

Christoph Müller, Thomas Anderl und Stefan Böttinger

Lastkollektive und Leistungsverteilung am Mähdrescher

Bei Mähdreschern hängt die korrekte Funktion vieler Arbeitselemente von deren konstanten Antriebsdrehzahl ab. Deshalb wird der Verbrennungsmotor stets bei Nenndrehzahl betrieben, auch wenn er nicht voll ausgelastet ist. Die Folge sind Betriebspunkte bei ungünstigem spezifischem Kraftstoffverbrauch. An der Universität Hohenheim werden im Rahmen des Forschungsprojektes „Drehzahlentkopplung beim Mähdrescher“ Untersuchungen zu Leistungsbedarf und -verteilung durchgeführt. Dazu wurde der institutseigene Versuchsmähdrescher mit einem CAN-Bus-basierten Mess- und Auswertesystem ausgestattet. Im ersten Schritt konnten drei mechanische und eine hydraulische Messstelle installiert und in Betrieb genommen werden. Auf rund 70 ha Fläche konnten 2011 erste Daten zur Belastung einzelner Arbeitselemente im Betrieb aufgezeichnet und ausgewertet werden.

Schlüsselwörter

Lastkollektive, Leistungsverteilung, Mähdrescher

Keywords

Load spectra, distribution of power, combine harvester

Abstract

Müller, Christoph; Anderl, Thomas and Böttinger, Stefan

Load spectra and distribution of power on a combine harvester

Landtechnik 67 (2012), no. 4, pp. 270–273, 4 figures, 5 references

The correct function of many working units of a combine harvester depends on their constant rotation speed. Therefore the engine always is operated with rated speed even if the engine is not fully loaded. The results are operation points with unfavourable specific fuel consumption. At the University of Hohenheim, within the project “Decoupling power train between combustion engine and different drives”, the distribution and the need of power are investigated. For that the combine harvester of the Institute of Agricultural Engineering is equipped with a CAN-bus-based measure and evaluation system. In the first step three mechanical and one hydraulic measure point are installed and put into operation. In 2011 about 70 ha were harvested.

■ Für die Untersuchungen zu Lastkollektiven und zur Leistungsverteilung wurde ein Mähdrescher Typ Claas Lexion 470 Montana verwendet. Dieser ist mit einer Nennleistung von 236 kW und einem Ertragskartierungssystem ausgestattet. Darüber hinaus wurden in früheren Arbeiten eine Kraftstoffmesstechnik (VDO EDM 1404) [1] und ein CAN-Bus-basiertes Messsystem mit einer Drehmomentmessnabe am Strohhäcksler installiert [2].

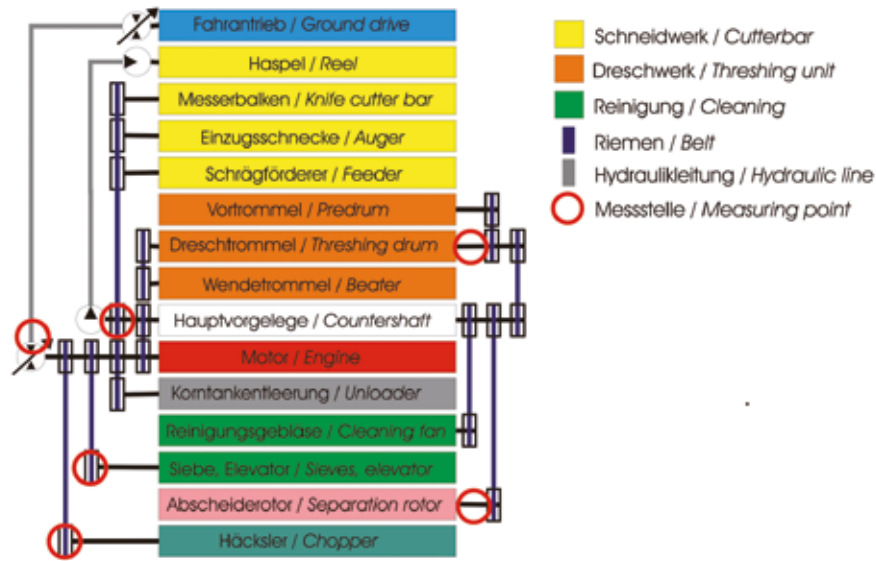
Bei der Auswahl weiterer Messstellen erfolgte zunächst eine Einteilung nach Baugruppen. Ziel war es, die Arbeitselemente mit dem wesentlichen Leistungsbedarf bei vertretbarem Aufwand abzudecken. Die Platzierung richtete sich nach dem verfügbaren Platz. Die Ausführung der Messtechnik wurde individuell angepasst und wurde vom Antriebslayout der Arbeitselemente bestimmt. **Abbildung 1** zeigt den Messstellenplan. Abgebildet sind die fünf konzipierten mechanischen Messstellen für Schneidwerk, Dreschwerk, Abscheiderotoren, Reinigung (Siebe, Kornschnecken und Elevator) und Häcksler, sowie die hydraulische Messstelle des Fahrtriebs.

