

Jörg Krieger und Claus Sommer, Braunschweig

Bodenschonende Kraft- und Leistungsübertragung

An die Kraft- und Leistungsübertragung über das Triebrad des Traktors werden zunehmende Anforderungen gestellt. Die Radlasten steigen an und bei empfindlichen Bodenzuständen sind Bodenschadverdichtungen möglich. Deshalb benötigt der Landwirt im Sinne der Produktionsfunktion seiner Ackerstandorte wie auch im Sinne des Bundesbodenschutzgesetzes entsprechende Entscheidungshilfen. Im Mittelpunkt eines DFG-Verbundvorhabens stehen Feldversuche mit Einzelradmessvorrichtungen von 2 bis 6 t Radlast, in denen Standard-, Breit- und Terrareifen sowie Gummibandlaufwerke unter Einbeziehung betriebstechnischer und bodenphysikalischer Aspekte untersucht werden. Erste Ergebnisse zeigen, dass auf Stoppelacker der Breitreifen höhere Laufwerkwirkungsgrade als der Standardreifen realisieren und maximal mögliche Reifeninnendruckabsenkung den Bodendruck vermindern lässt.

In der pflanzlichen Produktion nehmen mit größer werdenden Feldschlägen und Ackerbaubetrieben sowie mit der wachsenden Bedeutung des überbetrieblichen Einsatzes von Maschinen und Geräten die Anforderungen an Zugkraft und Leistungsbedarf zu. Dies hat zu den heutigen leistungsstarken Traktoren geführt. Zur Übertragung höherer Zugkräfte auf den Boden sind am Triebrad bei gleicher Arbeitsgeschwindigkeit höhere Radlasten erforderlich. Nach [1] nehmen die Radlasten heutiger Traktoren mit der Leistung degressiv zu und erreichen in der Klasse ab 150 kW über 4 t, bei selbstfahrenden Erntemaschinen bis zu 10 t.

Dieser Trend zu steigenden Radlasten, die Vertikalkräfte in den Boden einleiten, und Triebkräften, die gleichzeitig Horizon-

talkräfte in den Boden einleiten, lassen beim Befahren unter feuchten oder lockeren Bodenbedingungen die Gefahr von Bodenschadverdichtungen zunehmen. Es liegt demnach im Interesse des Landwirts, diesen vorzubeugen, um etwa den möglichen Pflanzenertrag nicht zu gefährden und die Kosten für aufwendige Bodenlockerung gering zu halten. Hinzu kommt das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG), das in § 17 zur Schonung der natürlichen Ressource Boden unter anderem fordert, Bodenverdichtungen zu vermeiden [2].

Zur optimalen Triebkraftübertragung [3] einerseits und zur Bodenschadverdichtung [4] andererseits liegen zahlreiche Untersuchungen vor. Es können Empfehlungen zur „guten fachlichen Praxis“ nach BBodSchG (Minderung der mechanischen Bodenbelastung, Reduzierung des Bodendruckes in Krume und Unterboden, Vorbeugung von Bodenschadverdichtung) gegeben werden [5]. Zur Lösung der Gesamtproblematik „Ackerboden als Pflanzenstandort und Fahrbahn für Maschinen und Geräte“ sind die Teilaspekte zusammenzuführen und innovative Ansätze zur Problemlösung weiterzuentwickeln. Dies ist Gegenstand eines von der DFG unterstützten Forschungsvorhabens.

Methoden und Ziel der Untersuchungen

Das Institut für Betriebstechnik befasst sich seit langem mit der Untersuchung des Triebkraftverhaltens von AS-Reifen, weil die effiziente Leistungsumwandlung über die Triebräder von Traktoren mit zunehmender Motorleistung immer problematischer wurde. Im Mittelpunkt des Interesses standen dabei die Optimierung des Wirkungsgrades der Triebkraftübertragung und die Vermeidung hoher Kontaktflächendrücke durch gezieltes Absenken der Reifeninnendrucke sowie durch Untersuchungen an Breitreifen [3].

Hierzu werden Einzelradmessvorrichtungen bis 6 t eingesetzt [6]. Damit sind in Feldversuchen verschiedene Laufwerke (Standard-, Breit- und Terrareifen, Gummibandlaufwerke) hinsichtlich ihres Triebkraftverhaltens für unterschiedliche Fahrzeugparameter wie Radlast bis 6 t und Schlupf bis 50 % bei verschiedenen Bodenbedingungen zu untersuchen.

