

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 Rollaufstandsflächen 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 Vorgehende 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	

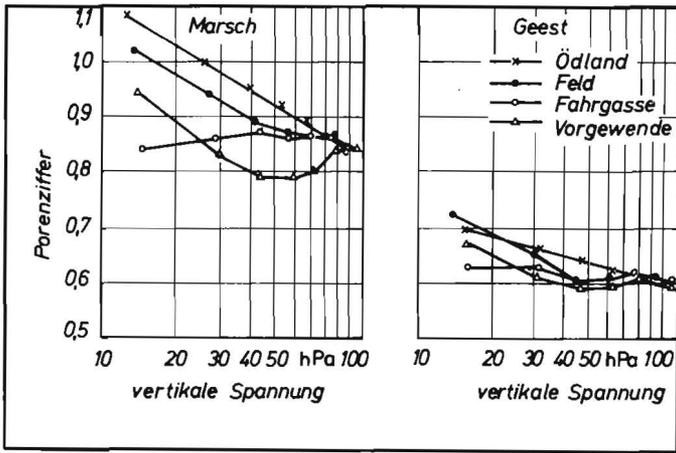
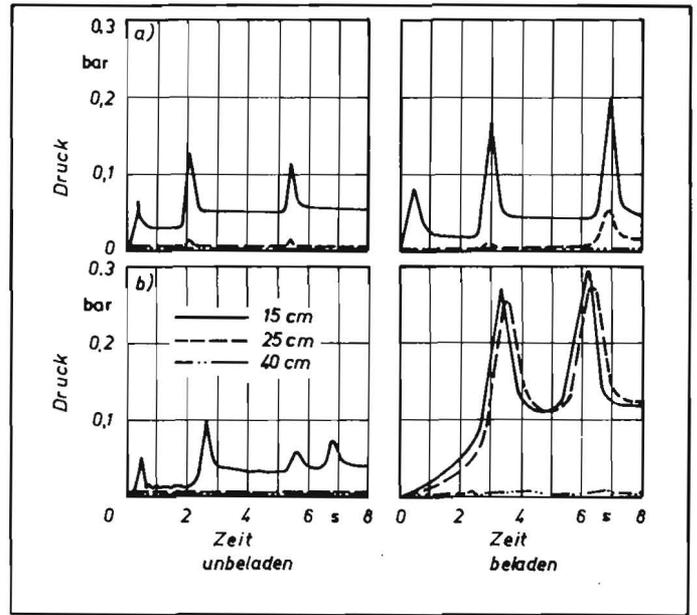


Bild 1. Verdichtung (Lagerungskurven) auf bewirtschaftetem und naturbelas-senem Boden von Marsch und Geest [1]

Bild 2. Verlauf von Spitzen- und Restdruck im Boden;
a) Einzelachse mit Terrareifen 66 × 43.00-25
b) Doppelachse mit Reifen 17,5-20



ngung und Ernte, bei der große Massen transportieren sind. Die Schlaglänge und die Arbeitsbreite erfordern für Stallung, Gülle oder Hackfrüchte Fahrzeuge mit einer maximalen Nutzmasse von 10 bis 12 t, die von der zulässigen Gesamtmasse von 18 t für Zweiachsanhänger und von 10 t für die Einzelachse von Doppelachskippanhängern begrenzt wird.

Angesichts der fahrtechnischen Vorteile hat sich der aufgesattelte Einachskippanhänger mit Einzel- oder Doppelachse durchgesetzt. Diese Fahrzeuge werden vermehrt mit großvolumigen Reifen ausgerüstet, so daß der Reifeninnendruck von 3 auf < 1 bar zurückgeht. Der niedrigere Querschnitt der Reifen (z. B. 50 %) hat gegenüber dem vollen Vorrückzug hinsichtlich Bauhöhe und Stabilität der Fahrzeuge. Daher mußte der Terrareifen mit einem Reifeninnendruck von 1,5 bis 2 bar eingesetzt werden. Den unterschiedlichen Ansprüchen von Acker- und Straßenfahrt kommt die Luftdruckregelanlage entgegen.