Aufbau der Messtechnik

Für die Ernte 2011 konnten neben den bereits vorhandenen Messstellen die Messstellen am Fahrtrieb, am Dreschwerk und an den Abscheiderotoren installiert werden.

Für die Drehmomenterfassung wurden Dehnungsmessstreifen (DMS) verwendet. Hall-Sensoren lieferten die Drehzahl. Die Sensorsignale wurden von der Rotorelektronik digitalisiert und über eine Antenne berührungslos übertragen. Die Auswerteeinheit wandelte das Drehmoment und die Drehzahl in CAN-Botschaften um und gab sie an den Mess-CAN-Bus weiter.

Abb. 1



Schematischer Messstellenplan des Versuchsmähdrescher Lexion 470
 Fig. 1: Schematic measuring point plan of the test combine harvester Lexion 470

Am Dreschwerk wurde die Welle der Dreschtrommel als günstigste Messstelle identifiziert. Zwischen Riemenscheibe und Lager konnten zwei um 180° versetzt angebrachte Doppel-Scher-DMS appliziert werden (**Abbildung 2**). Wie aus **Abbildung 1** ersichtlich ist, kann nur so die Belastung der Dresch- und der Wendetrommel erfasst werden. Die Leistung der Vortrommel konnte aus Literaturangaben sowie aus Ergebnissen von Prüfstandversuchen [3] errechnet werden.

Die Messstelle an den Abscheiderotoren wurde nach dem gleichen Prinzip konzipiert. An der Eingangswelle des rechten Rotorgetriebes wurden zwei DMS appliziert.

Beim Häcksler wurde eine eigene Messnabe konstruiert, die die zweistufige Häckslerriemenscheibe und die Häckslerwelle verbindet. Ein Kugellager fing die Querkraft des Riemens ab, sodass die Messstelle nur die Torsion des Messflansches erfasste (**Abbildung 2**).

Die Kalibrierung der Messstellen erfolgte im statischen Zustand. Mittels geeigneter Hebel wurde ein definiertes Moment eingeleitet und die Werte im Messsystem hinterlegt.

Die hydraulische Leistung des Fahrtriebs wurde über die Druckdifferenz (Vor- und Rücklauf) und den Durchfluss berechnet. CAN-Module verarbeiten die Signale zu CAN-Botschaften und senden diese auf den CAN-Bus. Ein Datenlogger in der Kabine speichert die Daten des Mess-CAN-Busses und des Maschinen-CAN-Busses.

Während der Ernte 2011 konnten die Drehzahlen und die Drehmomente am Dreschwerk (ohne Vortrommel), an den Abscheiderotoren, am Häcksler sowie die Drücke und der Durchfluss am Fahrtrieb erfasst werden. Zusätzliche Informationen lieferten die Kraftstoffmesseinrichtung, die maschineninternen Werte (z. B. Motordrehzahl, Fahrgeschwindigkeit) und das Anzeige- und Bedienterminal CEBIS (z. B. Ertrag, Gutfeuchte).