Hierzu werden am treibenden Einzelrad die Triebkraft F_T , das Antriebsmoment M , die Radlast F_G , die Raddrehzahl n_0 und die absolute Fahrgeschwindigkeit v_f des Rades gemessen. Die Messwertaufnahme erfolgt während der Versuchsfahrt über das Datenerfassungssystem UNILOG.

Der bodenphysikalische Partner führt kombinierte Spannungs- und Bewegungsmessungen im Boden durch und nimmt die Bodenparameter vor und nach dem Befahren auf.

Ziel des Verbundprojektes ist es, die Ergebnisse in einem Bewertungsmodell für die Beurteilung einer effizienten und zugleich bodenschonenden Kraft- und Leistungsübertragung beim Traktor zusammenzuführen.

Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die ausgewerteten Messungen auf einem Stoppelacker sind als Laufwerkwirkungsgradkurven η (Ausgangsleistung $F_T \cdot v_f$ dividiert durch die Eingangsleistung $M \cdot \omega$) und Schlupfcurven σ in *Bild 1* in Abhängigkeit vom Triebkraftbeiwert κ (F_T/F_G) für sechs Einzelmessfahrten mit der Radlast 2 t aufgezeichnet und die gemittelten Kurven η und σ (durchgezogene Linien) hinzugefügt.

Die maximalen Laufwerkwirkungsgrade sind zum Vergleich eines Standard- und eines Breitreifens in *Bild 2* als Funktion des Triebkraftbeiwertes aufgetragen.

Die niedrigsten maximalen Laufwerkwirkungsgrade wurden für beide Reifen bei Straßenluftdruck und hoher Bodenfeuchte ermittelt, die höchsten bei Ackerluftdruck unter trockenen Bedingungen. In beiden Fällen liegt der Breitreifen jeweils etwas höher: 2 % unter trockenen und 5 % unter feuchten Bedingungen.

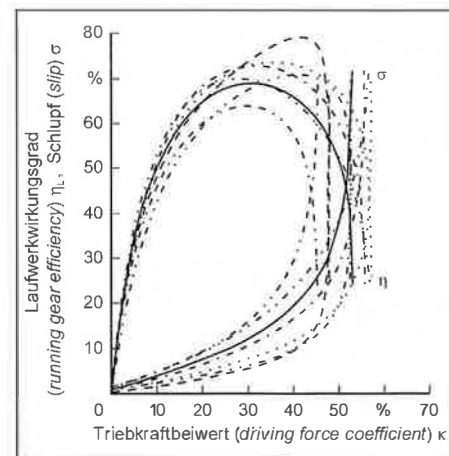


Bild 1: Beispiel für die ermittelten Reifenkennlinien Laufwerkwirkungsgrad η und Schlupf σ als Funktion des Triebkraftbeiwertes κ (η und σ entsprechen gemittelten Kurvenzügen)

Fig. 1: Example of tyre characteristics: running gear efficiency η and slip σ as function of the driving force coefficient κ

Dipl.-Ing. Jörg Krieger ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Dir. und Prof. Dr.-Ing. habil. Claus Sommer Leiter des Instituts für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, e-mail:sommer@bt.fal.de. Die Institute Betriebstechnik der FAL, Pflanzenernährung und Bodenkunde der Universität Kiel sowie Landtechnik der Universität Giessen danken der DFG für die finanzielle Unterstützung sowie der Fa. Claas für die Hilfestellung beim Bau der Messvorrichtung und der Fa. Michelin für die Überlassung der Reifen.

