

Fallstufen – Einfluss der Luftströmung

Es wird über Grundlagenuntersuchungen zur Klärung der Wirkung und Funktionsweise einer Fallstufe berichtet. Die Strömungsrichtung und die Geschwindigkeit des Luftstrahles in der Fallstufe haben Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Reinigungsanlage, wenn die Luft-einstellung am Siebanfang für die Gutauflockerung nicht ausreichend ist. Mit einer steiler gerichteten Luftströmung wird die Gutauflockerung begünstigt. Bei hohem Gutdurchsatz ist eine steilere Luftströmung in der Fallstufe für die Gutauflockerung und Kornabscheidung günstiger.

Dipl.-Ing. Yuanguo Zhao und Dr.agr. Peter Wacker 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 für Herrn Y. Zhao im Rahmen eines Promotionsstipendiums.

Schlüsselwörter

Mähdrescher, Reinigungsanlage, Fallstufe

Keywords

Combine harvester, cleaning unit, winnowing step

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 99415 erhältlich oder über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Die neu auf den Markt eingeführten Großmähdrescher sind mit einer oder zwei Fallstufen ausgestattet, um den immer höher werdenden Anforderungen an Mähdrescher-Reinigungsanlagen gerecht zu werden. Für die Verwendung und Konzeption notwendige Erkenntnisse über die Funktionsweise und Wirkung der Fallstufen liegen aber nicht in ausreichendem Umfang vor, deshalb sind Grundlagenuntersuchungen der Fallstufen von Bedeutung. In diesem Beitrag wird über den Einfluss der Strömungsrichtung in der Fallstufe berichtet.

Versuchsstand und Versuchsdurchführung

Der zur Durchführung der Untersuchungen von Fallstufen erweiterte Versuchsstand wurde in [1] vorgestellt. Die Fallstufe wird aus dem Vorbereitungsboden und dem Lamellensieb gebildet. Sie wird durch ein getrenntes Gebläse über einen Luftkanal mit einer gleichmäßigen Luftströmung versorgt. Die Verstellung der Strömungsrichtung erfolgt über das Anstellen des Luftkanals mit einem Anstellwinkel von 10° bis 30°.

Für diese Untersuchung wurde eine Fallstufenhöhe von 120 mm konstant gehalten. Die sich in [2, 3] als optimal erwiesenen Luftverteilungen am Sieb wurden in diesen Versuchsreihen verwendet. Sie werden durch die Luftgeschwindigkeit in den fünf Siebbereichen beschrieben (Tab. 1).

Die Luftgeschwindigkeit für den mittleren Siebbereich C und für die hinteren Siebbe-

Tab. 1: Luftverteilung am Sieb

Luftverteilung	Luftgeschwindigkeit [m/s]		
	Gebläse A/B	Gebläse C	Gebläse D/E
LV 4-3-2	4	3	2
LV 4.5-3-2	4,5	3	2
LV 5-3-2	5	3	2

Table 1: Air distribution on the sieve

Tab. 2: Grundeinstellungen des Versuchsstandes

Parameter	Sieb	Vorbereitungsboden	Fallstufe
Lamellenöffnung	10 mm	-	-
Neigung	3°	3°	-
Schwingungsamplitude	30 mm	35 mm	-
Schwingungsfrequenz	4 Hz	4 Hz	-
Schwingungsrichtung	34°	34°	-
Strömungsrichtung	30°	-	10°, 20°, 30°
Luft-einstellung am Sieb	LV 4-3-2	-	4, 5, 6 m/s
	LV 4.5-3-2		
	LV 5-3-2		

