

dienen zur Klärung der Frage, in welchem Umfang die ober- und unterirdische Pflanzenmasse zur Minderung des Bodendrucks und der Erosion beiträgt.

Der dynamische Druck wird mit der Bollingsonde in den Tiefen 15 cm, 25 cm und 40 cm erfaßt. Elektronische Aufnehmer übertragen den gemessenen Druck auf einen Mehrkanal-Schreiber. Für die Auswertung sind der Maximal- und der Restdruck von Bedeutung.

Im Bild 1 sind die in 15 cm Tiefe gemessenen Maximal- und Restdrücke des Versuchsjahres 1988/89 dargestellt.

Die Maximaldrücke in der unbegrünten und der mit Deutschem Weidelgras begrünnten Variante lagen nach einmaligem sowie dreimaligem Befahren bei 100 bzw. 160 kPa. Die hohen Werte der Weidelgras-Variante sind auf eine schlechte Pflanzenentwicklung zurückzuführen. Wesentlich günstigere Drücke erreichten die Varianten Sommer- und Wintergerste, die während der Vegetation eine ungestörte Pflanzenentwicklung zeigten. Die Drücke der Örtlich-Variante lagen zwischen den Meßwerten des Deutschen Weidelgrases und den Gerste-Varianten. Der Örtlich war allerdings zum Zeitpunkt der Messung mit Wuchsstoff behandelt worden, weil das erwartete Abfrieren angesichts des milden Winters ausblieb.

Im Bild 2 sind das Porenvolumen, die weiten Grobporen, die Lagerungsdichte und die Spurtiefe für die unbegrünte und die mit Wintergerste begrünnte Variante dargestellt. Es wird ersichtlich, daß das Porenvolumen der begrünnten Variante sowohl im unbefahrenen

Zustand als auch nach ein- und dreimaligem Befahren über dem der unbegrünten liegt.

Ähnliche Verhältnisse gelten auch für die weiten Grobporen und die Lagerungsdichte.

Bei der Spurtiefe verhält sich die begrünnte Variante nach einmaligem Befahren mit 6 cm günstiger gegenüber der unbegrünten mit 8 cm. Allerdings befinden sich nach dreimaligem Befahren beide Varianten mit einer Spurtiefe von 10 cm auf gleichem Niveau.

Die Werte in Tafel 1 veranschaulichen den Effekt der Begrünung auf die Wasserinfiltration. Die Messungen erfolgten mit einem Doppelringinfiltrometer. Dabei zeigte sich, daß gegenüber der konventionellen Spur keine Erhöhung der Infiltrationsrate erreicht werden konnte. Die Begrünung verhindert den Wasserfluß durch seitliches Ableiten in nicht verdichtete Zonen.

### 3.2. Zuckerrübenbau

Im Rübenbau wird die erodierende Wirkung von Niederschlagswasser besonders deutlich. Der Traktor hinterläßt bei der Aussaat verdichtete Spurwannen, die bevorzugt als Abflurinnen für Wasser und Boden dienen. Um diesen Erscheinungen entgegenzuwirken, erfolgt der Einsatz eines Spezialschares (Bild 3). Am Rübendillgerät angebaut, zog es in der vom Traktor hinterlassenen Spur des inneren Zwillingsreifens einen Schlitz, um die Infiltration zu erhöhen (Tafel 2). Die Arbeitstiefe lag bei 20 bis 25 cm.

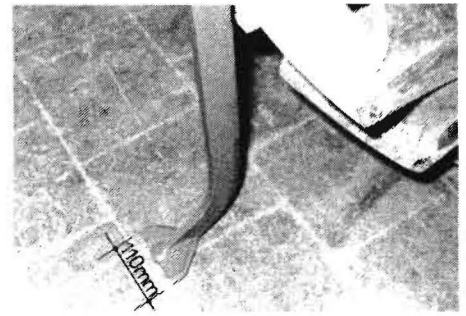


Bild 3. Spezialchar zur Anlage des Schlitzdräns

## 4. Zusammenfassung

Fahrgassen werden, um Düngung und Pflanzenschutz auszubringen, häufig befahren. Der Bodenstand bleibt dabei unberücksichtigt. Um Verdichtung und Erosion zu vermeiden, erfolgt die Begrünung und das Anlegen eines Schlitzdräns im Fahrschulbereich. Umfangreiche Meßmethoden dienen zur Klärung des Effektes von Begrünung und Schlitzdrän. Leichte Vorteile einer Begrünung zeichnen sich bei dem Bodendruck, dem Porenvolumen und den weiten Grobporen gegenüber der üblichen Praxis ab. Eine Verbesserung der Infiltration konnte durch die Begrünung nicht erreicht werden. Die erosionsmindernde Wirkung beruht lediglich darauf, daß der Wasserabfluß gehemmt wird. Im Rübenbau führt die Anlage eines Schlitzdräns zur Erosionsminderung, da das Wasser in den Traktorspuren vom Schlitz aufgenommen wird. A 5985

# Wirkung von Reifen- und Gummibandlaufwerken auf den Boden

Dipl.-Ing. agr. W. Olf

Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik

## Einleitung

Die Entwicklung von landwirtschaftlichen Reifen ist zunehmend einem Zielkonflikt ausgesetzt. Einerseits erhöhen sich die geforderten Tragfähigkeiten, und andererseits wird eine vermehrte Bodenschonung angestrebt. Der Kompromiß für eine erhöhte Tragfähigkeit bei abnehmendem Reifeninnendruck und weicher Karkasse liegt in einer größeren Reifendimensionierung, d. h. Reifen mit großem tragendem Luftvolumen. Beim Einsatz solcher Reifen entsteht ein bauartbedingtes Problem, da einerseits die zulässige Fahrzeugbreite eingehalten werden muß und andererseits der Rahmen und die Pritsche nach oben verlagert werden (z. B. beim Einsatz von Terrareifen). Zusammen mit einer weichen Reifenkarkasse führt diese Schwerpunktverlagerung zu verminderten Fahreigenschaften (schlechtere Seitenstabilität am Hang und Kippstabilität). Zusätzlich entstehen Probleme mit der Überladehöhe.

Eine Verfahrensalternative hinsichtlich der o. g. Problematik ist der Einsatz von Gummibandlaufwerken. Diese haben eine wesentlich größere theoretische Bodenkontaktflä-

che als Breitreifen, wodurch sich der Kontaktfächendruck (Kraft je cm<sup>2</sup> Kontaktfläche) vermindert. Auch kommt es nicht zu dem von Kettenlaufwerken bekannten Nachteil des Vibrationseffektes, der durch die Schwingungen der einzelnen Kettenglieder verursacht wird und trotz großer Bodenkontaktfäche zu erhöhten Bodenverdichtungen unter der Kette führt.

So setzt die Fa. Claas z. B. an Mähdreschern und Anhängern mit Tandemfahrwerk (Terra-Trac) Gummibandlaufwerke ein. Diese Fahrzeuge sollen nachfolgend näher untersucht werden.

## Versuchsaufbau und Untersuchungsparameter

Meßergebnisse, die die unterschiedlichen Auswirkungen von Breitreifen und Gummibandlaufwerken auf den Boden enthalten, wurden vom Autor zusammengestellt. Die Untersuchungen wurden anhand eines Terra-Trac-Anhängers, eines Güllewagens und eines Muldenkipplers mit einer Gesamtmasse von jeweils 16 t durchgeführt. Die Tandemfahrzeuge waren mit Michelin-Reifen 24 R 20.5 ausgestattet. Um Vorbelastun-

gen des Bodens durch die Zugmaschine auszuschließen, wurden die Anhänger seitlich versetzt angekoppelt.

Bei den Messungen wurden die zu vergleichenden Fahrzeuge abwechselnd eingesetzt, so daß die Fahrspuren der einzelnen Testfahrzeuge direkt nebeneinander untersucht werden konnten. Somit wurde der Residualfehler der Bodenänderung minimiert.

Für eine fundierte Beurteilung der Fahrwerkeinflüsse auf den Boden erfolgten die Messungen auf verschiedenen Versuchsflächen und -standorten, wobei unterschiedliche Bodenarten, z. B. auch stark humose Flächen, ausgewählt wurden. Versuchsflächen folgender Bearbeitungszustände wurden untersucht:

- nach der Stoppelbearbeitung
- nach der Stoppelbearbeitung und Beregnung mit einer Niederschlagsmenge von 90 mm/m<sup>2</sup>
- nach der Rübenernte (unbearbeitet)
- auf gepflügtem Boden.

Die Messung der Auswirkung unterschiedlicher Fahrwerke auf den Boden erfolgte anhand der nachstehenden Parameter:

### Dynamischer Druck

Der dynamische Bodendruck wurde mit einer weiterentwickelten Bolling-Sonde gemessen. Die aktuellen Bodendrücke wurden während einer Meßfahrt über die Sonde auf einem Schreiber mitgezeichnet. Dabei wurden simultan drei Tiefen von 15 cm, 25 cm und 45 cm untersucht.

### Bodenfestigkeit

Mit Hilfe eines Penetrometers wurden die verschiedenen Eindringwiderstände mit Hilfe von genormten Kegeln in den Fahrspuren der einzelnen Fahrwerke gemessen. Dabei wurden die Kegel mit einer konstanten Geschwindigkeit in den Boden bis zur Tiefe von 50 cm getrieben. Die Aufzeichnung der jeweilig benötigten Kraft zur Überwindung der Eindringwiderstände erfolgte kontinuierlich.

### Porenvolumen, Porenverteilung, Lagerungsdichte

Porenvolumen, Porenverteilung und Lagerungsdichte wurden an Bodenproben ermittelt, die mit Hilfe von Stechringen aus den Tiefen 15 cm, 25 cm und 45 cm genommen wurden.

Neben diesen Untersuchungen wurden zusätzlich Sondermessungen zur Beurteilung des Zugkraftbedarfes der Fahrzeuge und zur Beurteilung der Pflanzenschädigungen durch die Fahrwerke durchgeführt.

### Zugkraft

Die Kraft, die für den Zug der Testanhänger bei verschiedenen Bodenverhältnissen, Geschwindigkeiten sowie unterschiedlichen Gesamtmassen benötigt wird, wurde mit einem

mehrdimensionalen Kraftaufnehmer gemessen. Anhand der Ergebnisse erfolgte dann die Berechnung der Rollwiderstandsbeiwerte.

### Pflanzenschädigung

Überfahrversuche zur Simulation von Gülleausbringung, Pflanzenschutzmaßnahmen u. ä. im Bestand gaben Auskunft über die Verletzung bei jungen Wintergerste- und Rapsbeständen.

### Ergebnisse

Die Ergebnisse der dynamischen Bodendruckmessungen zeigten, daß die durch das Raupenlaufwerk erzeugten Drücke zwar geringer waren als die von den Tandemanhängern bis 1,5 bar hervorgerufenen, jedoch über den theoretischen Bodenkontaktdrücken von 0,5 bar lagen (Gesamtmasse/gesamte Bodenkontaktfläche), die von Gummibandlaufwerkherstellern angegeben werden. Die Überschreitung der theoretischen Werte ist die Folge der Elastizität des Gummibandes, bei dem keine gleichmäßige Druckverteilung über die Auflagefläche gewährleistet werden kann, sowie weiterhin dadurch begründet, daß die Stahlrollen nur die halbe Bandbreite überrollen. Dies bewirkt, daß unter den Stahlrollen ein wesentlich höherer Bodendruck entsteht, als neben und zwischen den einzelnen Rollen.

Die Penetrometerauswertung ergab, daß es unter dem Gummibandlaufwerk zu starken Verdichtungen im Oberboden (in den oberen 15 cm) kommt. Dies ist durch die typische Druckzwiebel eines kleinen Rades zu erklären. Dadurch wird die Verwendung eines Raupenlaufwerkes im Pflanzenbestand

bzw. in Fahrgassen eingeschränkt, da hier keine Oberflächenbearbeitung nachfolgt. Die o. g. Problematik der Elastizität des Gummibandes führt dazu, daß auch die Ergebnisse der Untersuchung des Porenvolumens, der Porenverteilung und der Lagerungsdichte beim Einsatz des Raupenlaufwerkes positiv zu beurteilen sind, im Vergleich zu Breitreifen jedoch nicht viel vorteilhafter ausfielen. Die Pflanzenschädigung während der Überfahrversuche war beim Gummibandlaufwerk vor allem bei Kurvenfahrten besonders hoch, da es dann zu extremen Bodenverschiebungen durch das radierende Band kam. Dies schränkt die Verwendung des Gummibandes im Pflanzenbestand zusätzlich ein. Allerdings ist dieses sicherlich abhängig von der Bodenfeuchte und der Bestandesdichte.

