

Dirk Ansorge und Richard John Godwin, Silsoe/GB

Raupen und Reifen

Eine maßstäbliche Laboruntersuchung

In Silsoe wurden unter kontrollierten Bedingungen im Labor Untersuchungen zum Einfluss von Reifen und Raupenfahrwerken auf die Bodenverdichtung mit hohen Achslasten (21 bis 24 t) durchgeführt. Dabei hat sich ein signifikanter Vorteil von Terra Trac Raupen gegenüber Reifen bei gleicher Last in Bodendeformationsmessungen gezeigt. Der kleinere 600/65-26,5 Reifen bei 4,5 t Last und 1,4 bar Luftdruck verursacht dieselbe Bodendeformation wie eine Raupe bei 10,5 t bis 12 t. Eine Reduktion des Reifendrucks - bei mit der Raupe vergleichbarer Last - führte zu geringerer Bodendeformation im Vergleich mit normalem Reifendruck, jedoch größerer Deformation als durch Raupen.

Dirk Ansorge, M.Sc., M.Sc. by Research, B.Sc. ist Doktorand von Prof. Dr. Richard J. Godwin, der die Agrartechnikabteilung an der Cranfield University in Silsoe, Großbritannien, am National Soil Resources Institute leitet; Cranfield University Silsoe, NSRI, Silsoe, Beds MK45 4DT, GB; e-mail: d.ansorge.s04@cranfield.ac.uk
Die Untersuchungen werden von der Claas KGaA mbH unterstützt. Dirk Ansorge kam für seine Masterarbeit im Rahmen eines Double Degree Programms zwischen der Universität Hohenheim und der Cranfield University nach Silsoe.

Schlüsselwörter

Bodenverdichtung, Fahrwerksvergleich, Raupen, Reifen, Bodendeformation

Keywords

Soil compaction, comparing drive systems, tracks, tires, soil deformation

Mit steigenden Achslasten steigt die Gefahr schädlicher Bodenverdichtung [3]. In der Folge werden vermehrt Raupenfahrwerke eingesetzt, wobei es bislang keine Untersuchung zur Bodenverdichtung durch Reifen und Raupenlaufwerke unter kontrollierten und wiederholbaren Bedingungen gibt. Felduntersuchungen zu Fahrwerksvergleichen mit sich widersprechenden Ergebnissen wurden von [1] zusammengefasst, wobei der Raupentyp die Auswirkungen auf den Boden bestimmte. In einer Laborstudie wurden Reifen und ein Bandlaufwerk in Bezug auf die Bodenverdichtung an der Cranfield University, Silsoe, untersucht.

Testrahmen

In Bild 1 ist der eigens für die Studie gebaute Testrahmen für Raupen/Reifen zu sehen. Dieser kann entweder ein Claas Terra Trac Raupen System (linke Seite, Bild 1; vor Versuch) oder Reifen (rechte Seite, Bild 1; nach Versuch) antreiben. Der Testrahmen selbst wird auf Schienen entlang der Bodenrinne geführt und kann mit Zusatzgewichten eine Masse von 16 t erreichen. Über einen Hydraulikzylinder können hiervon bis zu 14 t über die Achse, die von einem Linearlager



Bild 1: Fahrwerkstestrahmen mit einer Raupe (links) vor und einem Reifen (rechts) nach der Überfahrt

Fig. 1: Single Wheel/Track tester with a track (left hand side) before and a tire (right hand side) after a run

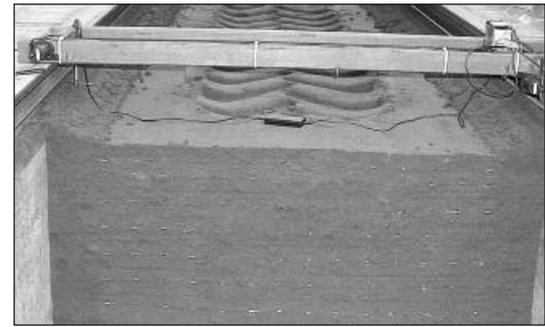


Bild 2: Talkumpunkte im Kontrollanschnitt nach der Überfahrt eines Reifens (800/10.5/2.5) in der Bodenrinne mit dem Rahmen mit Linearpotentiometern

Fig. 2: Talcum powder points of the control after the pass of a tire (800/10.5/10.5) in the soil bin including the frame with the drawstring transducers

geführt wird, auf das Fahrwerk übertragen werden.