Der Vergleich von Fahrzeugen in der Rüben-ernte wurde unter Bedingungen der Praxis nach mehreren Kriterien durchgeführt [6, 7, 8]. Dichte, Porenvolumen und -struktur zu ermitteln, erscheint recht aufwendig. Daher gilt es, eine Korrelation zum dynamischen Druck abzuleiten, der sich direkt und mit tragbarem Aufwand registrieren läßt. Gemessen werden der Spitzendruck wäh-

rend der Einwirkung des Rades sowie der verbleibende Restdruck (Bild 2). Das Porenvolumen und die Grobporen gehen zunächst vom hohen Ausgangsniveau des lockeren Bodens stark zurück. Sodann stagniert der Effekt, wie die Regression ohne den Meßwert für die nicht belastete Fläche belegt. Für den Restdruck ist das Ausmaß noch geringer. Als Kriterium erweist sich der Anteil der Grobporen als sensibler.

Die Bilder 3 und 4 veranschaulichen, daß der Boden bei 40 % Porenvolumen eine gute Tragfähigkeit aufweist. Wesentlich erhöhte Radlast oder mehrfaches Befahren könnte den Kurvenverlauf senken. Insgesamt fällt auf, daß die Werte unter praktischen Gegebenheiten schwanken. Das mag statistisch von Nachteil sein, zeigt andererseits die Vieltaligkeit der natürlichen Bodenstrukturen am gleichen Meßort.

Der Vergleich von Spitzen- und Restdruck verschiedener Fahrzeuge ist in Tafel 2 dargestellt, wobei der Traktor die Vergleichsgröße bildet.

Die gegenwärtig eingesetzten Heckkipper stützen eine Masse von knapp 2 t auf den Traktor ab. Dargestellt sind nur die Werte für die jeweils hintere Achse in einer Bodentiefe von 18 cm. Im Vergleich zum Traktor wirkt die hohe Gesamtmasse der beiden Fahrzeuge. Unter ihnen mindert der niedrigere Kontaktflächendruck (0,8 bar gegenüber 1,7 bar) die Wirkung im Boden.

Mehrphasige Ernte oder Bunkerernte

Hinsichtlich der Ernteverfahren wird stark diskutiert, ob das mehrphasige Verfahren mit nebenherfahrendem Fahrzeug oder der Einsatz von Bunkerköpfrödem günstiger ist. In der Bundesrepublik sind die selbstfahrenden Bunkerköpfröder eingeführt, die von der Fa. Holmer gebaut werden. Der maschinen-

Tafel 2. Vergleich der Bodendrucke unter verschiedenen Fahrzeugen auf Rübenacker (Bodentiefe 13 cm, Wassergehalt 16 %)

Fahrzeug	Spitzen- druck bar	Rest- druck bar
Traktor (Motorleistung 150 kW)	0,18	0,07
Doppelachskipper (Gesamtmasse 14 t, Bereifung 5/20, Reifeninnendruck 2 bar)	0,30	0,12
Einachskipper (Gesamtmasse 11 t, Bereifung 66 × 43.00-25, Reifeninnendruck 1,7 bar)	0,21	0,06
Bunkerköpfröder der Fa. Holmer (Gesamtmasse 32 t, Bereifung 30,5 LR32, Reifeninnen- druck 2,2 bar)	0,30	0,11

Bild 3. Volumenanteile im Boden bei einer Tiefe von 15 cm in Abhängigkeit vom Maximaldruck; + Porenvolumen, * Grobporen

