalb der Streuung, ist in jedem Fall absolut und relativ gering, so daß die quantitative Aussage erschwert ist. Die Veränderung des engen Grobporenanteils (50 bis 10 μm)

Bild 2: oben: Bodendruck unter dem Rübenroder (SF10), Boden: sL unten: Bodendruck unter dem Rübenroder (Holmer), Boden: sL

Fig 2: top: Ground pressure beneath the sugar beet harvester (SF10) bottom: Ground pressure beneath the sugarbeet harvester (Holmer) (soil type: sandy loam)



Dipl.-Ing. agr. Thomas Wilde ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der CAU Kiel (Leitung Prof. Dr. E. Isensee), Olshausenstr. 40, 24118 Kiel.

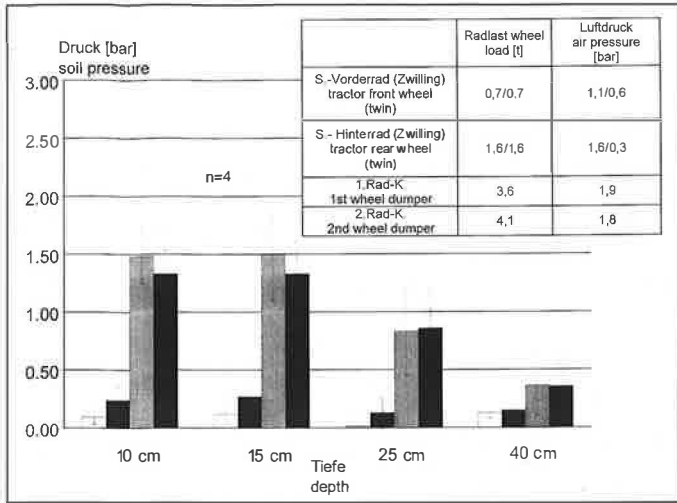


Bild 3: Bodendruck unter dem Transportfahrzeug, Boden: sL

Fig. 3: Ground pressure beneath the transportation vehicle

sungen, da die Wurzel auf die Summe der Veränderungen im Boden reagiert und somit Interaktionen berücksichtigt.

Aus landtechnischer Sicht nutzen wir gern ein Maß für die auf und in den Boden gebrachte Energie. Dazu messen wir den Druck im naturbelassenen Boden; sowohl unterhalb der Aufstandsfläche wie über die Tiefe. Denn zwischen Druck und Porenvolumen oder Dichte besteht eine klare Beziehung. Mit dieser Methode lassen sich unter realen Bedingungen von Boden und Auflast aussagefähige Ergebnisse zu den Einflussgrößen erzielen.

Messungen an Rodern und Fahrzeugen

Aus gutem Grund werden die Reifen mit größer werdender Radlast großzügiger dimensioniert. Das zeigt aber nur dann Wirkung, wenn die volle Breite tatsächlich aufliegt. In vielen Fällen ist dies nicht der Fall. Bei niedriger Radlast erreicht der Reifen in der Mitte ein schädliches Druckniveau, bei hoher hingegen nicht. Dann plattet der Reifen ab und trägt auch im äußeren Bereich, wenn auch nicht im äußersten. Hier könnte eine Luftdruck-Regelanlage für das Optimum aus Radlast-Luftdruck-Kontaktfläche sorgen.

In der Rübenernte konkurrieren große mit kleinen Bunkermaschinen sowie das Bunkerverfahren mit der parallelen Abfuhr. Daraus folgen unterschiedliche Massen der Fahrzeuge und Radlasten.

Zum ersten Komplex seien zwei typische Bauarten verglichen: der Holmer mit 43 t und der Kleine SF 10 mit 25 t Gesamtmasse.

Der Bodendruck unter dem Kleine beginnt mit dem Niveau des Reifenluftdrucks – vorn und hinten unterschiedlich – und geht dann kontinuierlich zurück, in der Krume auf 1 bar, darunter auf 0,3 bar (Bild 2 oben). Das Porenvolumen sinkt damit in den oberen drei Ebenen um 4 %-Punkte auf 42 %. In 40 cm Tiefe ändert

es sich nicht signifikant. Analog gilt dies für die Lagerungsdichte, die in der Krume von 1,4 auf 1,55 g/cm³ steigt.

