

Yuanguo Zhao, Folker Beck und Heinz Dieter Kutzbach, Hohenheim

Mähdrescherreinigung

Einfluss der Luftverteilung unter dem Obersieb

Durch die hohe Belastung der Reinigungsanlage mit Nicht-Korn-Bestandteilen (NKB) im modernen Mähdrescher muss die Luftströmung unter dem Obersieb verbessert werden. Es wurden deshalb Untersuchungen zur Optimierung der Luftströmung durchgeführt. Dabei wurden Luftdurchsatz und -verteilung variiert. Eine fallende Luftverteilung hat sich wie auch in früheren Arbeiten bei hohen Gutdurchsätzen als wichtig herausgestellt. Auch muss der Luftdurchsatz an den Gutdurchsätzen angepasst werden. In dieser Arbeit wird die optimale Luftverteilung unter dem Obersieb bei hohen Gutdurchsätzen vorgestellt.

Durch die stetige Erhöhung der Motor- und Durchsatzleistung [1] bei begrenzter Kanalbreite in modernen Mähdreschern steigt die NKB-Abscheidung im Axial- oder Tangentialdreschwerk mit zusätzlichen rotierenden Abscheideorganen. Die Leistungsfähigkeit der Reinigungsanlage wird vor allem durch die Nicht-Korn-Bestandteile (NKB) bestimmt. Deshalb stellt die Reinigungsanlage einen Engpaß der Funktionsorgane im heutigen Mähdrescher dar.

Aufbauend auf [2] wurden in dieser Arbeit Untersuchungen durchgeführt, um die Leistungsfähigkeit der Mähdrescher-Reinigungsanlage auch unter erhöhten Anforderungen durch die Optimierung der Luftverteilung unter dem Obersieb zu verbessern.

Versuchsstand und Versuchsdurchführung

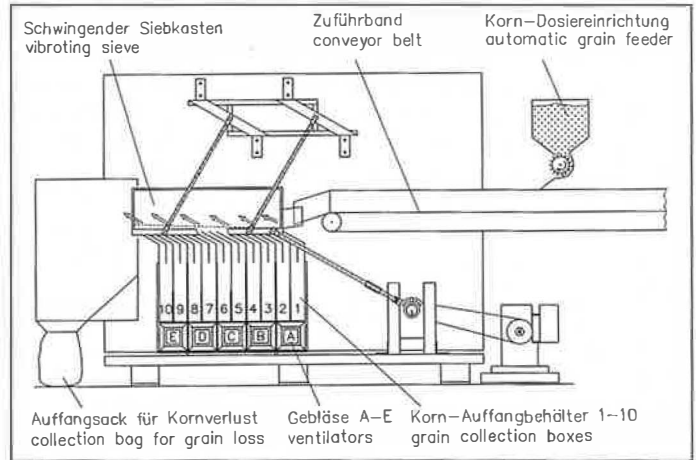
Der in [2] vorgestellte Grundlagen-Reinigungsversuchsstand wurde mit einem 10 m langen Förderband und einer automatischen Korndosiereinrichtung ausgestattet (Bild 1).

Da der Einfluß einer luftdurchströmten Fallstufe nicht untersucht werden sollte, wurden Vorbereitungsboden und Fallstu-

fen entfernt. Das Sieb ist in der Längsrichtung in fünf Abschnitte aufgeteilt, die jeweils von einem eigenen Gebläse A bis E versorgt werden, so dass die Luftverteilung über der Sieblänge beliebig eingestellt werden kann. Durch steile Gebläse-kennlinien wird sichergestellt, dass die eingestellte Luftgeschwindigkeit auch beim belasteten Sieb beibehalten wird.

Bild 1: Schematische Darstellung des Grundlagen-Reinigungsversuchsstandes

Fig. 1: Schematic diagram of the cleaning unit test rig



Das Stroh wird von Hand auf das Förderband gelegt. Anschließend wird darauf die Kornfraktion durch eine Korndosiereinrichtung automatisch dosiert. Das Gutgemisch wird dann dem Sieb über eine Rutsche zugeführt, so dass möglichst keine Vorentmischung des Gutgemisches entsteht.

Während des Versuchs wurden folgende Parameter beibehalten.

Siebbreite:	B = 0,24 m
Sieblänge:	L = 1,55 m
Schwingungsamplitude:	a _s = 20 mm
Schwingungsfrequenz:	f = 5 Hz
Schwingungsrichtung:	β = 31,5°
Strömungsrichtung:	ψ = 30°
Korn:NKB-Verhältnis:	70:30
Schichtung:	Korn auf NKB

Vorversuche zum optimalen Luftdurchsatz

In [3] wurde berichtet, dass in dem Korndurchsatzbereich von 1 bis 3,5 kg/(s·m) höhere Gutdurchsätze auch höhere Luftdurchsätze zur Gutauflockerung erfordern. Dies wurde im Korndurchsatzbereich von 2 bis 5,5 kg/(s·m) in dieser Arbeit bestätigt.

Anhand der Vorversuche wird für den Korndurchsatz von 2 kg/(s·m) ein Luftdurchsatz von 1,25 m³/(s·m²) zur optimalen Auflockerung des Gutgemisches benötigt. Im untersuchten Bereich bis zu Korndurchsätzen von 5,5 kg/(s·m) steigt der optimale Luftdurchsatz auf

2,25 m³/(s·m²) linear an. Wird der Luftdurchsatz über den optimalen Wert erhöht, so steigen die Kornverluste, da infolge der dann entstehenden Flugphase ein Teil des Kornes ausgeblasen wird [4]. Bei zu niedrigem Luftdurchsatz geht die Gutschicht vom Wirbelschichtzustand in die Schüttungsphase über, was die Entmischung erschwert.

Vorversuche zur optimalen Luftverteilung

Da während des Reinigungsvorganges kontinuierlich Korn abgeschieden wird, nimmt die Beladung des Siebes in Förderrichtung ab. Entsprechend früherer

Veröffentlichungen [5, 6] und Vorversuchen zum optimalen Luftdurchsatz muss die Luftgeschwindigkeit dem örtlichen Gutdurchsatz angepasst werden. Deshalb wurden die Untersuchungen mit konstanter oder zum Siebende hin fallender Luftgeschwindigkeit durchgeführt. Die mittlere Luftgeschwindigkeit W [m/s] berechnet sich nach

$$W = \frac{\dot{V}_L}{B \cdot L \cdot \sin\psi} = \frac{\dot{V}_L''}{\sin\psi}$$

wobei \dot{V}_L [m³/s] für den gesamten und \dot{V}_L'' [m³/(s·m²)] für den auf die Siebfläche bezogenen Luftdurchsatz stehen.

Die Lufteinstellungen setzen sich aus der mittleren Luftgeschwindigkeit und der Luftverteilungsart zusammen. Die Kennzeichnung wird nach dem Schema W_LVi/ΔW aufgebaut, wobei W [m/s] für mittlere Luftgeschwindigkeit, ΔW [m/s] für den Geschwindigkeitsabfall von Siebanfang zur Siebmitte und LVi für Luftverteilungsarten stehen, welche anhand eines Beispiels in Tabelle 1 dargestellt sind.

Versuche mit gleicher mittlerer Luftgeschwindigkeit wurden zu Gruppen zusammengefasst. Bei einem Korndurchsatz von 4 kg/(s·m) wurden die in Bild 2 gezeigten Verluste ermittelt.

Folgendes wird deutlich: Mit der mittleren Luftgeschwindigkeit von 3 m/s sind die Verluste bei allen Luftverteilungen am höchsten, da bei diesem geringen Luftdurchsatz durch die Luft die Gutmatte

Dipl.-Ing. Yuanguo Zhao und Dipl.-Ing. Folker Beck sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Lehrstuhl Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion mit Grundlagen der Landtechnik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. H.D. Kutzbach), Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Garbenstr.9, 70599 Stuttgart, e-mail: yzhao@uni-hohenheim.de.

Die Autoren danken der Konrad-Adenauer-Stiftung für die finanzielle Unterstützung von Herrn Y. Zhao im Rahmen eines Promotionsstipendiums.

Luftverteilung Air distribution	Luftgeschwindigkeit/Air velocity [m/s]				
	Gebläse Ventilator	Gebläse Ventilator	Gebläse Ventilator	Gebläse Ventilator	Gebläse Ventilator
	A	B	C	D	E
k	4	4	4	4	4
f1	6	5	4	3	2
f2	6	6	4	2	2
f3	6	5,5	4	2,5	2
f4	6	6	6	4	2

Tab. 1: Luftverteilungsarten (Beispiel für $W = 4 \text{ m/s}$, $\Delta W = 2 \text{ m/s}$)

Table 1: Types of air distribution (Example for $W = 4 \text{ m/s}$, $\Delta W = 2 \text{ m/s}$)

noch nicht gut aufgelockert werden kann, und die Durchdringung der Körner durch die Gutschicht erschwert wird. Eine bessere Gutauflockerung wird mit einer mittleren Luftgeschwindigkeit von 3,5 m/s erreicht. Wird die Luftgeschwindigkeit weiter auf 4,0 bis 4,5 m/s erhöht, steigen die Kornverluste wieder an, weil einerseits die Gutmatte von der Luft schneller gefördert wird und andererseits die Kornabscheidung durch die hohe Luftgeschwindigkeit in den Sieböffnungen behindert wird.

Eine genaue Betrachtung der hier nicht gezeigten Kornabscheidungskurven zeigt folgendes: Zur frühen Auflockerung und Auflösung der Gutmatte wird am Siebanfang eine relativ hohe Luftgeschwindigkeit benötigt. Mit einer Luftgeschwindigkeit bis 4,5 m/s kann das Gutgemisch noch nicht ausreichend aufgelockert werden; erst bei einer Luftgeschwindigkeit von 5,0 bis 5,5 m/s wird eine gute Auflockerung und eine frühe Kornabscheidung erreicht. Das Abscheidemaximum tritt im zweiten Siebabschnitt auf. Eine weitere Erhöhung der Luftgeschwindigkeit führt zur Behinderung der Kornabscheidung.

Dagegen wird am Siebende aufgrund der kleineren Menge des Materials eine niedrige Luftgeschwindigkeit von 2 bis 2,5 m/s benötigt, damit die Kornabscheidung nicht behindert wird und trotzdem die NKB-Abscheidung weitgehend vermieden werden kann. Eine Erhöhung der Luftgeschwindigkeit verbessert die Reinheit, führt aber zu deutlich höheren Kornverlusten. Ebenfalls führt eine hohe Luftgeschwindigkeit in der Siebmitte zu wesentlich höheren Kornverlusten.

Durchsatz-Verlust-Verhalten der Reinigung

Ausgewählt wurden fünf der untersuchten Luftverteilungsarten (in Bild 2 mit Pfeilen gekennzeichnet) nach Kornverlust und der voraussichtlichen Stabilität des Durchsatz-Verlust-Verhaltens.

Die Versuche zeigen das in Bild 3 vorgestellte Durchsatz-Verlust-Verhalten. Verschiedene Luftverteilungen bewirken unterschiedliches Verhalten der Reinigung. Dass die Kornverluste generell hoch sind, ist darauf zurückzuführen, dass in dieser Untersuchung weder Vorbereitungsboden noch Fallstufe verwendet wurden. Es kann festgestellt werden, dass die Kornverluste bei Luftverteilungsarten mit einer mittleren Luftgeschwindigkeit von 3,5 m/s ($3,5_{f2/1}$ und $3,5_{f2/1,5}$) im niedrigen Durchsatzbereich relativ niedrig sind.

Bild 3: Einfluss des Korndurchsatzes auf das Kornverlust-Verhalten in Abhängigkeit von Luftverteilungen

Fig. 3: Effect of grain feed rate on the grain loss with different air distributions

Bei einer mittleren Luftgeschwindigkeit von 4 m/s ($4_{f2/1,5}$ und $4_{f2/2}$) ergeben sich im niedrigen Durchsatzbereich höhere Verluste, der Durchsatzeinfluss ist aber nicht so stark ausgeprägt. Die Kornverlust-Kurve mit der Luftverteilungsart $4,5_{f2/2}$ verläuft zwar wie erwartet noch stabiler, aber die deutlich höheren Kornverluste können nicht in Kauf genommen werden.

Eine nur gering abfallende Luftverteilung $3,5_{f2/1}$ ist für hohe Durchsätze nicht mehr geeignet.

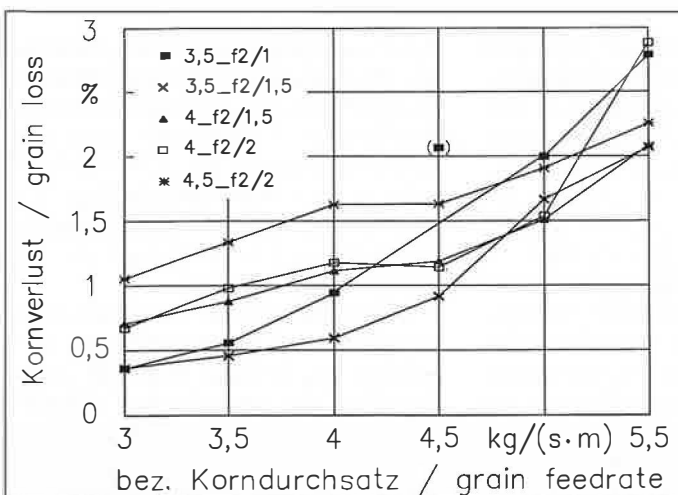
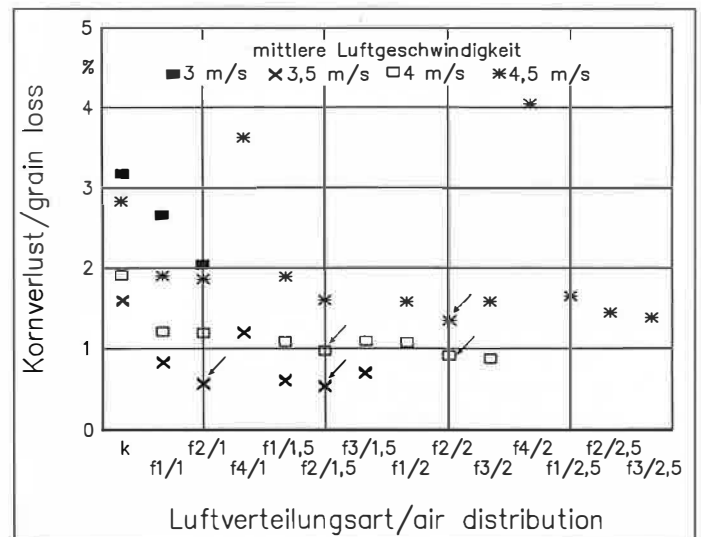
Bild 2: Einfluss der Luftverteilungsarten auf den Kornverlust

Fig. 2: Effect of the air distribution on the grain loss

Die Luftverteilung $3,5_{f2/1,5}$ mit Luftgeschwindigkeiten von 5 m/s am Siebanfang und 2 m/s am Siebende erzeugt über den gesamten Durchsatzbereich die geringsten Verluste. Bei hohen Durchsätzen werden allerdings die Verlustunterschiede gegenüber $4_{f2/1,5}$ und $4_{f2/2}$ geringer. Aufgrund ihrer Stabilität sind diese Luftverteilungsarten für große Korndurchsätze vorteilhaft.

Fazit

Durch die hohe Belastung der Reinigungsanlage mit Nicht-Korn-Bestandteilen (NKB) im modernen Mähdrescher muss die Luftströmung unter dem Obersieb verbessert werden. In dieser Untersuchung zeigte sich, dass der Luftdurchsatz an den Gutdurchsatz angepasst werden muss. Die Luftverteilung unter dem Sieb hat ebenfalls großen Einfluss auf die



Leistungsfähigkeit der Reinigungsanlage. Eine fallende Luftverteilung mit Geschwindigkeiten von 5 bis 6 m/s am Siebanfang, 3,5 bis 4 m/s in der Siebmitte und 2 m/s am Siebende hat sich als optimal herausgestellt.

Auch ohne Vorbereitungsboden und Fallstufe lassen sich damit gute Ergebnisse erzielen. In weiteren Arbeiten soll die optimale Luftströmung unter Berücksichtigung von Vorbereitungsboden und Fallstufen untersucht werden.

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 98502 erhältlich.

Schlüsselwörter

Mähdrescher, Reinigungsanlage, Luftverteilung

Keywords

Combine harvester, cleaning unit, air distribution