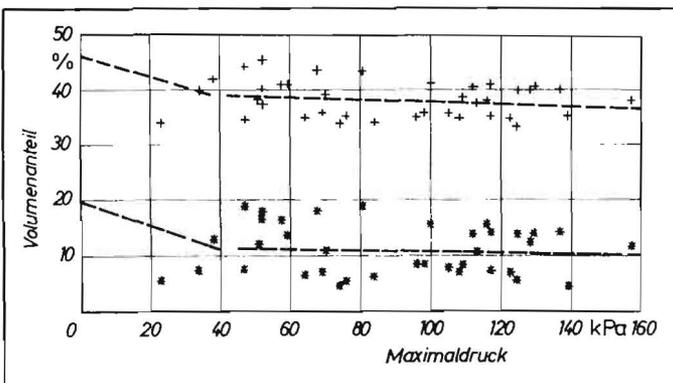
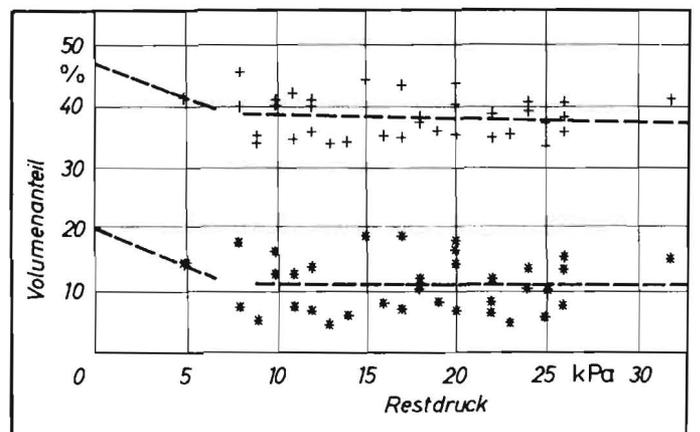


Bild 4. Volumenanteile im Boden bei einer Tiefe von 15 cm in Abhängigkeit vom Restdruck; + Porenvolumen, * Grobporen



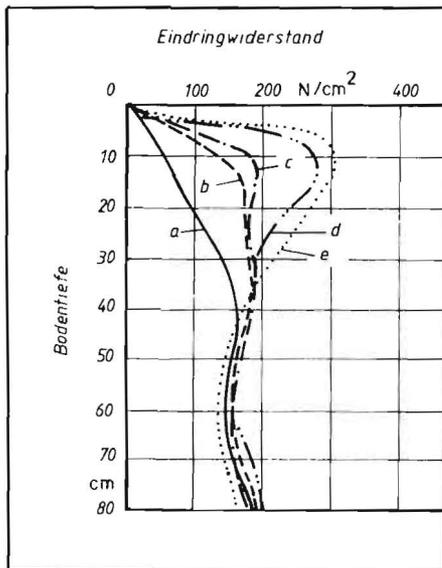


Bild 5. Eindringwiderstand von leichtem Boden (Sand 67,2%, Schluff 18,1%, Ton 14,7%, Humus 2,6%) in Abhängigkeit von der Anzahl der Überfahrten von verschiedenen Fahrzeugen (Porenvolumen: unbefahren 42%, Bunkerköpfröder der Fa. Holmer 40%, Kippanhänger 39%); a unbefahren, b Bunkerköpfröder der Fa. Holmer, 1mal überfahren, c Bunkerköpfröder der Fa. Holmer, 2mal überfahren, d Kippanhänger, 1mal überfahren, e Kippanhänger, 2mal überfahren

bauliche und hydraulische Aufwand führt zu einer hohen Eigenmasse von über 20 t, die Nutzmasse beträgt 12 t.

Der direkte Vergleich beruht zunächst auf den Fahrzeugen mit der hohen Radlast (Tafel 3). An der Oberfläche weichen Roder und Anhänger gering voneinander ab. In der Krume und unterhalb der Pflugsohle tritt der Unterschied deutlich hervor.

Die Bereifung am Bunkerköpfröder läßt einen geringeren Luftdruck von 1,7 bar zu, wobei jedoch Schwierigkeiten in der Fahrstabilität auftreten. Die Reifen sind sehr weich. Sie geben in den Seiten nach, wenn die hydraulische Steuerung des Rodeköpfers einsetzt. Diese Auswirkungen sucht das neue Konzept der Fa. Holmer zu umgehen, indem vier gelenkte Gummibänder unter dem Roder angebracht sind [9, 10, 11].

Als wesentlicher Unterschied zwischen dem Verfahren Bunkerköpfröder und dem getrennten Verfahren sei auf das mehrmalige Befahren hingewiesen. Vornehmlich auf

Fortsetzung von Seite 353

von geschälten Kartoffeln mit nur einem Mangel einer bestimmten Mangelflächengruppe aus Gründen des Versuchsaufwands keine beliebig große Stichprobe gewonnen werden. Zum anderen kann ein und dieselbe Stichprobe der ausgewählten Kartoffeln aus Gründen der Veränderung von Oberflächeneigenschaften nicht beliebig oft im Versuch verwendet werden.

Die sich aus Tafel 4 ergebende Leitgüte L_{mb} für 2 bezüglich ihres Mangelbilds nach Tafel 1 unterschiedliche reale Gemische geschälter Kartoffeln – bezogen auf gleiche Leitgüte L_{mf} von 81,9% (Stückanteil) – beträgt 53 bzw. 80% (Stückanteil). Die Differenz von 27% (Stückanteil) resultiert aus der sich aus der unterschiedlichen durchschnittlichen Anzahl der Mängel je Knolle innerhalb der Mangelflächengruppen ergebenden unter-

Tafel 3. Vergleich der Bodendrücke von Bunkerköpfröder (A) und Heckkipper (B) auf Rübenacker

Bodentiefe cm	Spitzendruck		Restdruck	
	A ¹⁾ bar	B ²⁾ bar	A ¹⁾ bar	B ²⁾ bar
15	1,8	1,8	0,18	0,14
25	1,7	1,2	0,16	0,10
45	0,7	0,3	0,11	0,10
60	0,35	0,12	0,10	0,06
75	0,30	–	0,10	–
90	0,20	–	0,10	–

- 1) 6reihiger Bunkerköpfröder: Gesamtmasse 32 t, Bereifung 30.5 LR32, Reifeninnendruck 2,1 bar
- 2) Doppelackkipper: Gesamtmasse 16 t, Bereifung 700/50-26,5

schweren, druckempfindlichen Standorten der Marsch spielt die Feuchtigkeit eine Rolle. Jede Wiederholung der Belastung reduziert die Bodenstabilität, was über den Penetrometerwiderstand angegeben wird (Bilder 5 und 6). Es ist somit richtiger, den Boden nur einmal zu befahren als mehrmals, wie es beim getrennten Verfahren der Fall ist. Das getrennte Verfahren macht unter feuchten Bodenverhältnissen eher Schwierigkeiten. Die Zugkraft des Traktors wirkt eher begrenzend als die Fahrtüchtigkeit des Selbstfahrers. Daraus resultiert aber die Gefahr, daß er auf zu feuchten Flächen eingesetzt wird.

Zusammenfassung

Der Beitrag gibt zunächst einen allgemeinen Einblick zum Status etwa vorhandener Bodenverdichtung sowie zu untersuchten Einflußgrößen. Sodann werden bodenschonende Reifen und alternative Rübenerteverfahren in ihrer Wirkung auf den Boden beurteilt.

Literatur

- [1] Sonderhoff, W.: Messungen zum Status der Bodenverdichtung und Bedeutung von Mechanisierungsverfahren. Christian-Albrechts-Universität Kiel, Dissertation 1988.
- [2] Bolling, I.: Bodenverdichtung und Triebkraftverhalten bei Reifen – Neue Meß- und Rechenmethoden. Technische Universität München, Dissertation 1987.
- [3] Gruber, W.: Befahrbarkeit von Ackerböden bei unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren. Landtechnik, Lehrte 44(1989)1, S. 25–27.
- [4] Isensee, E.; Sonderhoff, W.: Messungen an Niederdruckreifen. RKL-Mitteilungen Nr. 2.1.2.1, Kiel (1985) S. 125–134.

schiedlichen Leitgüten und aus den in den Mangelflächengruppen enthaltenen mangelbehafteten Kartoffeln, die in den verglichenen realen Gemischen unterschiedliche Stückanteile aufweisen.