Versuchsdurchführung

Ziel der Ernteversuche im Jahr 2011 war es, das Messsystem in der Praxis einzusetzen und auf Robustheit und Feldtauglichkeit zu prüfen. Dazu standen Flächen der Universität sowie von Landwirten zur Verfügung. Insgesamt wurden ca. 70 ha Weizen, Hafer, Gerste, Erbsen und Ackerbohnen geerntet. Davon 40 ha im Häckslerbetrieb. Die Schlaggrößen waren typisch für diese Region und reichten von 0,2 bis 8 ha, die Gutfeuchte variierte von 13,5 bis 19 %. Die Erträge schwankten beim Getreide zwischen 3,5 bis 8 t/ha, bei den Körnerleguminosen zwischen 2 und 4,5 t/ha. Das Abtanken/Abbunkern erfolgte am Feldrand.

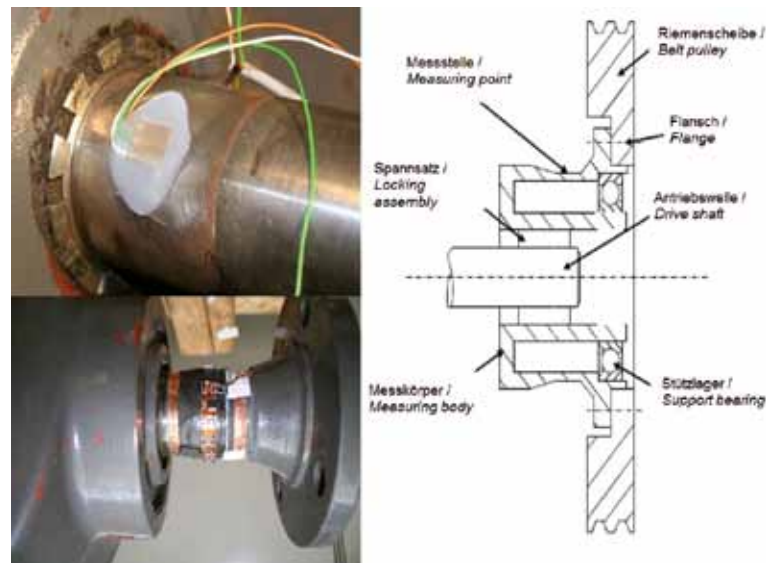
Ergebnisse

Mechanische Messstellen

Erwartungsgemäß waren die auftretenden Belastungen im Dreschwerk am größten. Hier wurden Spitzenmomente bis zu 3000 Nm gemessen. Vor allem bei der Befüllung der Dreschtrommel traten starke Stoßbelastungen auf, wobei das Moment auch im befüllten Zustand starke Schwankungen aufwies. Dies kann auf die stoßweise Zuführung des Gutes durch die Einzugschnecke und den Schrägförderer und auch auf die Interaktion des Dreschkorbes mit den Schlagleisten zurückgeführt werden. In der Signalanalyse konnte dies anhand der auftretenden Eigenfrequenz von 90 bis 100 Hz, je nach Dreschtrommeldrehzahl, bestätigt werden.

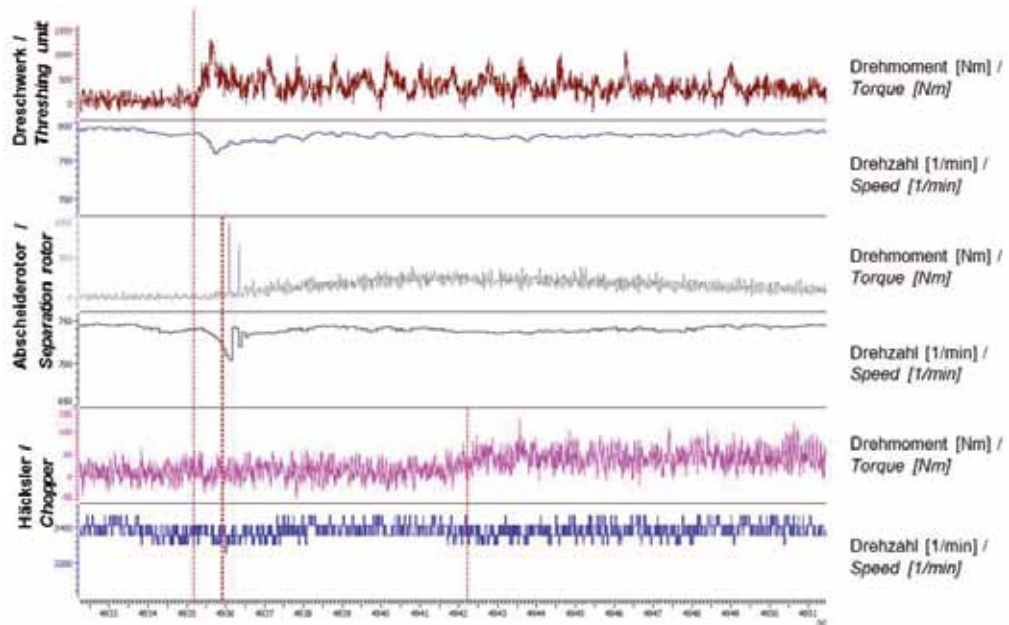
In den beiden Abscheiderotoren waren die Drehmomente mit 200–400 Nm deutlich geringer. Aber auch hier traten Spitzenmomente von etwa 1000 Nm auf. Zu erkennen war auch, dass das Drehmoment bei der Einfahrt in den Bestand nach der ersten Stoßbelastung langsam anstieg, bis die Rotoren vollständig mit Erntegut gefüllt waren (**Abbildung 3**). Das Häckslermoment bewegte sich zwischen 30 und 100 Nm

