

### Verminderung der Körnerverluste von Mähdrescher-Reinigungsanlagen im Hangbetrieb durch Regelung des Luftstroms.

Von Theo Freye und Heinz Dieter Kutzbach,  
Stuttgart-Hohenheim\*)

*Mitteilung aus dem Sonderforschungsbereich 140 – Landtechnik "Verfahrenstechnik der Körnerfruchtproduktion" der Universität Hohenheim*

DK 631.354.2:631.361.025:631.354.2.004.16

Die Höhe der Körnerverluste der Reinigungsanlage im Mähdrescher ist in erster Linie von der Gutbelastung abhängig. Da sich das Gut beim Arbeiten am Querhang auf der Talseite der Reinigung sammelt, kommt es an diesen Stellen zu einer Überlastung der Siebe, die eine überproportionale Zunahme der Körnerverluste zur Folge hat. Es wird eine Regelungseinrichtung vorgestellt, die eine Anpassung des Luftstroms an die ungleichmäßige Gutverteilung auf der Reinigungsanlage beim Arbeiten am Hang vornimmt und somit zu einer Herabsetzung der Körnerverluste führt.

#### 1. Einleitung

Die aus luftdurchströmten Schwingsieben bestehende Reinigungsanlage im Mähdrescher trennt das vom Dreschkorb und vom Schüttler kommende Gutgemisch aus Korn, Spreu und Kurzstroh. Beurteilungskriterien für die Arbeitsgüte einer Reinigungsanlage sind die Reinheit der abgetrennten Körner und die Körnerverluste.

Die Verfasser danken dem Leiter der Meßabteilung, Herrn Dipl.-Ing. K. Burkhardt, für die Erstellung des elektronischen Teils der Regelungseinrichtung.

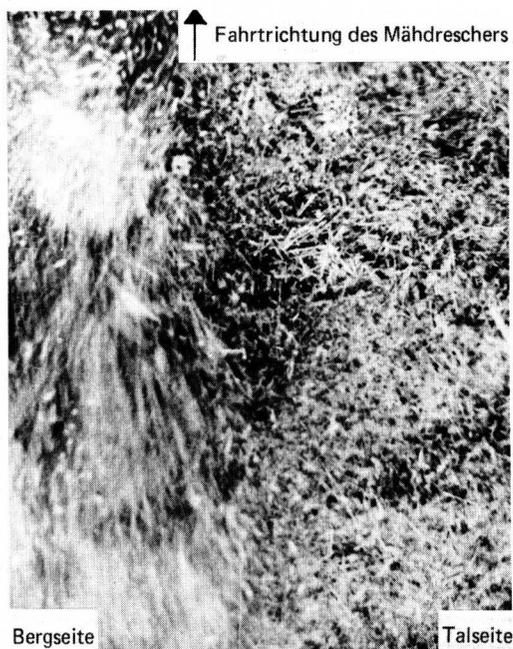
\*) Dipl.-Ing. Th. Freye ist wiss. Mitarbeiter im DFG-Sonderforschungsbereich 140, Prof. Dr.-Ing. H.D. Kutzbach ist geschäftsführender Direktor des Instituts für Agrartechnik und Leiter des Forschungsprojektes.

Beim Arbeiten am Querhang kommt es durch die Gutverlagerung zur Talseite auf der Reinigungsanlage zu einer örtlichen Überlastung der Siebe, die zu einer starken Zunahme der Körnerverluste führt. Während in der Ebene normalerweise die Körnerverluste des Schüttlers die Durchsatzleistung des Mähdreschers beschränken, ist am Querhang sehr häufig die Reinigungsanlage das leistungsbegrenzende Arbeitsorgan [1]. Der Herabsetzung der Körnerverluste beim Arbeiten am Hang kommt eine große wirtschaftliche Bedeutung zu, da ein großer Teil des Getreides in hängigen Lagen angebaut wird und auch weiterhin mit einer Ausdehnung des Getreideanbaus in Hanglagen zu rechnen ist. Neben den Bemühungen, die Hangabhängigkeit der Reinigungsanlage durch konstruktive Maßnahmen zu verringern, ist eine Leistungssteigerung insbesondere durch den Einsatz von Steuer- und Regelungseinrichtungen möglich.