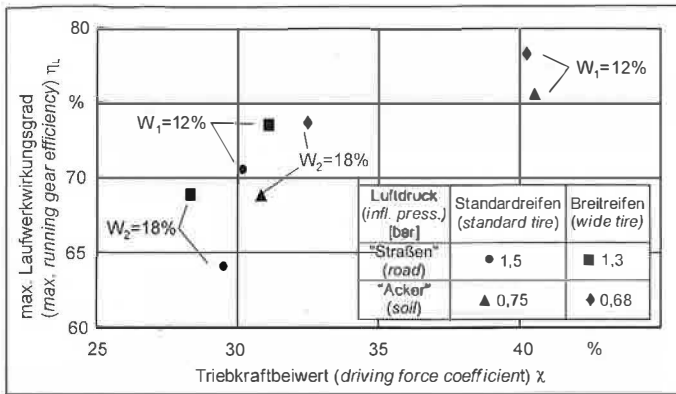


Bild 2: Maximale Laufwerkwirkungsgrade η_L in Abhängigkeit vom Triebkraftbeiwert κ für den Standardreifen 16.9 R 24 und den Breitreifen 540/65 R 24 (lehmiger Sand, Radlast 2000 kg, Straßen- und Ackerluftdruck, Bodenfeuchte w_1 'trocken' und w_2 'feucht')

Fig. 2: Maximum running gear efficiency values η_L as function of driving force coefficient κ (standard tyre 16.9 R 24, wide tyre 540/65 R 24, loamy sand, wheel load 2000 kg, road and soil tyre inflate pressure, soil moisture w_1 'dry' and w_2 'wet', respectively)

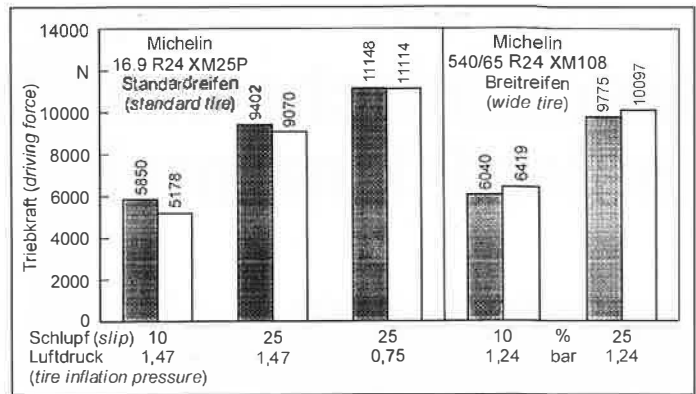


Bild 3: Triebkräfte für Standard- und Breitreifen bei 2 t Radlast, 10 und 25 % Schlupf, verschiedenen Reifeninnendruckwerten und trockenem Stoppelacker aus zwei Versuchsreihen

Fig. 3: Driving forces of standard and wide tyres (wheel load 2000 kg, 10 and 25 % slip, several tyre inflate pressures, dry stubble working conditions) from two testing sequences

Auf die Reifeninnendruckabsenkung reagieren Standard- und Breitreifen unter feuchten wie auch unter trockenen Bedingungen mit einer Zunahme des Wirkungsgrades von etwa 5 %, wobei nur bei trockener Ackeroberfläche die Zunahme des Triebkraftbeiwertes von knapp 10 % hinzu kommt.

Die Triebkraft erhöht sich bei Straßenluftdruck für 25 % gegenüber 10 % Schlupf beim Standardreifen von etwa 5000 bis 6000 N auf 9000 bis 9500 N, beim Breitreifen von 6000 bis 6500 N auf 9700 bis 10100 N (Bild 3). Das Absenken des Reifeninnendruckes (und damit die Erhöhung der Reifentragfähigkeitsauslastung) lässt die Triebkraft beim Standardreifen auf etwa 11000 N ansteigen. Gleichzeitig wurden die im Boden induzierten Normalspannungen erheblich reduziert [7].

Ausblick

Wird die Kraft- und Leistungsübertragung über das Triebrad des Traktors einseitig unter dem Blickwinkel der Bodenschonung betrachtet, so wäre zu folgern, dass die folgenden Faktoren das Problem mindern können [8]:

- 1) geringer Reifeninnendruck
- 2) geringer mittlerer Kontaktflächendruck
- 3) geringe Radlast
- 4) geringe Reifensteifigkeit
- 5) Radialreifen
- 6) geringer Radschlupf
- 7) niedrige Stollenhöhe

Ergebnisse aus der Literatur sowie die vorgestellten und weitere eigene Resultate zeigen, dass etwa die Faktoren 1) und 2) auch im Sinne der optimalen Reifenkennlinien sind, einige der übrigen Faktoren jedoch einen Zielkonflikt zwischen der effizienten Kraftübertragung einer-

seits und der Bodenschonung andererseits entstehen lassen können. Deshalb wird im Rahmen des Vorhabens ein Bewertungsmodell für Traktorraddlasten bis 6 t erarbeitet, das betriebstechnische und gleichzeitig bodenphysikalischen Aspekte quantitativ in Entscheidungshilfen zusammenführen soll. Diese sind letztlich nur ein Baustein für das Gesamtkonzept „Bodenschonendes Befahren“ [9].