Bodendeformationsmessungen

Die Versuchsrinne wird in 5 cm Schichten mit Boden befüllt, wobei jede Schicht entsprechend der gewünschten Bodendichte mit einer Walze vorverdichtet wird, bevor die nächste Schicht aufgebracht wird. Um nach der Überfahrt festzustellen, wie sich der Boden unter einer Raupe oder einem Reifen verformt oder verdichtet hat, werden bei der Bodenpräparation Talkumstreifen eingebracht. Dazu wird nach Walzung der Bodenschicht ein Brett mit Schlitzern in 100 mm Abständen auf den Boden gelegt, Talkumpulver darauf gegeben und anschließend in die Schlitzte gekehrt. Dies wird in drei Wiederholungen und einer Kontrollposition durchgeführt, bis die Bodenrinne voll-

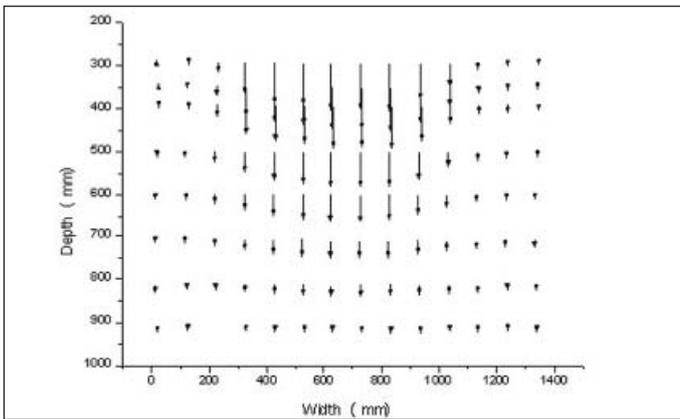


Bild 3: Vektoren der Bodenverschiebung in der Bodenrinne nach der Überfahrt eines 800/10.5/2.5

Fig. 3: Vector diagram of soil movement in soil bin after the pass of a tire 800/10.5/2.5

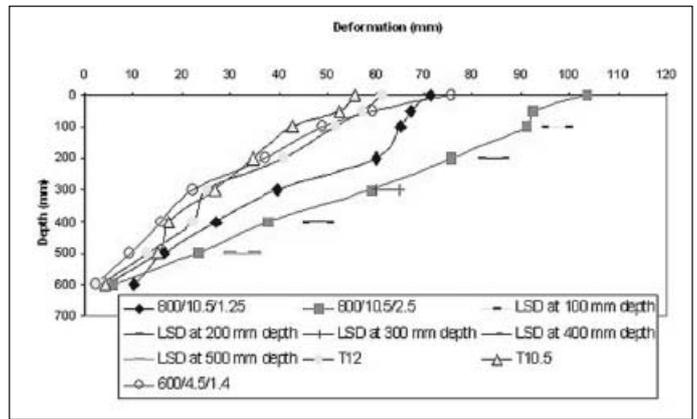


Bild 4: Bodendeformation über der Tiefe für Reifen und Raupe auf einheitlichem Boden

Fig. 4: Soil deformation vs. depth for tires and tracks on uniform soil conditions

ständig präpariert ist. Nach der Überfahrt des Testrahmens werden die Talkumstreifen angeschnitten, welche im Anschnitt/Profil als Punkte, wie in Bild 2 gezeigt, zu sehen sind. Mit einem Pin, der mit Linearpotenziometern verbunden ist, wird die Position der Talkumpunkte vermessen und digitalisiert. Aus der Differenz der Koordinaten der Talkumpunkte im Überfahrt- und Kontrollbereich lässt sich die Bodenbewegung und somit die Deformation des Bodens in Vektorform ermitteln. Dies ist eine Weiterentwicklung des von [4] verwendeten Verfahrens.

Die Talkumpunkte sowie der Rahmen mit Linearpotenziometern sind in Bild 2 im Kontrollanschnitt nach der Überfahrt zu sehen. In Bild 3 ist das Vektordiagramm der Bodenbewegung nach Überfahrt eines 800/10.5/2.5 dargestellt, wobei der Schlüssel für die verwendeten Reifengrößen, Lasten, Luftdrücke und Raupenlasten in Tabelle 1 aufgeführt ist. Die durchschnittliche Bodenbewegung in der Spurmitte lässt sich durch das Mittel der zentralen vier Vektoren einer Schicht angeben. Trägt man diese gemittelte Vektorlänge über der Tiefe auf, erhält man je eine Bodenverschiebungsprofil pro Versuch wie in Bild 4 dargestellt.

Die Raupe wurde einmal bei gleicher Last wie ein Reifen und einmal bei gleichen Einsatzbedingungen, also mit 1,5 t mehr Last, getestet. Zusätzlich schließen die Versuche noch den 600/4.5/1.4 ein, was ungefähr einem Drittel der Last eines Bandlaufwerks entspricht.