Der Holmer – auf einer anderen Fläche gemessen – zeigt ein ähnliches Bild – der Druck fällt aber weniger stark über die Tiefe ab (Bild 2 unten). Die Ursache dafür wird

in dem hohen Luftdruck der Reifen liegen, von dem der Betrieb wegen der Fahrstabilität nicht abgeht. Folglich wird es verständlich, wenn das Porenvolumen im Oberboden von 45 % auf unter 40 % absinkt.

Im Unterboden schafft das Porenvolumen keine Aussage. Zum einen ist die Streuung hoch. Vor allem aber reicht der geringe Druck nicht, um den Boden zu verdichten. Die parallel durchgeführte Penetrometer-Messung führt in der Krume zu klaren Differenzen, ab 30 cm aber liegen die Werte für alle Varianten, ob unbefahren oder mit Holmer und Fahrzeugen befahren, auf gleichem Niveau.

Für beide Beispiele gilt: Der Luftdruck in den Reifen ist hoch, mit 2,2 und 2,9 bar zu hoch, ob durch die Bauart oder den Betrieb bestimmt. Die Gesamtmasse der beiden Systeme erscheint nicht entscheidend. Zumindest bei dem kleineren Bunker müßte man die Belastung einbeziehen, die vom Transportfahrzeug ausgeht (Bild 3).

Der Traktor ist mit Zwillingsreifen ausgerüstet, erzeugt also nur geringen Druck. Anders die Doppelachse des Kippers, die im oberen Bereich der Krume mit knapp 1,5 bar wirksam wird. Wegen der guten Befahrbarkeit fährt das Fahrzeug in der Spur des Roders. Bei guten Verhältnissen trägt diese vorbelastete Spur, unter feuchten traten negative Folgen des mehrfachen Überrollens auf.

Fahren in oder neben der Spur

Die hohen Lasten werden zum einen über großvolumige Reifen auf die breite Aufstandsfläche verteilt, zum anderen über eine höhere Zahl an Achsen. Das gilt für den Kipper im Parallelverfahren, das gilt für die dritte Achse am Roder. Das erscheint sinnvoll, weil mit der Last der

Druck im Boden in größere Tiefen dringt. Laufen jedoch auf weniger tragfähigen Flächen mehrere Räder in der gleichen Spur, so wird der Druck in größere Tiefen geleitet. Außerdem führt die häufige Belastung namentlich des feuchten Bodens zur Knetung.

Alternativ zur dritten Achse am Roder wird daher ein fünftes Rad vorgeschlagen, das zwischen den beiden Spuren läuft. Eine weitere Alternative besteht darin, beide Achsen seitenversetzt zu fahren.

Das Ergebnis aus Theorie und Studien bietet Holmer mit dem „terra dos“-Konzept an dem Trägerfahrzeug wie am Rübeneroder. Der optische, oberflächliche Eindruck zeigt die ebene Fläche. Wie sich der Druck im Boden fortplant, veranschaulichen die Werte in Bild 4 für wenig tragfähige Ackerböden: Der Bereich hohen Drucks wird von Rad zu Rad in größere Tiefe verlagert, mit der vierten Überfahrt sogar unter die Krume. Also liegt es nahe, die Räder auf empfindlichen Boden nicht nacheinander, sondern nebeneinander anzuordnen.

Fazit

Der Roder und deren Bunker werden größer in Leistung und Gewicht. Die technische Entwicklung reagiert hierauf mit geeigneten Fahrwerken. Die Bereifung wird so breit, daß

- sie den Boden schont
- oder weitere Lasten aufnimmt.

Überrollung roll over	Druck [bar] soil pressure [bar]			
	10 cm	15 cm	25 cm	40 cm
1. Rad 1st whell	2.3	1.8	1.3	0.6
2. Rad 2nd wheel	2.8	2.1	1.7	1.2
3. Rad 3rd wheel	2.2	1.8	2	1.8
4. Rad 4th wheel	2.3	2.5	2.2	2

Bild 4: Wirkung mehrfacher Befahrung, Boden: Marsch, Feuchte: 25-30 Gew. %

Fig. 4: Effects of multiple travelling (soil: marshy ground, soil moisture 25-30 % of weight)

Schlüsselwörter

Zuckerrübenernte, Bodenbelastung, Radlastverteilung, Radanordnung

Keywords

Sugar beet harvest, soil stress, wheel load distribution, wheel arrangement