Literatur

- [1] Weißbach, M.: Wirkung von Fahrwerken auf den Boden, insbesondere im Grenzbereich Boden/Pflanze. MEG-Schrift 259, 1994
- [2] Gesetz zum Schutz des Bodens (1998)
- [3] Steinkamp, H.: Ermittlung von Reifenkennlinien und Gerätezugleistungen für Acker- und Schlepper. LANDBAUFORSCHUNG VÖLKENRODE, SH 27, 1975
- [4] Dürr, H.J., H. Petelkau und C. Sommer: Literaturreihe Bodenverdichtung. UBA-Texte 55/95 (1995)
- [5] Steinkamp, H., C. Sommer und E. Isensee: Zugkraftübertragung und Bodenschonung durch moderne Bereifung. DLG-Arbeitsunterlage Nr. K/97, 1997
- [6] Krieger, J.: Konstruktion und Bau einer Einzelrad-/Bandlaufwerkmeßvorrichtung. INSTITUTSBERICHT, 1998
- [7] Horn, R.: persönliche Mitt., 1998
- [8] Tijink, F.G.J.: Quantification of vehicle running gear. In: Soane and v. Ouwerkerk (Eds.) Soil Compaction in Crop Production. ELSEVIER SCIENCE B.V. (1994), S. 391-415
- [9] Sommer, C.: Ein Konzept zur Vorbeugung von Bodenschadverdichtungen in der pflanzlichen Produktion. BODENSCHUTZ 1 (1998), S. 12-16

Schlüsselwörter

Leistungsübertragung beim Traktor, Bodenschonung

Keywords

Tractor power transmission, soil protection

NEUE BÜCHER

Ammoniakemission bei der Kompostierung tierischer Exkremente in Mieten und Kompostqualität

Von Katalin Csehi. VDI-MEG-Schrift 311. Vertrieb: Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Garbenstr. 9, D-70599 Stuttgart. 1997, 156 S., 33 Abb., 58 Tab., Preis auf Anfrage

Bei der Kompostierung tierischer Exkremente treten Stickstoffverluste durch abgasendes Ammoniak auf. Ziel der Untersuchungen war neben der Erfassung rottespezifischer Parameter die Ermittlung der Höhe und des Verlaufes der Ammoniakemission während der Rotte tierischer Exkremente in Mieten. Hierfür wurde eine Meßmethode entwickelt, die eine zeitliche Differenzierung der NH_3 -Verluste erlaubt. In der ersten Versuchsreihe wurden Untersuchungen zur Nachrotte, in der zweiten zur Gesamtrotte durchgeführt. Als Untersuchungsmaterial wurden aus Mischgülle (Rind und Schwein) abgetrennte Feststoffe sowie Festmist verwendet.

Die Ammoniakemission ging mit zunehmender Rottedauer zurück. Während der Umsetzung wurde eine erhöhte NH_3 -Konzentration in der Abluft gemessen. Der Stickstoffverlust in Form von Ammoniak und die Höhe der Ammoniakemission waren vom C/N-Verhältnis des Rohsubstrates abhängig. Während bei der Kompostierung von Rinderfestmist (C/N < 20:1) Stickstoffverluste in Höhe von 39 und 47 % des Gesamtstickstoffgehaltes ermittelt wurden, nahm der Gesamtstickstoffgehalt bei der Rotte kohlenstoffreicher Feststoffe (C/N > 50:1) bis zum Versuchsende hin um etwa 32 % zu. Die Komposte aus Rinderfestmist wiesen höhere Gehalte an Makronährstoffen und dementsprechend einen höheren Salzgehalt auf. In denjenigen Komposten, die aus von Mischgülle separierten Feststoffen gebildet waren, überschritt der auf 30 % organische Substanz umgerechnete Kupfergehalt die im RAL-GZ 251 und im Kompostierungserlaß Baden-Württemberg festgelegten Grenzwerte.