

Stefan Böttinger und Lars Fliege

Arbeitsverhalten von Mähdrescher-Reinigungsanlagen beim Hangeinsatz

Die Leistungsfähigkeit von Mähdreschern wird durch ihren maximalen Durchsatz bei noch akzeptablen Körnerverlusten beschrieben. Bei diesem Durchsatz reagiert die Reinigungsanlage sehr sensibel auf Änderungen ihrer Neigung, wobei der Einfluss von Querneigungen viel größer ist als der von Neigungen in Längsrichtung. Der Einfluss von Neigungen bis 15 % auf Reinigungsanlagen mit einem Seitenhangausgleich wurde untersucht. Hierfür wurde das Arbeitsverhalten mehrerer Mähdrescher gleichen Typs bei unterschiedlichen Gutarten in Großparzellenversuchen analysiert. Die eingesetzte Messtechnik entspricht der Serienausstattung. Unterschiedlichste Einsatzbedingungen und systematische Fehler erforderten eine umfassende Analyse und Bearbeitung der aufgenommenen Daten, um zu Aussagen bezüglich des Arbeitsverhaltens zu kommen. Die Ergebnisse zeigen eine Verdreifachung der Reinigungsverluste in Durchsatzbereichen von 15 bis 55 t/h und einer Seitenneigung von 10 % auf. Der Einfluss der Längsneigung ist marginal.

Schlüsselwörter

Mähdrescher, Reinigungsanlage, Körnerverluste, Hang, Regelung

Keywords

combine harvester, cleaning unit, grain loss, slope, control system

Abstract

Böttinger, Stefan and Fliege, Lars

Working performance of cleaning units of combine harvesters on sloped fields

Landtechnik 67 (2012), no. 1, pp. 34–36, 4 figures, 2 references

The performance of a combine harvester is determined by the maximum throughput at acceptable grain losses. At optimum throughput, the cleaning system reacts very sensitive to variations of the inclination, whereby the influence of lateral inclination is much higher than the influence of longitudinal inclination. The influence of inclination up to 15 % on the performance of cleaning units with lateral hillside modulation was analyzed. For this purpose several combines of equal type of construction have been analysed in different crops using large-scale parcel tests. The deployed measurement instrumentation corresponds to the series-production status of the combine harvesters. Various testing conditions

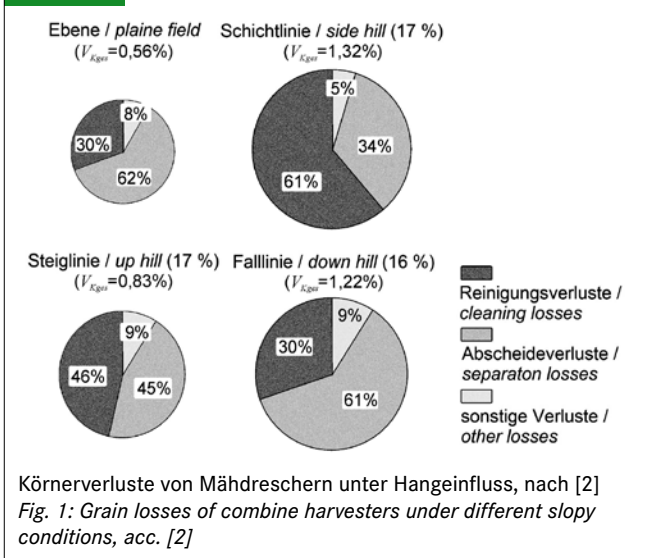
and systematic errors make the handling of the collected data very complex. However, it enables the evaluation of the measurement characteristics of different sensors at variable inclination. The results display a possible triplication of cleaning losses in different throughput ranges between 15 and 55 t/h already at a lateral inclination of 10 %. The influence of longitudinal inclination is marginal.

■ In Deutschland sind 70 % und damit der größte Teil der landwirtschaftlichen Flächen nahezu eben. Die restlichen Flächen haben dagegen Neigungen von über 5 %. Reinigungsanlagen in Mähdreschern nutzen für ihre Arbeit eine Luftströmung durch die oszillierenden Siebe und reagieren sehr sensibel auf Neigungen. Wegen seiner umfangreichen Aufgaben kann der Mähdrescherfahrer die Einstellungen der Reinigungsanlage nur teilweise an die Maschinenneigung anpassen. Zudem sind diese Einstellungen aufgrund der kontinuierlichen Neigungsänderung bei der Arbeit schwierig durchzuführen. Deshalb wurden die Grundlagen für eine Regelung der Reinigungsanlage bei aktuellen Mähdreschern im Hangeinsatz entwickelt [1].