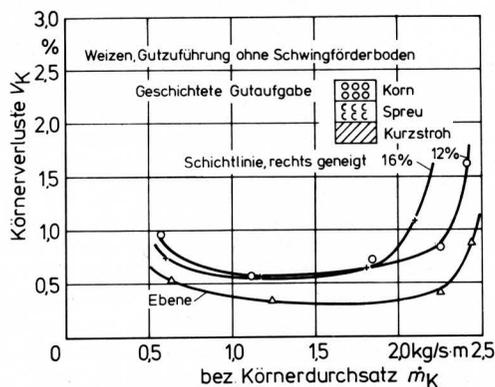
#### 2. Verlustverhalten der Reinigungsanlage im Hangeinsatz

Die bei der Korn-Spreu-Trennung entstehenden Körnerverluste sind von der konstruktiven Gestaltung der Reinigungsanlage, von der Einstellung der Siebe und des Luftstroms und von den Stoffeigenschaften des zu trennenden Materials abhängig. Von Einfluß auf die Körnerverluste ist insbesondere der Gutsdurchsatz der Reinigungsanlage. In Abhängigkeit vom Gutsdurchsatz lassen sich im Verlustverhalten 3 Phasen unterscheiden [2]. Die geringsten Körnerverluste entstehen in der Wirbelschichtphase, in der die einwirkenden mechanischen und pneumatischen Kräfte die über das Sieb strömende Gutschicht auflockern und damit die Kornabtrennung begünstigen. Die Flugphase mit höheren Körnerverlusten stellt sich ein, sobald bei zu geringem Gutsdurchsatz keine zusammenhängende Gutschicht vorliegt und die einzelnen Partikeln hauptsächlich pneumatisch über das Sieb gefördert werden. In der Schüttungsphase bei zu großer Belastung der Siebe wird die Gutschicht ungenügend aufgelockert, und die Körnerverluste nehmen sehr stark zu.

Beim Arbeiten am Querhang treten aufgrund der Gutverlagerung diese 3 Phasen am Sieb nebeneinander gleichzeitig auf, **Bild 1**. Das Entstehen der unterschiedlichen Betriebsphasen wird unterstützt durch eine Ablenkung des Luftstroms zur geringer belasteten Siebseite. Während an der Talseite die Schüttungsphase vorliegt, ist an der Bergseite die Flugphase zu erkennen. Das Auftreten dieser zwei ungünstigen Betriebsphasen bedingt eine Zunahme der Verluste, und insbesondere die unter diesen Verhältnissen schon bei geringen Gutdurchsätzen entstehende Schüttungsphase schränkt die Durchsatzleistung erheblich ein. **Bild 2** gibt das im Laborversuch ermittelte Verlustverhalten einer Reinigungsanlage bei Querneigung ohne vorgeschalteten Schwingförderboden wieder. Dargestellt sind die Körnerverluste  $V_K$  in Abhängigkeit vom Körnerdurchsatz  $\dot{m}_K$ , der auf 1 Meter Siebbreite bezogen wurde. Da im Mähdröcher am Querhang bereits auf dem Schwingförderboden eine seitliche Verlagerung des Gutes stattfindet und dieses daher den Sieben schon einseitig zugeführt wird, kommt es im praktischen Einsatz bei noch geringeren Durchsätzen zu progressiv ansteigenden Körnerverlusten.



**Bild 1.** Verhalten der Gutschicht auf dem Obersieb einer Mähdröcherreinigungsanlage am Querhang.



**Bild 2.** Verlustverhalten einer Mähdröcherreinigungsanlage am Querhang bei unterschiedlicher Neigung.

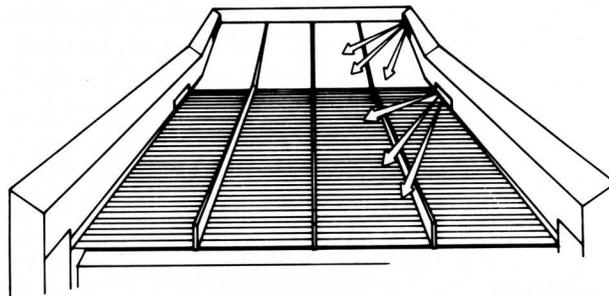
Auch beim Arbeiten am Längshang verändert sich das Verlustverhalten der Reinigungsanlage. Durch die Längsneigung der Siebe und die damit verbundene Änderung der Gutfördergeschwindigkeit werden Schichthöhe und Verweilzeit des Gutes beeinflusst. Beim Aufwärtsfahren führt dies zu einer Ausbildung der Flugphase mit erhöhten Körnerverlusten. Beim Abwärtsfahren staut sich das Material auf den Sieben, wodurch sehr häufig die Schüttungsphase entsteht. Auch bei geringen Gutdurchsätzen können deshalb die Körnerverluste sehr hoch sein.

### 3. Maßnahmen zur Herabsetzung der Hangempfindlichkeit

#### 3.1 Gutleiteneinrichtungen und lageabhängige Regelung von Siebneigung oder Luftstrom

Zur Reduzierung der Körnerverluste bei der Arbeit am Querhang werden Förderboden und Siebe mit in Längsrichtung angeordneten Hangleisten versehen, die das seitliche Abgleiten des Gutes teilweise unterbinden. Weiterhin werden an den Seitenwänden oberhalb der Siebe befestigte Ablenkleisten verwendet, die das talseitig angehäuften Material im Bereich der Leisten auf dem Sieb verteilen und so zu einer Auflockerung beitragen. Aus der Patentliteratur sind Vorrichtungen bekannt, die das vom Förderboden einseitig zugeführte Gut beim Übergang auf das Obersieb verteilen [3, 4].