Table 2: Basic adjustments of the test rig

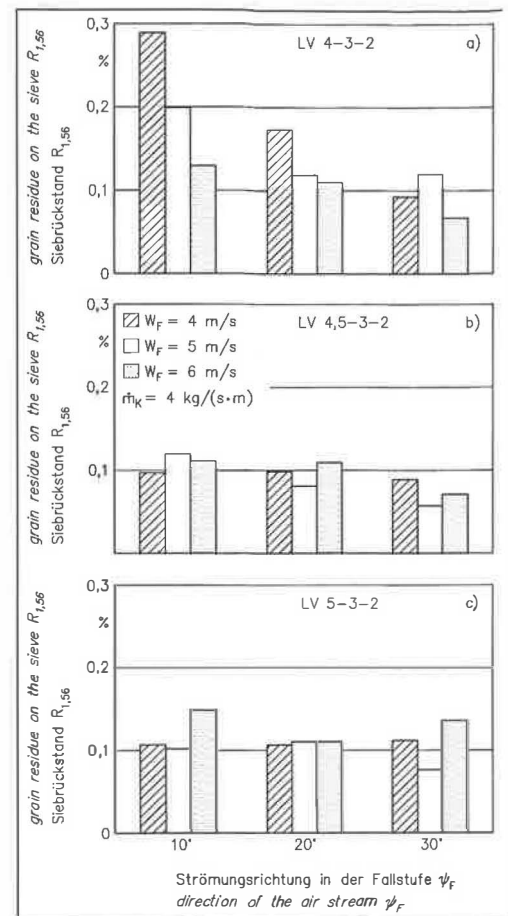


Bild 1: Einfluss der Fallstufenströmung auf Siebrückstand

Fig. 1: Effect of air stream at winnowing step on grain residue on the sieve

reiche D und E wurde konstant gehalten. Es wurde nur die Luftgeschwindigkeit für die zwei vorderen Siebbereiche A und B von 4 bis 5 m/s variiert. Die sich als günstig erwiesene Strömungsrichtung unter dem Sieb von 30° wurde durch einen Strömungsrichter erzielt.

Der Luftkanal, der die Strömungsrichtung in der Fallstufe bestimmt, wurde auf den gewählten Anstellwinkel eingestellt. Bei dieser Strömungsrichtung wurden dann die Luft-einstellung am Sieb und die Luftgeschwindigkeit in der Fallstufe bei einem konstanten Korndurchsatz von 4 kg/(s·m) variiert. Anschließend wurde der Einfluss des Korndurchsatzes im Bereich von 3 bis 5,5