Verlustverhalten von Mähdreschern beim Hangeinsatz

Die Tendenz des Verlustverhaltens von Mähdreschern im Hangeinsatz ist bekannt: Bergab muss das Gut zusätzlich gegen die Hangabtriebskraft gefördert werden. Die Fördergeschwindigkeit ist kleiner und es bildet sich eine dickere Gutschicht mit erschwerten Abscheidebedingungen für die Körner aus. Die längere Verweilzeit auf den Sieben kann dies tendenziell etwas kompensieren. Bergauf tritt prinzipiell ein hierzu gegensinnig-

Abb. 1



ges Verhalten auf. Am Seitenhang führt eine ungleichmäßige Querverteilung des Gutes zu einem Überblasen von Körnern aus dem dünneren Bereich der Gutschicht, da die Luftströmung diese wegen des geringeren pneumatischen Widerstands stärker durchströmt. Im unzureichend aufgelockerten dickeren Bereich der Gutschicht werden Körner mit über die Siebe auf das Feld gefördert. Zwischen einzelnen Mähreschermodellen bestehen Unterschiede nur in der Quantität dieses Verlustverhaltens. Die von Pfahler [2] bereits 1986 veröffentlichten Tendenzen sind immer noch gültig. Er analysierte 16 DLG-Testberichte von Schüttlermähreschern. Die wichtigsten Ergebnisse sind in **Abbildung 1** zusammengefasst.

Auf ebenen Feldern umfassen die Reinigungsverluste 30 % der Gesamtverluste. Diese erhöhen sich um 135 % bei der Arbeit am Seitenhang mit 17 % Neigung. Die Reinigung reagiert hierbei viel sensibler und ihr Verlustanteil steigt auf 61 %. Bei der Arbeit in Falllinie sind die Gesamtverluste etwas niedriger als am Seitenhang, aber der Anteil der Reinigungsverluste ist vergleichbar zur Arbeit in der Ebene und damit deutlich geringer. Bergauf ist der Anteil der Reinigungsverluste um ca. 50 % größer als in der Ebene. Tendenziell ist die Dynamik der Reinigungsverluste beim Befüllen und beim Leerlaufen der Anlage am Feldanfang und -ende bekannt. Die Dynamik beim Übergang von der Ebene zum Hangeinsatz und wieder zurück ist in der Literatur nicht beschrieben.

Die Mährescherhersteller bieten unterschiedliche Lösungen zur Reduzierung der Reinigungsverluste bei der Arbeit am Hang an. Am Seitenhang verteilen zusätzliche Querschwingungen das Gut wieder gleichmäßig auf der Siebfläche. Alternativ verhindert die Nivellierung der Querneigung des Obersiebes oder des gesamten Siebkastens das Rutschen des Gutes hang-abwärts. Über eine Verstellung der Gebläsedrehzahl wird die Auflockerung und der Transport des Reinigungsgutes auf den Sieben in Steig- und Falllinie angepasst. Durch verstellbare Portale an der Antriebsachse kann die gesamte Maschine am Seitenhang, aber auch bei der Arbeit in

Steig- und Falllinie horizontal ausgerichtet werden. Eine teleskopierbare Anlenkung der Hinterachse richtet die gesamte Maschine bei der Arbeit in Steiglinie horizontal aus.

Versuchsaufbau und -durchführung

Für die Untersuchung des Verlustverhaltens von Reinigungsanlagen unter Praxisbedingungen wurden sieben Mährescher vom Typ Claas Lexion 580 mit Datenloggern zur automatischen Aufzeichnung von Messwerten über den CAN-Bus ausgestattet. Neben der theoretischen Fahrgeschwindigkeit aus der Drehzahl der Antriebsräder wurden die Längs- und Querneigung, die GPS-Position, die Maschineneinstellungen, der Korndurchsatz sowie die Signale von den Verlustsensoren erfasst. Die Maschinen wurden auf einem Großbetrieb in Thüringen mit 4 200 ha Druschfläche eingesetzt. 1/3 dieser Flächen sind stärker als 5 % und 3 % der Flächen sind mehr als 15 % geneigt.

