

# Kurzschnittladewagen im Vergleich

## Spezifischer Leistungsbedarf von Rechen- und Rotorwagen

*An der TU-Dresden wurden vergleichende Praxisversuche von Kurzschnitt-Ladewagen mit Rotoraggregat und mit Rechenaggregat durchgeführt, die zum Ziel hatten, beide Systeme hinsichtlich Ladungsverdichtung, Ladeverhalten und Antriebsleistung zu vergleichen und gleichzeitig Messdaten bei unterschiedlichen Betriebszuständen als Grundlage für eine anschließende Optimierung zu gewinnen.*

Dipl.-Ing. Jens Fehrmann und Dipl.-Ing. Andi Günther sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Lehrstuhl Agrarsystemtechnik (Leitung: Prof. Dr.-Ing. habil. G. Bernhardt), Institut für Verarbeitungsmaschinen und Mobile Arbeitsmaschinen der TU Dresden, Bergstraße 120, 01069 Dresden; e-mail: guenther@ast.mw.tu-dresden.de  
Die Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit der Maschinenfabrik Stolpen GmbH durchgeführt und von der Sächsischen Aufbaubank gefördert.

### Schlüsselwörter

Leistungsbedarf, Ladewagen

### Keywords

Power requirements, self-loading forage wagons

### Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07605 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Im Bereich der Kurzschnitt-Ladewagen können grundsätzlich zwei Technologien unterschieden werden:

Der Rechenwagen besitzt über eine Kurvenbahn oder Excenter gesteuerte Zinken, mit denen das Erntegut durch feststehende Messer gezogen wird. Nach dem Schnittvorgang verdichten die Rechen das Futter gegen den Futterstapel im Laderaum und werden annähernd waagrecht aus der Gutmatte herausgezogen. Nachteilig am Rechenwagen sind eine Vielzahl bewegter Teile, die zu erhöhtem Verschleiß und damit zu höherem Wartungsaufwand als beim Rotorwagen führen.

Im Rotorwagen wird das Grüngut über auf einem Rotor montierte Zinken durch die Messer hindurchgedrückt, ohne dass die Zinken die Möglichkeit haben, sich aus der Gutmatte herauszubewegen. Dafür sind zusätzliche Abstreifer installiert.

Seit den umfangreichen Laborversuchen von [1] sind zu den Grundlagen des Schneid-, Förder- und Verdichtungsvorganges keine tiefgründigen Untersuchungen vor allem zu Rotoraggregaten mehr bekannt geworden.

In verschiedenen Praxisuntersuchungen wurde festgestellt, dass der Rotorwagen in der Lage ist, höhere Durchsätze bei besserer Schnittqualität als der Rechenwagen zu erreichen, allerdings bei einem bis zu 30 % höherem spezifischen Gesamtleistungsbedarf [2].

### Konzeption der Messaufgabe und Aufbau der Messtechnik

Wesentliches Kriterium beim Vergleich verschiedener Ladewagensysteme ist der spezifische erforderliche Leistungsbedarf unter vergleichbaren Betriebszuständen und bei verschiedenen Durchsätzen. Dafür sind die Bestimmung der Arbeitsgeschwindigkeit, die Erfassung des Drehmomentes und der Drehzahl an der Traktorzapfwelle und die exakte Masse des Grüngutes einer Teststrecke notwendig.

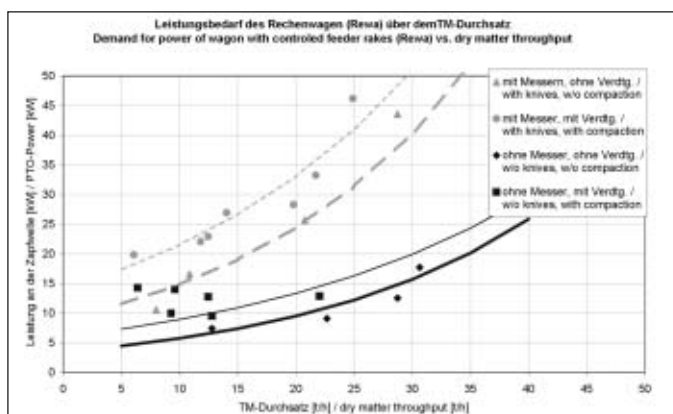
Für die Erfassung des Leistungsbedarfs wurde eine neu entwickelte Messstelle eingesetzt, die traktorseitig auf die Zapfwelle geschoben und arretiert wird. In dieser Messstelle werden die Messwerte berührungslos mittels Nahfeldtelemetrie vom drehenden auf das ruhende Teil übertragen.

Zur Ermittlung des Durchsatzes wird die Masse des aufgenommenen Grüngutes nach jeder Messfahrt bestimmt. Dazu kamen zwei Radlastwaagen zum Einsatz. Die Länge des aufgenommenen Schwades und die Fahrgeschwindigkeit wurden vorgegeben.