Die Trockenbodendichte stellt mit $1,4 \text{ g/cm}^3$ eine sehr geringe Tragfähigkeit für einen sandigen Schluff dar und wurde speziell gewählt, um die Unterschiede zwischen den einzelnen Behandlungen hervorzuheben.

Ergebnisse

In Bild 3 ist die senkrechte Bodenbewegung nach der Überfahrt auffällig, wobei sich der Boden nicht messbar seitlich bewegt hat. Die stärkste Bodendeformation findet in der Mitte statt und nimmt mit der Tiefe und zur Seite hin ab.

Wie Bild 4 zeigt, wird die größte Bodendeformation vom 800/10.5/2.5 verursacht. Bei halbem Reifendruck geht die Bodendeformation signifikant zurück. Die T12- wie auch die T10.5- Raupenversuche verursachen nochmals eine signifikant geringere Bodendeformation als der 800/10.5/1.25. Die Lastdifferenz von 1,5 t verursacht tendenziell eine stärkere Bodenverdichtung für die T12, der Unterschied ist jedoch nicht deutlich. Ein 600/4.5/1.4 verursacht die gleiche Bodendeformation wie die Raupe bei der zwei- bis dreifachen Last.

Wenn eine Regressionsgerade durch die Messpunkte gelegt wird, erhält man Korrelationskoeffizienten zwischen 97 und 99 %, die eine lineare Funktion rechtfertigen. Der Kehrwert der Steigung dieser Funktion ist die relative Zunahme der Bodendichte. Daraus folgt, dass sich im Durchschnitt die Dichte des Bodens bei einer sehr geringen Tragfähigkeit durch die Überfahrt des

800/10.5/2.5 um 15 % erhöht. Im Vergleich dazu beträgt die Zunahme bei halbem Luftdruck für den 800/10.5/1.25 12 % und bei dem Bandlaufwerk 10 %. Ein Reifen mit etwa einem Drittel der Last verursacht die gleiche Bodenverdichtung wie eine Raupe.

Schlussfolgerungen

Die Terra Trac Raupe verursacht bei gleicher Last sowie bei gleichen Einsatzbedingungen eine signifikant geringere Bodenverdichtung als ein Reifen. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Ergebnissen der Feldstudie von [2]. Ein abgesenkter Reifendruck reduziert die Bodendeformation und damit die Bodenverdichtung signifikant im Vergleich zu Reifen bei normalem Luftdruck, jedoch nicht so sehr wie das Raupenfahrwerk.

Ein 600/4.5/1.4 verursacht die gleiche Bodendeformation wie eine Raupe bei T12 und T10.5, was die Bedeutung des Fahrwerks widerspiegelt. Für die Bodendeformation ist es wichtig, wie die Last auf den Boden übertragen wird. Die absolute Achslast spielt dabei eine untergeordnete Rolle.

Literatur

- [1] Alakukku, L., P. Weisskopf, W.T.C. Chamen, F.G.J. Tijink, J.P. van den Linden, S. Pires, C. Sommer and G. Spoor: Prevention strategies for field traffic – induced subsoil compaction: a review. Part 1. Machine/Soil Interactions. Soil and Tillage Research 73 (2003), no. 1-2, pp. 145 – 160
- [2] Brandhuber, R., R. Geischeder und M. Demmel: Effects of heavy agricultural machines for sugar beet harvesting on subsoil physical properties. Proceedings of the 17th Triennale Conference of the International Soil and Tillage Research Organisation, Kiel, Germany, August, 28th – September, 3rd 2006
- [3] Raper, R.L.: Agricultural traffic impacts on soil. Journal of Terramechanics 42 (2005), no. 3-4, pp. 259 – 280
- [4] Trein, C.R.: The Mechanics of Soil Compaction Under Wheels. PhD – Thesis in Ag. Eng., Cranfield University, Silsoe College, GB, 1995

Tab. 1: Reifen und Raupen Spezifikationen der Versuche mit Abkürzung

| Undercarriage System | Load (t) | Inflation Pressure (bar) | Abbreviation |
|----------------------|----------|--------------------------|---------------|
| 600/55-26.5 | 4.5 | 1.4 | 600/4.5/1.4 |
| 800/65 R32 | 10.5 | 2.5 | 800/10.5/2.5 |
| 800/65 R32 | 10.5 | 1.25 | 800/10.5/1.25 |
| Claas Terra Trac | 10.5 | - | T10.5 |
| Claas Terra Trac | 12 | - | T12 |

Table 1: Tire and track specifications in the investigations and their abbreviations