

Untersuchung der Zugleistungsübertragung am Standardgroßtraktor unter Feldbedingungen

B.Sc. **T. Machl**, Dipl.-Ing. agr. **M. Heckmann**, Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Dipl.-Ing. (FH) **R. Honzek**, AGCO Fendt GmbH, Marktoberdorf, Prof.Dr.agr. **H. Bernhardt**, Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik;

1. Abstract

During the last decades installed engine power of middle and high power farm tractors increased. But due to the limited ability of soil to reinforce high traction forces, it becomes more and more difficult to transform this high engine power to tractive performance under field conditions. Ballast and adjusted tire inflation pressure are possible opportunities improving tractive output. In 2009 field tests were conducted to compare the effects of both methods.

2. Einleitung

Die Entwicklung der Landwirtschaft in den vergangenen Jahrzehnten ist von enormer Produktivitäts- und Leistungssteigerung geprägt. Mehr als 51 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche Deutschlands werden bereits heute von nur 9 % der landwirtschaftlichen Betriebe bewirtschaftet [1]. Zur Bereitstellung erforderlicher Schlagkraft gewinnt der Einsatz von Großmaschinen und speziell von Großtraktoren als Schlüsselmaschinen zunehmend an Bedeutung. In den vergangenen Jahren sind Traktoren der Standard- und Tracbauweise in das Leistungssegment von Knicklenkern und Raupentraktoren vorgedrungen und haben diese in Leistungsbereiche > 300 kW verdrängt. Wachsende Motorleistungen moderner Hochleistungstraktoren lassen sich jedoch unter Feldbedingungen besonders bei geringen Arbeitsgeschwindigkeiten nur begrenzt in Zugleistung umsetzen.

Mögliche Maßnahme zur Optimierung der Zugleistungsübertragung am Standardgroßtraktor im Feldeinsatz ist neben dem Anbringen von Ballastgewichten vor allem Verbesserung der Reifen-Boden-Interaktion durch weitestgehende Absenkung der Reifeninnendrucke. In der bestehenden Literatur wurden bisher die Effekte von Ballastanbringung und Reifendruckanpassung kaum direkt vergleichend gegenübergestellt. Ziel dieser Untersuchung ist es daher, die Effekte von Reifendruckanpassung und Ballastanbringung im Hinblick auf Zugleistungsübertragung herauszustellen.

3. Material und Methoden

Im Rahmen dieser Arbeit sollen die Effekte verschiedener Frontballastvarianten in Kombination mit und ohne der erforderlichen Anpassung der Reifeninnenrücke an Feldbedingungen untersucht werden. Die Versuche werden dabei in zwei Geschwindigkeitsstufen (8 km/h und 15 km/h) durchgeführt.

Um die Einsatzverhältnisse schwerer Zugarbeiten bei Stoppel- und Primärbodenbearbeitung zu simulieren, finden die Versuche auf unbearbeitetem Stoppelacker statt. Das anfallende Stroh wird vor Beginn der Feldversuche entfernt. Auf Grundlage einer Fraktionierung gemäß DIN ISO 11277 werden die Flächen als toniger Lehm (Lt2) bzw. sandiger Lehm (Ls3) mit einem gravimetrischen Skelettanteil von 61 % eingeteilt.

Als Versuchsfahrzeug dient ein Standardgroßtraktor der Leistungsklasse > 260 kW (Fendt 936 Vario). Die Bereifung des Traktors entspricht der Serienausstattung (v: 600/70 R34; h: 710/75 R42). An diesem Fahrzeug werden verschiedene Frontballastvarianten (0 kg, 1250 kg und 2500 kg) je mit angepasster und unangepasster Reifeninnendruckkonfiguration kombiniert. Als Reifeninnendruck wird dabei der in Abhängigkeit von Ballst und daraus resultierender Achslast erforderliche Mindestdruck einer Geschwindigkeit von:

- 65 km/h (schnelle Straßenfahrt) als **unangepasst (u)** und
- 10 km/h bei hoher Drehmomentbelastung als **angepasst (a)** angenommen

Zur Messung der übertragbaren Zugleistung wird ein dynamischer Messansatz gewählt. Dabei wird an den ziehenden Versuchstraktor über eine Kraftmesseinrichtung ein Bremsfahrzeug gekoppelt (Abbildung 1). Durch kontinuierliche Verzögerung dieses Bremsfahrzeugs über Reduzierung der Getriebeübersetzung und Motorstaubremsen lassen sich stetig wachsende Bremskräfte erzeugen und sich daraus durch Kenntnis der Realgeschwindigkeit über Boden aus DGPS-Daten die übertragene Zugleistung ableiten.