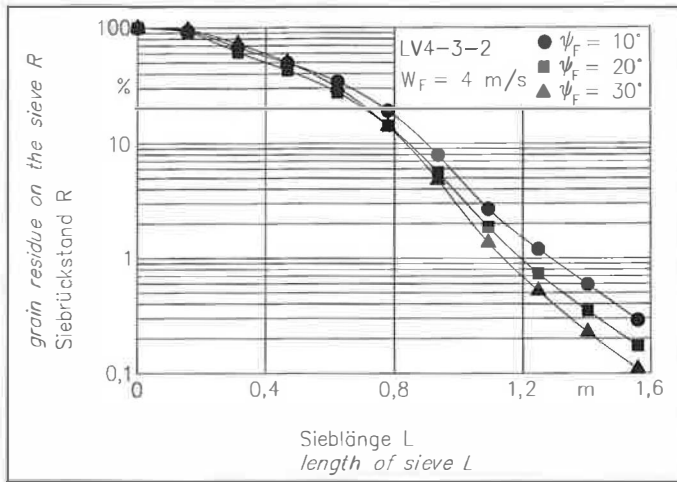


Bild 2: Einfluss der Strömungsrichtung auf Siebrückstand über der Sieblänge

Fig. 2: Effect of stream direction on grain residue along the sieve

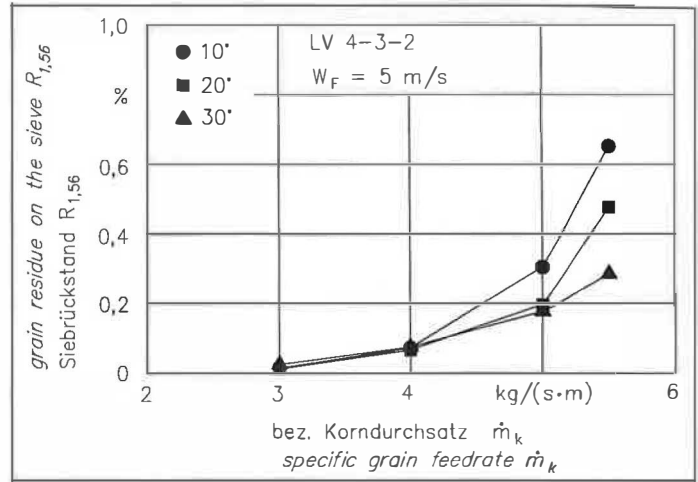


Bild 3: Einfluss der Fallstufenströmung und des Gutdurchsatzes

Fig. 3: Effect of air stream at winnowing step and grain feed rate

kg/(s·m) bei den ausgewählten Luftstellungen sowohl am Sieb als auch in der Fallstufe untersucht. Tabelle 2 zeigt die Grundeinstellungen des Versuchsstandes.

Bei der Durchführung der Versuche wurde zuerst die NKB-Fraktion, die 30% der Gesamtmasse beträgt, auf ein Zuführband gelegt, die Korn-Fraktion folgte dann über eine automatische Korndosiereinrichtung auf die NKB-Fraktion.

Einfluss der Strömungsrichtung und der Luftgeschwindigkeit

In [4, 5] wurde bis zu einem Anstellwinkel von 25° kein Einfluss der Strömungsrichtung in der Fallstufe auf die Beimengungsabscheidung in der Abscheidelänge (ohne Betrachtung des Siebsichtprozesses) festgestellt. In anderen Untersuchungen [6, 7] war die Strömungsrichtung durch einen Anstellwinkel von 20° oder 22° festgelegt. In Bild 1 sind die Versuchsergebnisse als Mittelwerte bei verschiedenen Strömungsrichtungen ψ_F dargestellt. Bei der LuftEinstellung LV 4-3-2 und einem Korndurchsatz von 4 kg/(s·m) kann eine deutliche Wirkung der Strömungsrichtung des Luftstrahles in der Fallstufe festgestellt werden (Bild 1a). Bei einer Luftgeschwindigkeit in der Fallstufe w_F von 4 bis 6 m/s reduziert sich der Siebrückstand am Ende des Siebes $R_{1,56}$ mit der Vergrößerung des Anstellwinkels. Der aus einer steileren Luftströmung ($\psi_F = 30^\circ$) resultierende größere vertikale Anteil der Luftgeschwindigkeit kann einen größeren Teil des Gutgewichts ausgleichen und führt zu einer besseren Gutauflockerung. Durch eine steilere Luftströmung ($\psi_F = 30^\circ$ gegenüber 10°) erhöht sich die vertikale Luftgeschwindigkeit um 187,9 %, während sich die horizontale Luftgeschwindigkeit um 12,1% verringert. Die Wirkung der horizontalen Luftgeschwindigkeit ist durch die Gutauflockerung und den horizontalen Transport des Gutgemisches gekennzeichnet. Der Transport des Gutgemisches zum Siebende hin kann zu ei-

nem Verlust an nutzbarer Sieblänge und dadurch höheren Siebrückstand führen, obwohl der Transporteffekt wegen der relativ kleinen Differenz der horizontalen Luftgeschwindigkeiten sehr begrenzt ist. Für eine steilere Luftströmung spricht auch, dass das Gutgemisch beim Passieren der Fallstufe über die Fingerrechen besser und auch früher von einem steileren Luftstrahl angeströmt wird. Da die als optimal gefundene Strömungsrichtung unter dem Sieb 30° beträgt, und sich die Strömung aus der Fallstufe der Strömung vom Sieb anlagert, ist eine steilere Fallstufenströmung sinnvoll, um ein stabiles Strömungsfeld herzustellen.