Abb. 2



Links oben: Dreschwerkswelle mit DMS unter Silikon; links unten: Eingangswelle, Rotorgetriebe mit Rotorelektronik; rechts: Skizze der Messnabe des Häckslers [2]
 Fig. 2: Top left: shaft of threshing drum with strain gages under silicon; bottom left: shaft of rotor gearbox with a rotor electronics; right: sketch of measuring hub of the chopper [2]

Abb. 3



Drehmoment und Drehzahlverlauf am Dreschwerk, Abscheiderotor und Häcksler bei Feldversuchen mit Winterweizen
 Fig. 3: Torque and speed of the threshing unit, the rotor and the chopper during field tests with winter wheat

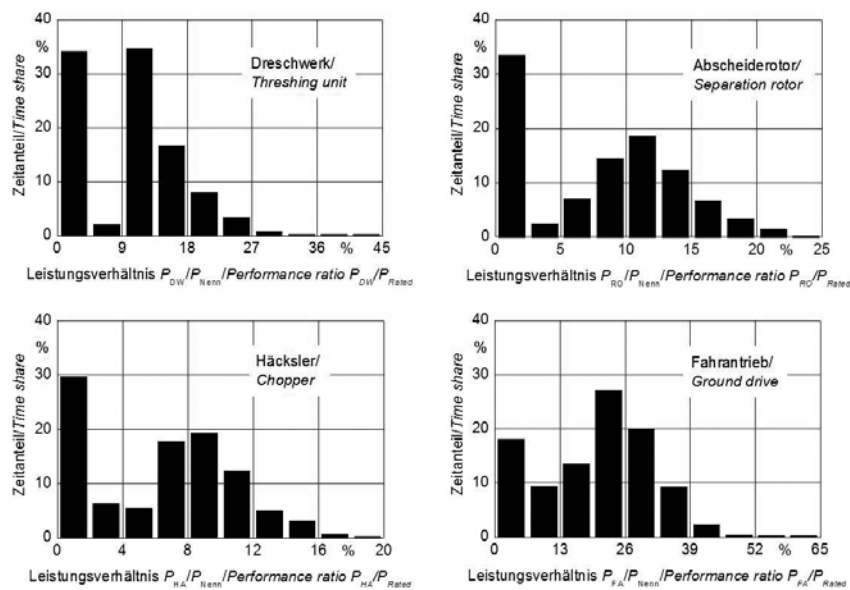
bei trockenen Bedingungen. Bei feuchtem Stroh oder hohem Unkrautbesatz können bis zu 200 Nm erreicht werden. Je nach Rotordrehzahl tritt die Belastung im Häcksler mit vier bis sieben Sekunden Verzögerung auf.