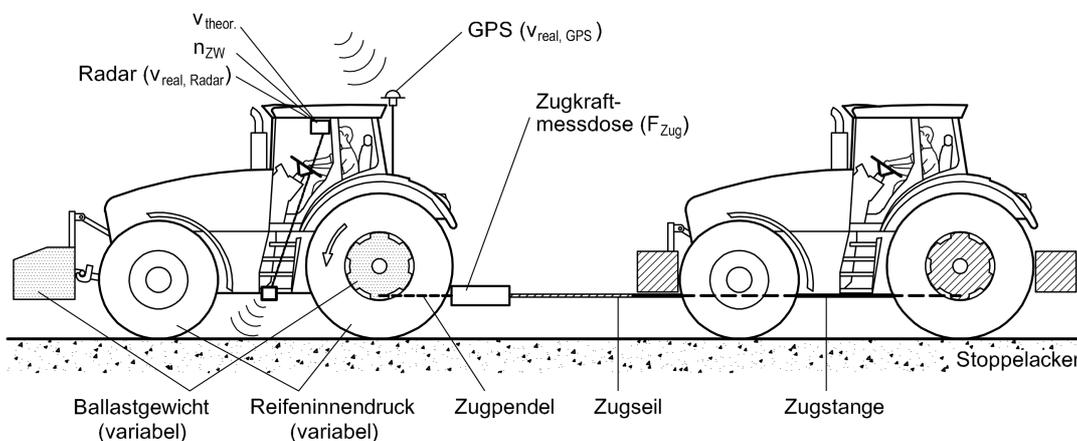


Abbildung 1: Übersicht der Versuchsanordnung, verwendeter Datenquellen und erhobener Daten

4. Ergebnisse und Diskussion

Effekte der Fahrgeschwindigkeit

In Abhängigkeit der Geschwindigkeitsstufen wirken unterschiedliche Faktoren limitierend für die Übertragung der Zugleistung. Während bei geringen Arbeitsgeschwindigkeiten um 8 km/h der Reifen-Boden-Kontakt als erstlimitierender Faktor wirkt, begrenzt bei höheren Fahrgeschwindigkeiten vor allem die Motorleistung die maximal übertragbare Zugleistung. Abbildung 2 zeigt diese Zusammenhänge am Beispiel einer Messfahrt mit 1250 kg Frontballast. Während die Motorleistung bei einer Geschwindigkeitsvorgabe von 8 km/h im Bereich maximaler Zugleistung nur zu etwa 80 % ausgelastet ist, kommt es bei Geschwindigkeitsvorgabe von 15 km/h zur nahezu vollständigen Auslastung der Motorleistung und damit zum Eingriff der Grenzlastregelung in die Getriebeübersetzung. Infolge einer Reduzierung der Getriebeübersetzung sinkt dabei die übertragene Zugleistung.