In Bild 2 wird dieser Effekt anhand der Siebrückstandkurven am Beispiel der Versuche mit der Luftverteilung am Sieb LV 4-3-2 und der Luftgeschwindigkeit w_F von 4 m/s verdeutlicht. Bei einem Anstellwinkel von 30° wurde am Siebanfang zwar weniger als bei den anderen Strömungsrichtungen abgeschieden, aber aufgrund der besseren Gutauflockerung wurde ab der Siebmitte eine bessere Kornabscheideeffizienz erzielt. Der Siebrückstand am Siebende ist insgesamt geringer.

Erhöht sich die Luftgeschwindigkeit am Siebanfang, so verringert sich der Einfluss der Fallstufenströmung und folglich auch der Strömungsrichtung, bei einer Luftgeschwindigkeit von 5 m/s (LV 5-3-2) wirkt sich die Strömungsrichtung auf den Siebrückstand nicht mehr aus (Bild 1c). Das Strömungsfeld wird überwiegend von der Siebströmung bestimmt und das Gutgemisch mit einem Korndurchsatz von 4 kg/(s·m) kann ausreichend aufgelockert werden. Die Fallstufenströmung spielt hier nur eine untergeordnete Rolle.

Einfluss des Gutdurchsatzes

Die optimale Luftgeschwindigkeit w_F wird von einer Reihe von Einflussfaktoren bestimmt. An erster Stelle steht die LuftEinstellung am Sieb, weiterhin maßgebend sind

der Gutdurchsatz und die Ausführung der Fallstufe. Bei den hier dargestellten Versuchen wurde festgestellt, dass für den Korndurchsatz von 4 kg/(s·m) bei einer Luftverteilung LV 4,5-3-2 eine Luftgeschwindigkeit in der Fallstufe w_F von 5 m/s am günstigsten ist. Mit dieser Luftgeschwindigkeit wurde der Anströmwinkel der Fallstufenströmung von 10° bis 30° verstellt und für jede Strömungsrichtung der Korndurchsatz von 3 bis 5,5 kg/(s·m) variiert. Die Versuchsergebnisse sind in Bild 3 dargestellt. Die unterschiedlichen Steigungen der Durchsatzkennlinien deuten auf den Einfluss der Strömungsrichtung in Bezug auf den Gutdurchsatz hin. Bis zu einem Korndurchsatz von 4 kg/(s·m) kann das Gutgemisch durch das Strömungsfeld, das gemeinsam von den Sieb- und Fallstufenströmungen erzeugt wird, ausreichend aufgelockert werden, die Wirkung der Fallstufenströmung ist gegenüber der Siebströmung sehr gering. Mit Erhöhung des Korndurchsatzes auf 5 kg/(s·m) wird die Unterstützung der Gutauflockerung durch eine steilere Fallstufenströmung notwendig. Diese Tendenz kommt beim Korndurchsatz $\dot{m}_K = 5,5$ kg/(s·m) noch deutlicher zum Ausdruck.

Zusammenfassung

Die zur Klärung der Funktionsweise der Fallstufen durchgeführten Grundlagenuntersuchungen haben gezeigt, dass die Strömungsrichtung und die Geschwindigkeit des Luftstrahles in der Fallstufe Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Reinigungsanlage haben, wenn die LuftEinstellung am Siebanfang für die Auflockerung von einem höheren Gutdurchsatz nicht ausreichend ist. Mit einer steiler gerichteten Luftströmung in der Fallstufe wird die Gutauflockerung begünstigt. Auch das Siebrückstand/Gutdurchsatz Verhalten spricht für eine steilere Strömungsrichtung von $\psi_F = 30^\circ$, der Siebrückstand bei hohem Gutdurchsatz kann so deutlich reduziert werden.