Zur Bestimmung der Dichte des Grüngutes über dem Rotor- oder Rechenaggregat wurden Proben mit einem Kernbohrgerät entnommen und gewogen. Hiermit ist ein erster Anhaltspunkt für unterschiedliche Gutdichten in Abhängigkeit von der Höhe der Befüllung abzuleiten. Die Gutfeuchte wurde nach der Trockenschrankmethode ermittelt.

Bild 1: Zapfwellenleistung als Funktion des Durchsatzes für den Rechenwagen

Fig. 1: PTO power vs. dry mass throughput for the self-loading wagon with rack technology



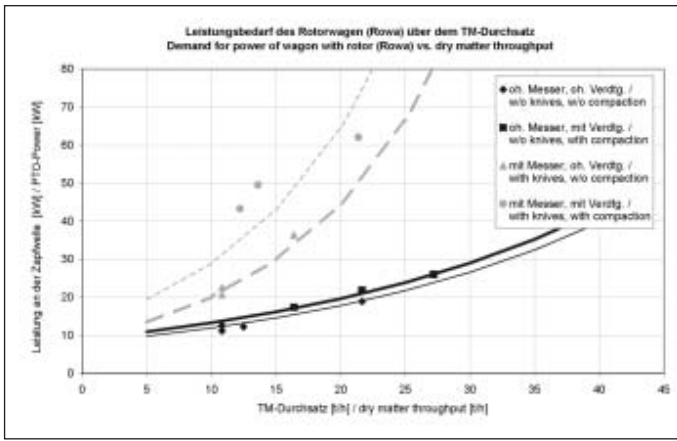


Bild 2: Zapfwellenleistung als Funktion des Durchsatzes beim Rotorwagen

Fig. 2: PTO power vs. dry mass throughput for the self-loading wagon with rotor technology

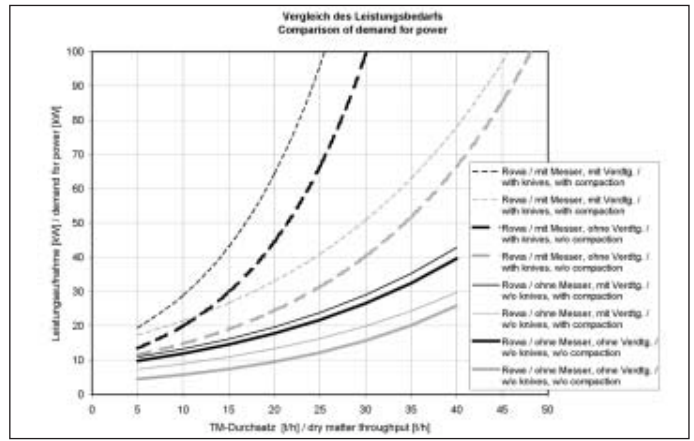


Bild 3: Vergleich des Zapfwellenleistungsbedarfs beider Wagenbauformen

Fig. 3: Comparing pto power requirement between the two self-loading technologies

## Durchführung der Messungen im Praxiseinsatz

Für die Messungen im Praxiseinsatz kamen folgende Silierladewagen zum Einsatz:

- Rechenwagen FE 6.37C der Maschinenfabrik Stolpen; Förderorgan: kurvenbahngesteuerte Vierfachförderschwinde; Schneidwerk: Silierschneidwerk mit insgesamt 33 Messern auf zwei Ebenen angeordnet, eine Ebene schwenkbar, zweite Ebene Messer einzeln austauschbar; theoretische Schnittlänge 45 mm, Zapfwelldrehzahl 540 min<sup>-1</sup>
- Rotorwagen K 9.55 (X1 16 t) der Maschinenfabrik Stolpen; Förderorgan: geschraubter Rotor mit neun Zinkenreihen; Schneidwerk: Silierschneidwerk mit insgesamt 35 Messern in einer Ebene angeordnet; theoretische Schnittlänge 40 mm, Zapfwelldrehzahl 1000 min<sup>-1</sup>

Die Strecke für die einzelnen Messungen betrug 30 m. Der Trockenmassedurchsatz während der Versuche variierte zwischen 6,1 und 30,6 t/h, dabei wurde bei Fahrgeschwindigkeiten von 2,5 bis 9,6 km/h gemessen. Zur Untersuchung der Funktionsweise wurde der Ladewagen vollständig im Automatikmodus befüllt und die Leistungsdaten dabei aufgezeichnet. Der Befüllungsgrad im Ladewagen konnte durch Betätigung des Kratzbodens gesteuert werden. Vor und nach Durchführung jedes Versuches wurden die

Tab. 1: Messwerte der Untersuchungen zur Ladungsdichte im Laderaum bei unterschiedlichen Arten der Befüllung

Table 1: Data of the measurements on bulk density in the store with different methods of filling

Ladewagen	Rechen	Rotor
theoretische Schnittlänge [mm]	40	40
geladenes Volumen [m <sup>3</sup> ]	24	36
geladene Erntegutmasse [kg]	3640	7560
Erntegutfeuchte [% TM]	36	27
mittl. Dichte (Frischgut) [kg/m <sup>3</sup> ]	152	210
mittl. Trockenmassedichte [kg/m <sup>3</sup> ]	55	57

Ladewagen gewogen. Weiterhin wurde die Lagerungsdichte untersucht.