Hydraulische Messstellen

Der Durchfluss im Hydrostaten ist proportional zur Fahr- geschwindigkeit. Es können maximal 330 l/min gefördert werden. Sowohl im Vor- als auch im Rücklauf kann der Ab-

scheidendruck von 450 bar kurzzeitig erreicht werden. Bei typischen Fahrmanövern treten 50 bis 300 bar im Vorlauf auf, am Rücklauf ist ein permanenter Speisedruck von 30 bar, mit Ausnahme beim Verzögern. Diese Ergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung mit vergleichbaren Untersuchungen [4]. Die Spitzendrücke, bei denen ein Großteil der Motorleistung in Anspruch genommen wird, treten nur bei Extrembedingungen auf und haben folglich nur einen sehr geringen Zeitanteil an dem Lastdruckkollektiv.

Abb. 4



Zeitanteile der gemessenen Leistungen der Arbeitselemente Dreschwerk P_{DW} , Abscheiderotoren P_{RO} , Häcksler P_{HA} und Fahrtrieb P_{FA} zu der Motor Nennleistung P_{Nenn}

Fig. 4: Time share of the measured performance of threshing unit P_{DW} , rotor P_{RO} , chopper P_{HA} and ground drive P_{FA} related to rated engine performance P_{Rated}

Leistungsbedarf

In **Abbildung 4** sind die Leistungskollektive der vier Messstellen bei einem Feldeinsatz (Winterweizen, 3,3 ha, Ertrag 5,45/ha) dargestellt.

Die hohen Zeitanteile der mechanischen Messstellen bei geringen Leistungen setzten sich aus dem Leerlauf der Arbeitselemente, beispielsweise beim Wenden, und der Zeit des Stillstandes zusammen. Diese fallen durch das Überladen am Feldrand deutlich ins Gewicht. Die Leistung im eigentlichen Arbeitsbereich verteilt sich bei den Abscheiderotoren und dem Häcksler ähnlich und bewegen sich zwischen 5 und 20 % der Motorleistung. Das Dreschwerk hat seinen Hauptarbeitsbereich bei 10 bis 20 %. Hier können jedoch Spitzenleistungen von fast 50 % der Motorleistung erreicht werden. Die Leistungsverteilung im Fahrtrieb entspricht den Erkenntnissen aus [4; 5]: Die Spitzenleistungen nehmen nur einen geringen Zeitanteil in Anspruch. Dies lag auch an den guten Erntebedingungen wie einem trockenen Untergrund und einer ebenen Fläche.

Schlussfolgerungen

Das installierte Mess- und Auswertesystem hat sich als robust und praxistauglich erwiesen. Für die Ernte im Jahr 2012 werden weitere Messstellen installiert, sodass die wesentlichen Verbraucher erfasst werden können. In stationären Versuchen wird auch die Leistung von Nebenverbrauchern ermittelt werden.

Die Rohdaten der ersten Feldversuche dienen in einem weiteren Schritt zur modellbasierten Analyse der Last- und Leistungskollektive der Mähdrescherantriebe. Damit soll eine Simulation von virtuellen Feldversuchen ermöglicht werden.

Literatur

- [1] Würz, M. (2002): Untersuchungen zum Kraftstoffverbrauch. Studienarbeit, Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, unveröffentlicht
- [2] Gottlieb, D. (2009): Entwicklung und Erprobung eines flexiblen Datenerfassungssystems am CAN-Bus eines Mähdreschers. Studienarbeit, Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, unveröffentlicht
- [3] Büermann, M. (1992): Untersuchungen zum Einfluss der geometrischen Zuordnung der Förder- und Trennelemente auf das Abscheideverhalten von Tangentialdreschwerken. Dissertation, Universität Hohenheim. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 14, Nr. 78
- [4] Renius, K.Th. (2003): Hydrostatische Fahrtriebe für mobile Arbeitsmaschinen. VDI-Bericht, Nr. 1793, VDI-Verlag, Düsseldorf
- [5] Bernhard, B. (2011): Untersuchungen zur Bewertung stufenloser Fahrtriebe für Mähdrescher. Dissertation, Universität Hohenheim. Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG, Nr. 499

Autoren

M. Sc. Christoph Müller ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Grundlagen der Agrartechnik, Garbenstrasse 9, 70599 Stuttgart, E-Mail: Christoph_mueller@uni-hohenheim.de

Dr.-Ing. Thomas Anderl ist Section Manager Application Sales Support bei der Bosch-Rexroth AG in Elchingen

Prof. Dr.-Ing. Stefan Böttinger ist Leiter des Fachgebiets Grundlagen für Agrartechnik am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim