

Rupert Geischeder, Robert Brandhuber und Markus Demmel, Freising

# Wirkung verschiedener Fahrwerke auf die Bodenstruktur bei gleichem Kontaktflächendruck

Der Trend zu leistungsfähigeren Landmaschinen ist häufig mit einer Zunahme der Fahrzeugmassen verbunden. Die Radlasten sind in jüngster Zeit insbesondere bei den selbstfahrenden Erntemaschinen gestiegen. Die Landtechnik reagiert mit neuen Laufwerkstechnologien und Fahrwerkskonzepten auf diese Entwicklung. Moderne Radialreifen, großvolumige Breitreifen und Gummibandlaufwerke sowie das spurversetzte Fahren sollen hohe Radlasten bodenschonend auf Ackerböden abstützen und das Risiko von Unterbodenverdichtungen minimieren.

Dipl.-Ing. (FH) Rupert Geischeder ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) 85354 Freising - Weißenstephan, e-mail: [Rupert.Geischeder@lfl.bayern.de](mailto:Rupert.Geischeder@lfl.bayern.de). Robert Brandhuber ist Leiter der Arbeitsgruppe Bodenphysik und Standortbeurteilung am Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz (IAB) der LfL. Dr. Markus Demmel ist Koordinator des Arbeitsbereiches Verfahrenstechnik im Pflanzenbau am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der LfL.

## Schlüsselwörter

Bodenverdichtung, Bodendruck, Bandlaufwerk, Schlauchdrucksonden

## Keywords

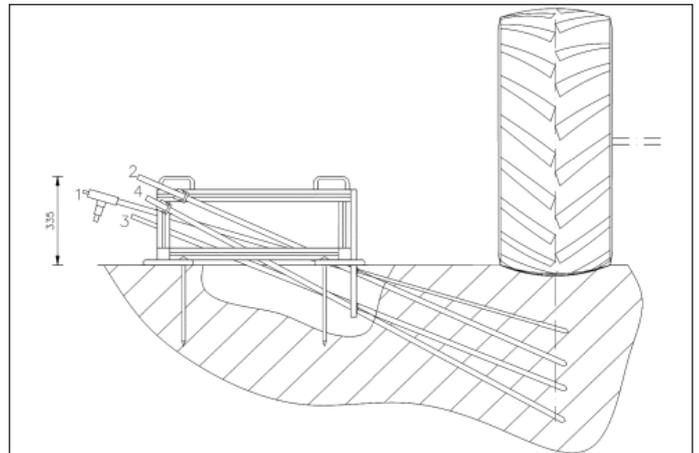
Soil compaction, soil stress, rubber belt carriage, hose type pressure transducers

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07SH04 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Bild 1: Messanordnung der Schlauchdrucksonden für die vier Beprobungstiefen

Fig. 1: Measuring arrangement of the soil pressure sensors for four the sampling depths



Radlaufwerke sind gekennzeichnet durch Mehrfachüberrollungen, welche in der Literatur hinsichtlich des Einflusses auf die Bodenstruktur unterschiedlich bewertet werden. So stellte Weißbach bei seinen Untersuchungen fest, dass jede zusätzliche Überrollung einen Druckanstieg im Boden zur Folge hat [1]. Keller dagegen konnte bei seinen Untersuchungen zur mehrmaligen Überrollung keinen Druckanstieg im Boden feststellen [2]. Der Einsatz von Bandlaufwerken zur Bodenschonung bei schweren Erntemaschinen wird ebenfalls unterschiedlich beurteilt. Brunotte stellte zwischen hohen Rad- und Bandlasten bei Zuckerrübensvollernern keine Unterschiede zwischen den Laufwerken bei der Bodensatzungsmessung fest [3]. Ansonne konnte bei Messungen in der Bodennrinne deutlich geringere Bodendeformationen beim Bandlaufwerk nachweisen [4].

Der Einsatz leistungsfähiger und bodenschonender Landmaschinen ist für die Landwirtschaft von großer Bedeutung. Deshalb wurde eine eigene Untersuchung mit streng systematischem Ansatz durchgeführt. Ihr lag folgende Fragestellung zu Grunde: „Beansprucht ein modernes Gummibandlaufwerk den Boden weniger als eine Mehrfachüberrollung mit Radial-Niederdruckbreitreifen, wenn Kontaktflächendruck und Gesamtlast in beiden Fällen gleich hoch sind?“

## Ziel

Ziel der Untersuchungen war also, die Wirkungen unterschiedlicher Laufwerke bei

- gleichem Kontaktflächendruck und
- identischer Gesamtlast

auf Bodenbeanspruchung (Bodendruck) und Bodenverformung im Ober- und Unterboden unter Feldbedingungen festzustellen.

## Material und Methode

Zur Prüfung der Hypothese wurden drei Fahrwerkskonfigurationen definiert. Sie basieren auf einer einmaligen Überrollung mit einem modernen Bandlaufwerk, einer zweimaligen Überrollung mit einem großvolumigen Radialreifen und einer vierfachen Überrollung mit einem „üblichen“ Radialreifen (Tab. 1).

Die Radlasten ermöglichten es bei den Radialreifen einen nahezu identischen Innendruck einzustellen. Die Kontaktflächendrücke aller drei Varianten sollten dazu identisch sein, was vorab mit dem Programm TASC [5] auf Modellebene getestet wurde.

Im Frühjahr 2006 wurde der randomisierte Feldversuch mit sechs Wiederholungen je Überrollungsstufe (Tab. 1) durchgeführt. Die Bodenfeuchte des sandigen Lehms entsprach bis in die Beprobungstiefe von 50 cm

Tab. 1: Versuchsansatz

Table 1: Concept of experiment

Überrollungs-Stufen	Bereifung Fahrwerk	Anzahl der Überrollungen	Radlast Bandlast [kN]	theoretischer mittlerer Kontaktflächendruck [kPa]
1. 1-fach Band	890 x 2000 mm	1	100	0,5
2. 2-fach Rad	1050/50 R32	2	50	0,5
3. 4-fach Rad	620/70 R25	4	25	0,5

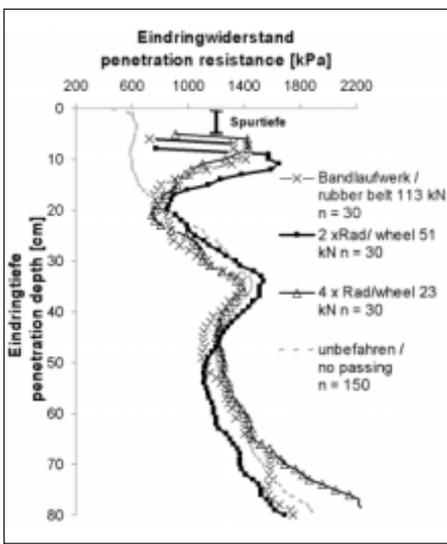


Bild 2: Gemessene Eindringwiderstände unter den Belastungsvarianten

Fig. 2: Penetration resistance beneath the load variants

der Feldkapazität. Vor der Überfahrt wurden die Rad- und Bandlast ermittelt sowie die Aufstandsfläche durch Abstreuen mit Kalk im Feld. Die während der Überrollungen auftretenden Bodendrücke wurden mit Schlauchdrucksonden in 20, 30, 40 und 50 cm Tiefe gemessen (Bild 1). Mit einem Penetrometer wurden die Eindringwiderstände in und neben den jeweils befahrenen Spuren ermittelt. Zur Quantifizierung von Bodenverformungen wurden Stechzylinder in und direkt neben den Spuren in den Tiefen 15 bis 20 cm und 40 bis 45 cm entnommen, wodurch die Bestimmung von Lagerungsdichte, Porenvolumen, Luftkapazität und pneumatischer Leitfähigkeit erfolgen konnte. Eine detaillierte Darstellung der bodenphysikalischen Untersuchungsergebnisse erfolgt an anderer Stelle.

### Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 2 sind die vor Ort gemessenen Fahrwerksparameter zusammengefasst. Das Bandlaufwerk mit der hohen Aufstandsfläche erreicht trotz der Last von 113 kN den niedrigsten mittleren Kontaktflächendruck.

Die Auswertung der Penetrometermessungen zeigt eine deutliche Differenzierung zwischen den Spuren und dem unbefahrenen Boden (Bild 2). Alle Überrollungen führten zu einer Erhöhung des Eindringwiderstandes im Oberboden. Dabei wurden die größten Effekte bei der zweifachen Überrollung

Überrollungs-situation	Bereifung Fahrwerk	Radlast / Bandlast Einsatz 19. 4. 2006	Reifen-innen-druck [kPa]	Aufstands-fläche [cm <sup>2</sup> ]	Mittlerer Kontakt-flächen-druck [kPa]
1. 1-fach Band	890 x 2000 mm	113 kN	-	18.300	62
2. 2-fach Rad	2 x 1050/50 R32	2 x 51 kN	70	2 x 7.400	69
3. 4-fach Rad	4 x 540/60 R 28	4 x 23 kN	60	3.100	74

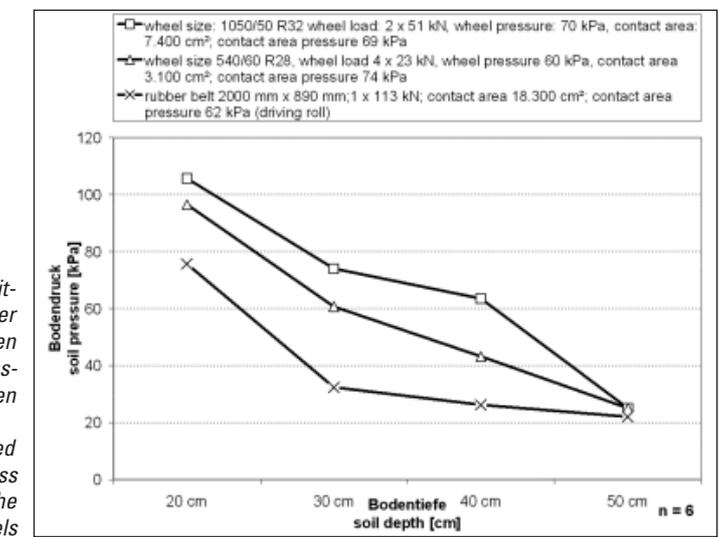


Bild 3: Ermittelte Spitzendrücke in vier Bodentiefen bei den jeweiligen Belastungsstufen

Fig. 3: Measured maximum vertical stress in four soil depths for the respective load levels

(Rad 1050/50 R32) mit 51 kN Radlast festgestellt. Beim Bandlaufwerk wurde eine geringfügig tiefere Spur als bei der vierfachen Überrollung (Rad) gemessen, wobei der Eindringwiderstand im Oberboden einen identischen Verlauf zeigte. Ab einer Tiefe von 22 cm waren die Eindringwiderstände aller Überrollungsvarianten auf nahezu einheitlichem Niveau.

Die Auswertung der mittleren Spitzendrücke der Schlauchdrucksondenmessungen zeigt den Druckabbau der einzelnen Belastungsstufen über die jeweiligen Bodentiefen. Bei allen Mehrfachüberrollungen, wie auch beim Bandlaufwerk, wurde das von [1] beschriebene Phänomen des Druckanstiegs beobachtet. Es ist eine deutlichere Differenzierung zwischen den Überrollungsstufen erkennbar (Bild 3).

Die zweifache Überrollung mit dem großen Reifen (1050/50 R32) erzeugte in den drei Tiefen 20, 30 und 40 cm die höchsten Drücke. Der größte Druckabbau fand zwischen den Tiefen 40 auf 50 cm statt.

Die vierfache Überrollung mit jeweils 23 kN Auflast zeigte - verglichen mit der zweifachen Überrollung und 51 kN Auflast - geringere durchschnittliche Spitzendrücke in den oberen drei Messtiefen. Der höchste Druckabbau fand bei der vierfachen Überrollung in 20 bis 30 cm Tiefe statt.

Das niedrigste Druckniveau in allen Tiefen wurde unter dem Bandlaufwerk gemessen. Zwischen 20 und 30 cm Tiefe erfolgte der größte Druckabbau auf etwa 50 % des Druckes. In 40 cm Tiefe lag der durchschnittliche Spitzendruck knapp über dem eingestellten Vordruck von 22 kPa.

### Zusammenfassung der Ergebnisse

In allen drei Überrollungsvarianten wurde im Bereich der oberen Krume (bis 15 cm Tiefe) eine Zunahme des Eindringwiderstandes nachgewiesen. Die zweifache Überrollung (Rad, 51 kN) bewirkte höhere Eindringwiderstände als die einmalige Überrollung mit dem Bandlaufwerk und die vierfache Überrollung mit dem Rad 23 kN. Unterhalb der Pflugsohle waren keine Auswirkungen der Überrollungen auf den Eindringwiderstand zu beobachten.

Die Schlauchdrucksondenmessungen unter dem Band (113 kN) zeigen in 20 cm Tiefe, ähnlich wie bei den Radüberrollungen, deutliche Druckspitzen. Diese bauen sich unter dem Band in der Tiefe schneller ab als bei den beiden Radvarianten. In 50 cm Tiefe wurde bei keiner Überrollungssituation ein Druckanstieg über den eingestellten Vordruck von 22 bis 25 kPa gemessen.

### Schlussfolgerungen

Die Untersuchung zeigt die unterschiedliche Wirkung verschiedener Laufwerkskonfigurationen bei der Abstützung einer nahezu identischen Last. Penetrometermessungen belegen, dass im Oberboden (bis 20 cm Tiefe) deutliche Verformungen stattfinden.

Bei annähernd gleichen mittleren Kontaktflächendrücken führt die höhere Radlast (51 kN, zweifache Überrollung Rad) zu einer größeren Tiefenwirkung der Bodenbeanspruchung. Das Bandlaufwerk mit 113 kN Auflast kann trotz der festgestellten Druckspitzen unter den vier Rollen nicht mit einer vierfachen Überrollung (4 • 23 kN) gleichgesetzt werden. Das hoch gespannte Band stützt auch zwischen den Laufrollen Gewicht auf den Boden ab. Die festgestellten deutlichen Unterschiede zwischen Band und bereiftem Rad sprechen für die Annahme, dass die Druckverteilung unter den beobachteten Radialreifen ungleich ist, mit einer starken Konzentration im Zentrum der Aufstandsfläche, wie dies von [6] in Messungen mit Piezosensormatten belegt wird.