## Auswertung der Felduntersuchungen

Die Messwerte der Untersuchungen zur Lagerungsdichte können *Tabelle 1* entnommen werden. Die langjährige Erfahrung am Lehrstuhl stützt die These, dass es nahezu unmöglich ist, bei der Ernte von Anwelkgut vergleichbare Untersuchungsbedingungen sicherzustellen. Vor allem das schnelle Abtrocknen des Erntegutes erschwert den direkten Vergleich nacheinander durchgeführter Versuche. Deshalb ist die Normierung der Messwerte auf die vergleichbare Trockenmasse sinnvoll. Unter den vorgefundenen Bedingungen war der Rotorladewagen nicht in der Lage, eine signifikant höhere Verdichtung des Erntegutes im Laderaum zu erzeugen. Es stellt sich die Frage, ob die konstruktiv und energetisch aufwändige Verdichtung im Förderkanal des Rotorladewagens in vertretbarem Verhältnis zum erreichten Verdichtungseffekt im Laderaum steht.

Diese Messfahrten wurden mit dem Rotor- und dem Rechenwagen bei variiertem Durchsatz mehrfach wiederholt, um den Drehmomentbedarf in Abhängigkeit vom Durchsatz an Grüngutmasse zu bestimmen. Dieser ist in den Diagrammen für den Rotor und für den Rechenwagen dargestellt (*Bild 1, Bild 2*).

Ein Vergleich der beiden Ladewagengrundformen ist einfacher mittels der Regressionskurven (Exponentialfunktion) aus den voran gezeigten Diagrammen möglich (*Bild 3*).

Bezüglich des Trockenmassedurchsatzes kann folgendes abgeleitet werden: Beim Rotorwagen (Rowa) beträgt der Anteil der Verdichtungsleistung beim Betrieb mit Messern 20 bis 30% und ohne Messer 8 bis 12%.

Beim Rechenwagen (Rewa) beträgt der Anteil der Verdichtungsleistung beim Betrieb mit Messern 20 bis 30% und ohne Messer 20 bis 35%.

Der Rotorwagen benötigt etwa 50% mehr Leistung zum Verdichten als der Rechenwagen. (Vergleich der Zahlenwerte „Ohne Messer“). Beim Rotorwagen steigt die erforderliche Leistung zum Schneiden mit zunehmendem Durchsatz bedeutend stärker (exponentiell) als beim Rechenwagen (etwa doppelte Leistung bei 20 t(TM)/h).

## Zusammenfassung und Ausblick

In Praxisuntersuchungen wurden zwei verschiedene Kurzschnittladewagen untersucht. Insbesondere kam es darauf an, den notwendigen Energiebedarf für die Arbeitsprozesse Schneiden und Verdichten des Erntegutes bei einem Rotor- und Rechenwagen zu ermitteln. Dabei wurde die Antriebsleistung für verschiedene Durchsätze gemessen. Daraus ergeben sich folgende Erkenntnisse:

Der Anteil der Verdichtungsleistung beträgt bei beiden Bauformen etwa 20 bis 30% an der Gesamtleistung.

Beim Rotorwagen steigt die erforderliche Leistung zum Schneiden mit zunehmendem Durchsatz bedeutend stärker als beim Rechenwagen. Ursache ist die unterschiedliche Bewegungsbahn der Zinken. Zum reinen Verdichten benötigt der Rotorwagen etwa 50% mehr Leistung. Bei höheren Durchsätzen wurde beim Rotorwagen eine bessere Schnittqualität beobachtet. Lokal schwankt die Gutdichte im Laderaum (hochverdichtete Pakete, Leerstellen) in beiden Bauformen.

Die Ergebnisse zeigen, dass es bisher nicht gelungen ist, allen Anforderungen in einer Konstruktion gleichzeitig gerecht zu werden. Kurzschnittladewagen werden nahezu ausschließlich in Mitteleuropa eingesetzt. Eine kostengünstige und qualitativ hochwertige Futterernte ist für eine wirtschaftlich erfolgreiche Milchproduktion in Mitteleuropa notwendig. Hier kann ein Ladewagen, der die Vorteile beider bisher existenten Bauformen vereint, einen Beitrag leisten.