Datenverarbeitung

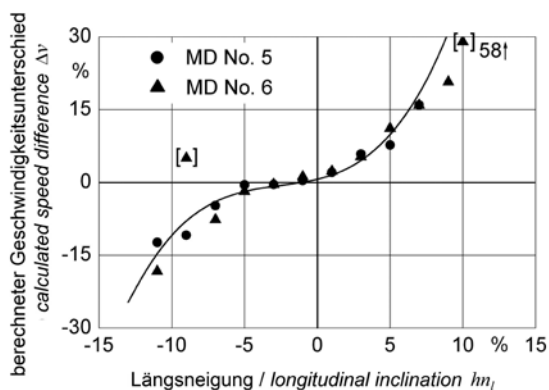
Alle aufgezeichneten Datensätze wurden Plausibilitätskontrollen unterzogen. Unsichere Datensätze wurden herausgefiltert und für verschiedene Daten wurden Korrekturen und Kalibrationen durchgeführt. Zum Beispiel wurden einzelne Messwerte der Maschinenneigungen mit den realen Geländeneigungen im Feld verglichen. Allerdings konnten Einflüsse z.B. aus der stärkeren Einfederung der talseitigen Reifen nicht berücksichtigt werden. Ein weiteres Beispiel ist der Vergleich der aufgezeichneten Fahrgeschwindigkeit mit der aus GPS-Positionsdaten berechneten. Mit zunehmender Längsneigung steigt der Schlupf überproportional an (**Abbildung 2**). Bei einer Neigung von 5 bis 10 % ergaben sich Fehler bei der Geschwindigkeitsmessung von ca. 15 %. Die Größe dieses Fehlers hängt noch von weiteren Einflüssen ab, wie z. B. Bodenfeuchte, Maschinengewicht, Luftdruck der Reifen und Fahrgeschwindigkeit. Dieser Fehler hat direkt einen Einfluss auf die Berechnung der Erntefläche und des Ertrags. Für die weiteren Auswertungen wurde ebenfalls der Zeitversatz zwischen den verschiedenen gemessenen und berechneten Werten berücksichtigt.

Die Sensoren für die Körnerverluste von Mähreschern geben diese Verluste nicht exakt wieder. Sie registrieren die Impulse von dem Teil der Verlustkörner, der die Sensorfläche trifft. Dieser Anteil ist aber nicht konstant und hängt von den Erntebedingungen (z.B. Durchsatz und Maschinenneigung) und den Guteigenschaften (z.B. Gutfeuchten und Strohbrüchigkeit) ab. Unter nahezu konstanten Bedingungen ist die Tendenz der Verlustsignale aber korrekt und sie repräsentieren einen Wert für die absoluten Kornverluste. Es ist hilfreich diesen Wert auf den aktuellen Durchsatz zu beziehen, um damit die relativen Verluste bewerten zu können.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Versuchsergebnisse zeigen u.a. die Schwierigkeiten des Fahrers auf schwankende Erträge zu reagieren. Durch das Anpassen der Fahrgeschwindigkeit konnten in der Regel die variablen Erträge nicht kompensiert werden. Deshalb sind oft hohe

Abb. 2



Geschwindigkeitsunterschiede in Steig- und Falllinie bei Seitenneigungen von max. $\pm 1\%$, Mähdrescher Nr. 5 und 6, 2007
 Fig. 2: Speed difference dependent on up- and downhill inclination for lateral inclinations of max $\pm 1\%$, combine no. 5 and 6, 2007

Durchsätze durch höhere Erträge und niedrige Durchsätze durch geringere Erträge verursacht. In der Praxis verursacht auch dies unterschiedliche Arbeitsbedingungen für die Mähdrescher.

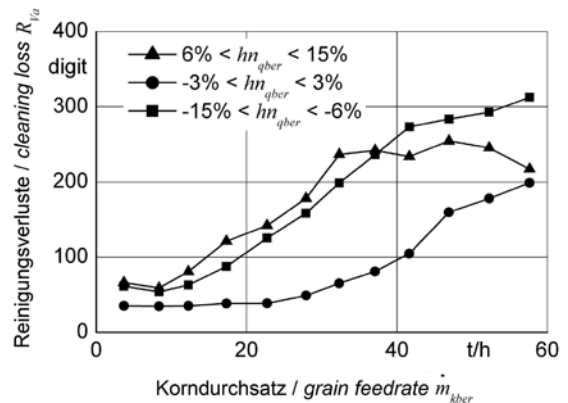
Das charakteristische Arbeitsverhalten von Reinigungsanlagen konnte in den Versuchen bestätigt werden: hohe Verluste bei geringen Durchsätzen durch das Überblasen von Körnern, geringe Verluste bei mittleren Durchsätzen, und wegen der ungenügenden Auflockerung der dicken Gutschicht steigende Verluste bei hohen Durchsätzen. Werden die absoluten Reinigungsverluste analysiert, dann sind diese bei geringen Durchsätzen nahezu konstant (**Abbildung 3**).

Die Arbeit am Seitenhang hatte einen großen Einfluss auf die Verluste. Es ist hervorzuheben, dass der vorhandene Querausgleich korrekt arbeitete und ohne ihn die Verluste deutlich größer gewesen wären. Bei Neigungen von 6 bis 15 % erhöhen sich die Verluste beinahe um den Faktor 3 gegenüber den Verlusten bei nahezu ebenen Bedingungen. Bei sehr hohen Durchsätzen reduzieren sich die Unterschiede zwischen Seitenhang und Ebene. Dies kann durch die Schüttungsphase verursacht sein, bei der ein geringerer Anteil der Verlustkörner aus der Gutschicht abgeschieden wird und die Sensoren trifft. Zusätzlich muss angeführt werden, dass die Datengrundlage für Versuche mit Korndurchsätzen von 50 t/h und mehr, besonders bei der Arbeit am Hang, recht gering und ihre Qualität weniger gut abgesichert ist.

Der Einfluss der Längs- und Querneigung auf die relativen Reinigungsverluste ist für einen Mähdrescher, eine Gutart und ein Erntejahr in **Abbildung 4** zusammengefasst. Bei der Arbeit in Steig- und Falllinie gibt es nahezu keine Unterschiede. Bei 15 % Längsneigung erhöhen sich die Verluste um 50 %, bei 15 % Querneigung dagegen erhöhen sie sich um bis zu 250 %.

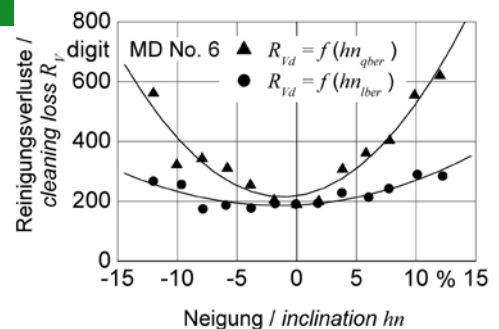
Eine Analyse der Verlustdynamik konnte ebenfalls anhand der aufgezeichneten Daten durchgeführt werden. Schwerpunkt bildete hierbei das Arbeitsverhalten bei Befüllung und Entleerung der Maschine im Vorgewende. Der Fahrer muss hier gleichzeitig die Fahrgeschwindigkeit, die Schneidhöhe

Abb. 3



Absolute Reinigungsverluste in Abhängigkeit von Durchsatz und Seitenneigung, Mähdrescher Nr. 8, Winterweizen 2007
 Fig. 3: Absolute cleaning losses in dependence of throughput and transversal inclination, combine no. 8, winter wheat 2007

Abb. 4



Relative Reinigungsverluste bei unterschiedlichen Längs- und Querneigungen
 Fig. 4: Relative cleaning losses in dependence of longitudinal and lateral inclination

und die Fahrtrichtung anpassen. Deshalb kann von ihm nicht gleichzeitig noch die Anpassung der Gebläsedrehzahl an die sich ändernden Bedingungen erfolgen und die Reinigungsverluste sind für diese Zeit sehr hoch. Basierend auf diesen detaillierten Messungen ist eine Regelung der Gebläsedrehzahl zur Reduzierung der Reinigungsverluste möglich. Weitere Ergebnisse sind in der angegebenen Literatur [1] enthalten.

Literatur

- [1] Fliege, L. (2011): Einfluss der Hangneigung auf die Leistungsfähigkeit von Reinigungsanlagen im Mähdrescher. Dissertation Universität Hohenheim, Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG) Nr. 495. Aachen, Shaker Verlag
- [2] Pfahler, K. (1986): Einfluss der Hangneigung auf die Verfahrenstechnik am Beispiel des Anbaus von Getreide und Körnermais – eine Grundlage für die Bewertung hängiger Flurstücke. Dissertation Technische Universität München, Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG) Nr. 119

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Stefan Böttinger leitet das Fachgebiet Grundlagen der Landtechnik am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Stuttgart.

Dr. Lars Fliege ist Geschäftsführer der Agrargenossenschaft Pfiffelbach.