### Ausblick

Das Gummibandlaufwerk erzeugt keine gleichmäßige Druckverteilung über die Aufstandsfläche. Für eine weite Verbreitung des Gummibandlaufwerkes in der Landwirtschaft ist es daher notwendig, die Summe der Rollwiderstandsflächen auf dem Gummiband erhöhen oder seine Elastizität zu vermindern. Letzteres wäre möglicherweise durch eine Vernetzung der Stahleinlagen zu verbessern. Zur günstigeren Verteilung der Bodendrücke wäre es außerdem vorteilhaft, die einzelnen Stahlrollen untereinander federnd zu lagern, um so Spitzendrücke bei Bodenunebenheiten zu vermeiden. Nach diesen Verbesserungen könnte das Gummiband im Vergleich zu Breitreifen sehr gute Ergebnisse liefern.

A 5982

## Bodenbelastung durch Mechanisierungsverfahren in der Rübenernte

Prof. Dr. E. Isensee

Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für landwirtschaftliche Verfahrenstechnik

Das Problem der Bodenverdichtung ist ein viel diskutiertes Thema. Unklar bleibt dabei, was bereits unter Verdichtung verstanden wird und wie etwa das Ausmaß sein könnte. Besonders die Eingriffe der landwirtschaftlichen Mechanisierungsverfahren werden unterschiedlich und emotional beurteilt.

### Erhebungsuntersuchung

In diesem Sinn führte Sonderhoff [1] auf charakteristischen Betrieben und Standorten in Schleswig-Holstein eine Erhebung durch, bei der die bewirtschafteten Flächen mit unbefahrenen verglichen wurden. Die Vergleichsflächen setzten sich aus nicht bewirtschaftetem Gelände, aus Ödland oder extensivem Grünland zusammen.

Die Messungen wurden nach verschiedenen Parametern und Methoden durchgeführt. Als Maß für den Porenanteil wurde die Porenziffer gewählt. Im Bild 1 wird sie vereinfacht über die Tiefe abgetragen, dazu als Beispiele die Meßergebnisse aus Geest und Marsch als extreme Bodenarten. Dazwischen liegen die üblichen Lehm-Standorte. Besonders zu beachten sind die Tiefenbereiche 10 cm (Oberflächenwirkung) und 30 cm (Pflughorizont).

Deutliche Unterschiede zeigen sich in der Marsch. Die Lagerungsdichte auf Sandboden liegt insgesamt niedriger, die Bedeutung der Belastungsformen geht zurück. Unter den Ergebnissen fällt besonders auf, daß die häufig befahrene Fahrgasse im oberen Bereich einen geringen Wert erzielt, das Vorgehen über einen weitergehenden Bereich, da es über Jahre belastet ist. Die bewirtschaftete Fläche lagert um etwa 5% dichter als das Ödland. Somit ist es verfehlt, von extremer Verdichtung der Ackerböden zu sprechen. Im übrigen belegt das auch der steigende Verlauf der Ertragsfähigkeit.

In die Untersuchungen ging auch eine Systematisierung nach Betriebs- und Mechanisierungssystemen ein, wie Tafel 1 veranschaulicht. Deren Einfluß konnte allerdings nicht nachgewiesen werden. Weder der biologisch noch der mit Großmaschinen bewirtschaftete Betrieb setzt sich deutlich ab. In diesem Sinn wurden die Auswirkungen verschiedener Mechanisierungsmaßnahmen in der Zuckerrübenernte untersucht. Ziel waren Alternativen unter sechsstufigen Verfahren, einerseits im getrennten Verfahren (Schlegelköpfer und Roder an einem Fahrzeug gekoppelt, Laden im zweiten Arbeits-

gang), oder andererseits im Parallelverfahren (Laden auf nebenherfahrenden Anhänger).

### Große Fahrzeuge und Reifen

Vorbeugend werden von der Praxis Breit- und Terrareifen eingesetzt, zunächst am Traktor für Bodenbearbeitung und Bestellung, um dort tiefe Spuren und ein inhomogenes Saatbett zu vermeiden [2, 3, 4, 5, 6]. Bedeutsamer erscheinen die Arbeiten zur

Tafel 1. Mögliche Einflüsse auf die Bodenverdichtung nach [1]

Art der Bewirtschaftung	Geest	Marsch
Ernte	Porenvolumen von 40% auf 37...38%	Porenvolumen von 50% auf 45%
ökologisch pfluglos	flachere Krume und Pflugsohle, sonst gleich	Krume fester, keine Pflugsohle, Porenvolumen nahezu gleich, anfangs weniger, dann mehr Infiltration
Großbetrieb	tieferer Krume, Porenvolumen und Luftkapazität gleich, Pflugsohle ähnlich	