4. Zusammenfassung

Es wurden 22 Varianten (Schälregime × Rohware) des Verfahrens C bezüglich der die Mangelausprägung der geschälten Kartoffeln des Verlesestroms kennzeichnenden Parameter analysiert. Auf der Basis von experimentell ermittelten Ergebnissen zur Leitgüte für Kartoffeln mit einem Mangel wurde für 2 reale Gemische geschälter Kartoffeln die Leitgüte L_{mb} berechnet. Der Einfluß von Parametern des Mangelbilds auf die Leitgüte L_{mb} ist wesentlich. Es ist notwendig, diese Abhängigkeit der Leitgüte L_{mb} vom Mangelbild für die objektive Beurteilung der Arbeitsqua-

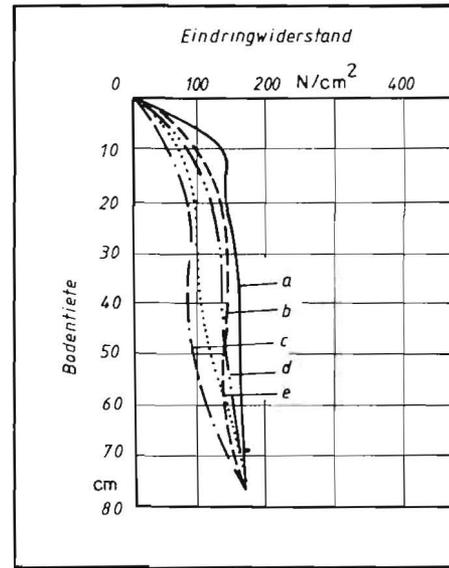


Bild 6. Eindringwiderstand von schwerem Boden (Sand 39,9%, Schluff 51,5%, Ton 8,6%, Humus 3,2%) in Abhängigkeit von der Anzahl der Überfahrten von verschiedenen Fahrzeugen (Porenvolumen: unbefahren 45%, Bunkerköpfröder der Fa. Holmer 44,5%, Kippanhänger 42%); a unbefahren, b Bunkerköpfröder der Fa. Holmer, 1mal überfahren, c Bunkerköpfröder der Fa. Holmer, 2mal überfahren, d Kippanhänger, 1mal überfahren, e Kippanhänger, 2mal überfahren

- [5] Isensee, E.: Bodenbelastung durch Maschinen- druck. Vorträge zur Hochschultagung 1985. Schriftenreihe der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel Nr. 67 (1989).
- [6] Isensee, E.; Schick, V.: Transportfahrzeuge und Bodendruck. Landtechnik, Lehrte 44(1989)10, S. 434–437.
- [7] Sonderhoff, W.: Wirkung schwerer Fahrzeuge auf den Boden. Landtechnik, Lehrte 42(1987)10, S. 405–407.
- [8] Sonderhoff, W.: Beeinflussung der Bodenstruktur durch verschiedene Rübenerteverfahren. Die Zuckerrübe, Gelsenkirchen-Buer 41(1988)5, S. 250–253.
- [9] Evans, W. C.; Gove, D. S.: Rubber belt track in agriculture (Gummibandlaufwerk in der Landwirtschaft). ASAE Summer Meeting 1986.
- [10] Heine, A.: Bodenschonende Fahrwerke landwirtschaftlicher Transportanhänger. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 36(1986)2, S. 42–49.
- [11] Rüdiger, A.; Köhler, U.: Abschätzung des mittleren Bodendrucks unter Gleisbandfahrwerken. agrartechnik, Berlin 37(1987)2, S. 76–78.

A 5983

lität von Verleseautomaten für geschälte Kartoffeln zu berücksichtigen. Es wird eingeschätzt, daß die vom Mangelbild unabhängige Leitgüte für geschälte Kartoffeln mit einem Mangel ein geeigneter, unter Laborbedingungen meßbarer Parameter für die objektive Wertung der Arbeitsqualität von Mangelerkennungseinrichtungen ist. Bei der Prüfung von Qualitätsverleseautomaten unter Produktionsbedingungen sollte die Leitgüte L_{mb} unter Berücksichtigung der Streubreite des Schälregimes und der eingesetzten Rohware ermittelt werden.

Literatur

- [1] Dreesen, W.; Vetter, S.: Stand und Entwicklung des industriellen Schälens von Speisekartoffeln in der DDR. agrartechnik, Berlin 37(1987)11, S. 512–514.
- [2] Weber, E.: Grundriß der biologischen Statistik. Jena: Gustav-Fischer Verlag 1967. A 5811