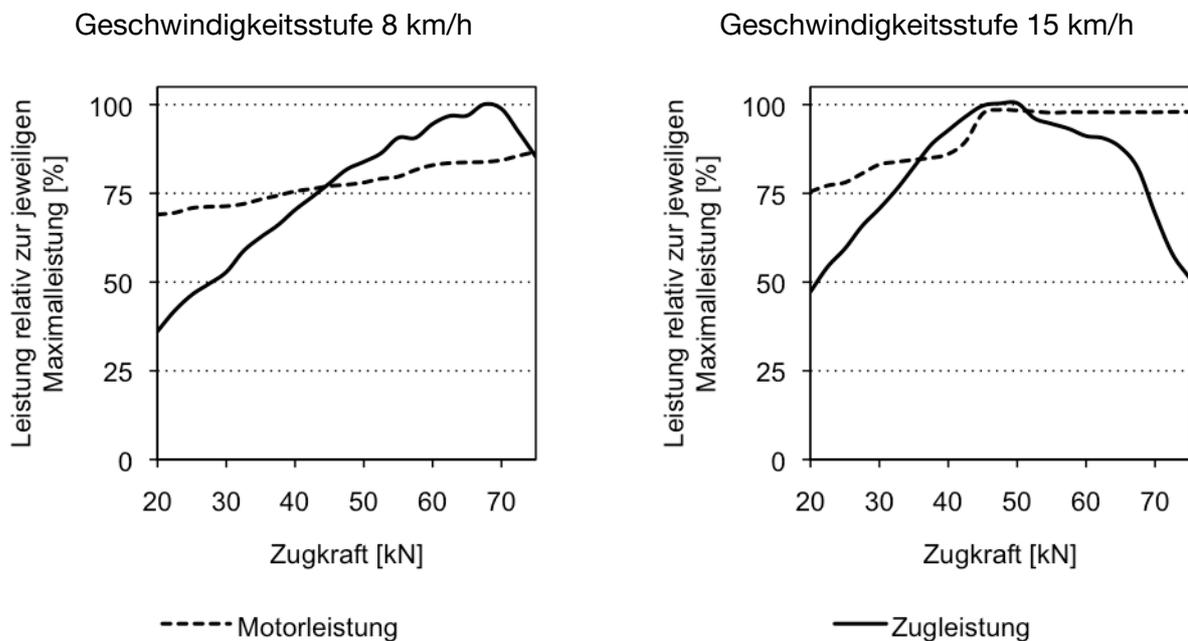


Abbildung 2: Verlauf von Motor- und Zugleistung relativ zur jeweiligen Maximalleistung, dargestellt in Abhängigkeit von Zugkraft und Geschwindigkeitsstufe (8 km/h (l); 15 km/h (r))

Effekte der Ballastanbringung

In Bereichen geringer Arbeitsgeschwindigkeiten zeigt eine Ballastanbringung deutliche Effekte auf maximal übertragene Zugleistung sowie die dabei vorherrschenden Zugkräfte. Bei höheren Arbeitsgeschwindigkeiten limitiert die verfügbare Motorleistung die maximal übertragbare Zugleistung. Ballastanbringung trägt in den Untersuchungen nicht zu einer Optimierung der Zugleistungsübertragung bei. Abbildung 3 zeigt die Zusammenhänge von Zuglei-

stung und Zugkraft im Bereich maximaler Zugleistung in Abhängigkeit von Geschwindigkeitsstufe und Ballstierung.

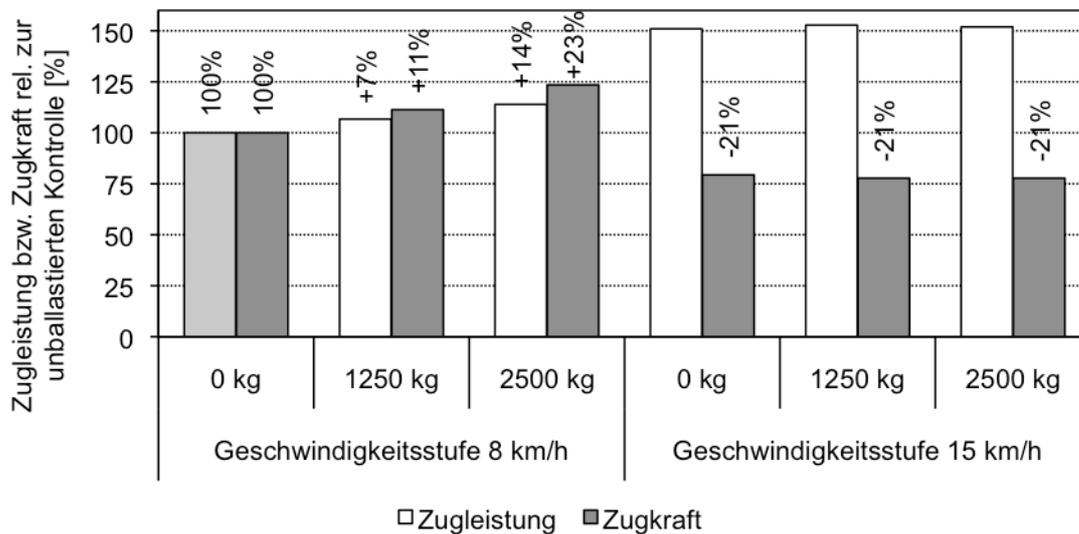


Abbildung 3: Maximal übertragene Zugleistung und Zugkraft im Bereich max. Zugleistung in Abhängigkeit der Ballastkonfiguration; dargestellt relativ zur unballastierten Kontrolle

Effekte der Reifeninnendruckkonfiguration

In allen Versuchsreihen bewirkt eine unangepasste Reifeninnendruckkonfiguration eine Reduzierung der maximal übertragenen Zugleistung. In Abhängigkeit von Fahrgeschwindigkeit und angebrachten Ballastgewichten bewegen sich die Leistungseinbußen gegenüber angepasster Konfiguration in Bereichen von 5 bis 15 % (Abbildung 4).

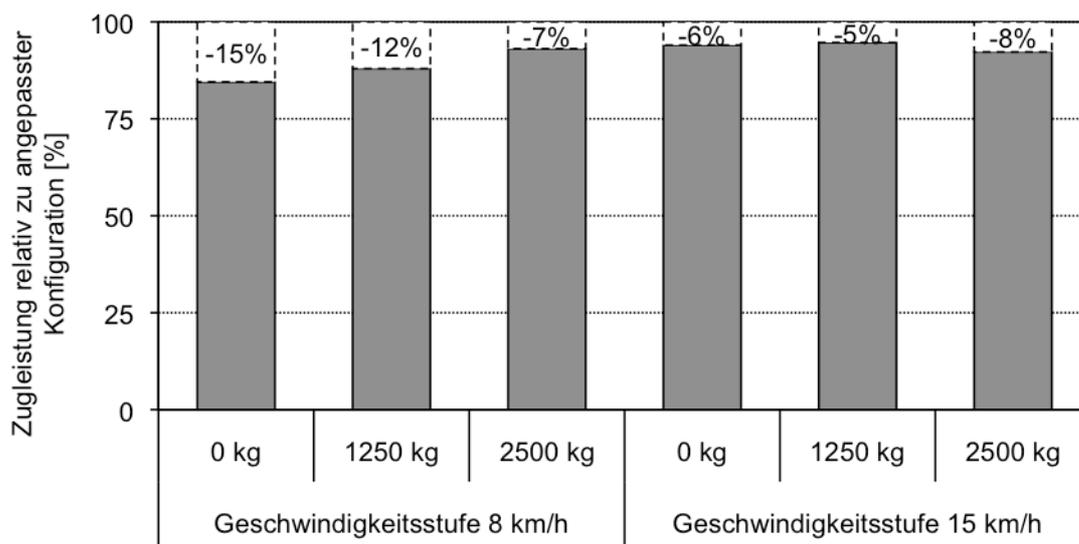


Abbildung 4: Maximal übertragene Zugleistung bei unangepassten Reifeninnendrücken relativ zur max. Zugleistung in angepasster Konfiguration; dargestellt in Abhängigkeit von Geschwindigkeitsstufe und Ballast

Interaktion der Effekte von Ballast und Reifeninnendruck

In Abhängigkeit der Fahrzeugkonfiguration und Geschwindigkeitsstufe kann es zu Interaktionen der Effekte von Ballastanbringung und Reifeninnendruckkonfiguration kommen. Wird beispielsweise an ein Zugfahrzeug Ballast angebracht und gleichzeitig der Reifeninnendruck nicht von Straßen- an Feldbedingungen angepasst, kommt es zu einer Überlagerung „positiver“ Effekte von Ballastierung mit den „negativen“ Effekten unangepasster Reifeninnendruckeinstellung. Damit kann es - wie in Abbildung 5 verdeutlicht - durch Interaktion zur gegenseitigen Aufhebung der Effekte kommen. Das Potential von Ballast lässt sich nur in Kombination mit einer gleichzeitigen Anpassung der Reifeninnendücke an Feldbedingungen ausschöpfen.

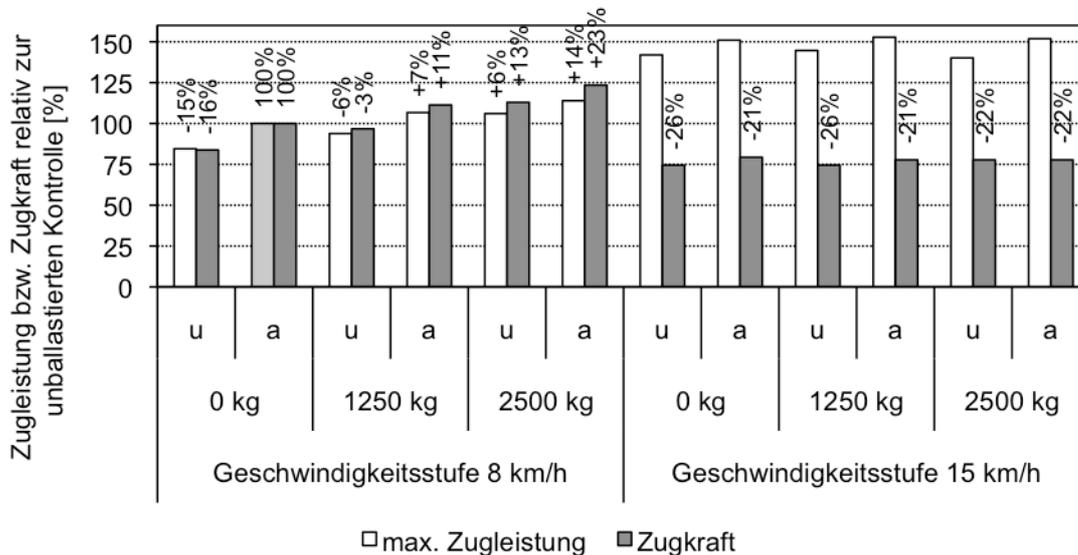


Abbildung 5: Maximal übertragene Zugleistung und Zugkraft im Bereich maximaler Zugleistung in Abhängigkeit von Ballastierung, Reifeninnendruckkonfiguration und Fahrgeschwindigkeitsstufe (a = RI angepasst, u = RI unangepasst)

5. Fazit

Mit einem angepassten Ballast- und Reifendruckmanagement stehen der landwirtschaftlichen Praxis zwei wesentliche Maßnahmen zur Optimierung der Zugleistungsumsetzung unter Feldbedingungen zur Verfügung. Die Effekte beider Maßnahmen sind jedoch von Einsatzbedingungen bzw. - wie in diesen Analysen untersucht - vom Bereich der Arbeitsgeschwindigkeit abhängig.

Im Bereich geringer Vorfahrtsgeschwindigkeiten limitiert primär die Verzahnung zwischen Reifen und Boden die Entwicklung von Zugkraft und Zugleistung. Ballast und Reifendruckanpassung bergen daher deutliche Potentiale zur Verbesserung der Zugleistungsumsetzung. Allein durch die Absenkung der Reifeninnendrucke lassen sich in den Untersuchungen ähnliche Auswirkungen auf Zugkraft und Zugleistung beobachten, wie sie durch den Anbau von mehr als 1000 kg Ballast erreicht werden, wenn dabei der Reifeninnendruck nicht an Feld-

bedingungen angepasst ist. In diesem Sinne kann Ballast durch Reifendruckanpassung substituiert werden. Im Umkehrschluss lassen sich die positiven Effekte der Anbringung von Ballastgewichten nur in Kombination mit gleichzeitiger Reifendruckanpassung nutzen.

In Bereichen höherer Fahrgeschwindigkeiten limitiert im Wesentlichen die verfügbare Motorleistung die Entwicklung von Zugleistung. Eine Verbesserung des Kraftschlusses Reifen-Boden durch Ballastanbringung zeigt keine positiven Effekte auf die Zugleistungsübertragung. Durch die Anpassung der Reifeninnendrucke an Feldbedingungen lässt sich die Zugleistungsübertragung deutlich verbessern. Ursächlich hierfür dürften im Wesentlichen reduzierte Rollwiderstände sein.

6. Quellen

[1] DEUTSCHER BAUERNVERBAND (2008): Situationsbericht 2009. Berlin

Dankwort

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die am Gelingen der Feldversuche mitgewirkt haben! Zunächst mein Dank an Roland Schmidt und Anton Ullsperger für die Bereitstellung der Versuchsmaschinen. Ein herzliches Dankeschön auch an Robert Honzek, Benno Pichlmaier und Martin Stoiber für die wertvollen Ratschläge zur Versuchsdurchführung.

Vielen Dank an Peter Seidl, für die Bereitstellung der Versuchsflächen sowie an Robert Brandhuber für die Unterstützung bei bodenphysikalischen Fragestellungen!