Eine andere, baulich aufwendige Möglichkeit zur Vermeidung der hohen Körnerverluste beim Arbeiten am Hang ist der vollständige Ausgleich der Hangneigung durch eine lageabhängige Regelung. Neben den bekannten Hangmähdröchern, bei denen das gesamte Maschinengehäuse mit Ausnahme des Schneidwerks in der Waagrechten gehalten wird, gibt es Vorschläge, die einen Querhangausgleich nur für die Siebe der Reinigungsanlage vorsehen [5, 6]. Zur Auflockerung und Verteilung des einseitig sich ansammelnden Materials auf der Reinigungsanlage wird von einem amerikanischen Hersteller eine pneumatische Hanghilfe angeboten, wobei auf der tieferliegenden Seite ein zusätzlicher Luftstrom oberhalb der Siebe eingeleitet wird, **Bild 3**, [7].



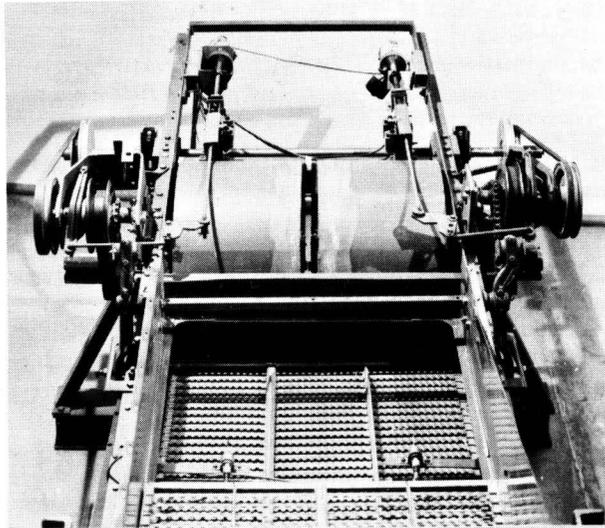
**Bild 3.** Luftdüse für Hangausgleich [7].

#### 3.2 Anpassung des Luftstroms an die örtliche Gutverteilung auf dem Sieb

##### 3.2.1 Regelungseinrichtung

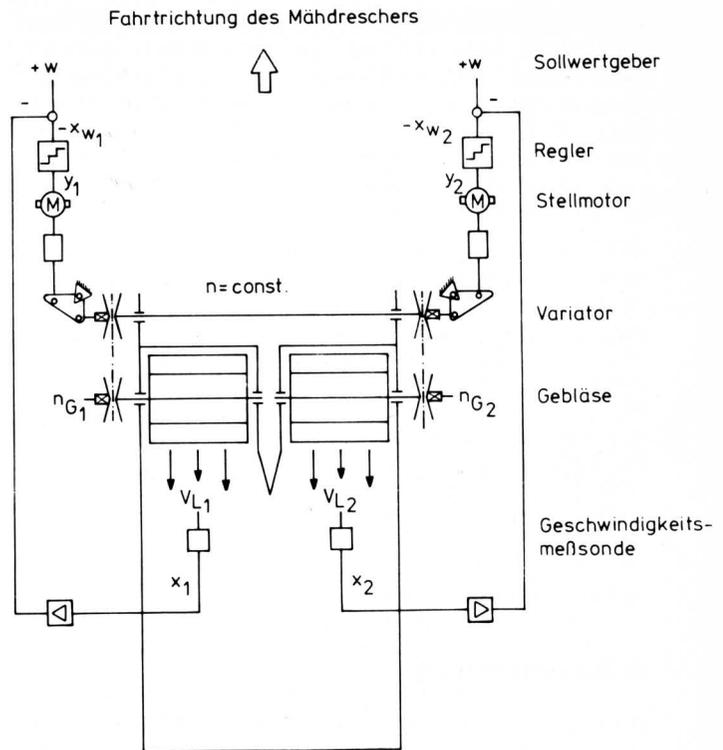
Die Entstehung von Schüttungsphase und Flugphase wird beim Arbeiten am Querhang dadurch begünstigt, daß die für die Trennung optimale Luftgeschwindigkeit an der Talseite unterschritten, an der Bergseite dagegen überschritten wird. Ursache hierfür ist zum einen die Ablenkung des Luftstroms zur unbelasteten Siebseite, zum anderen vermindert sich die Luftgeschwindigkeit infolge der Drosselung des Gebläses durch den Gutstrom [8]. Eine Möglichkeit zur Minderung der Körnerverluste ist deshalb die Regelung des Luftstroms mit dem Ziel, die Luftgeschwindigkeit über der Siebbreite unabhängig von der Gutverteilung auf dem Sieb auf

einem konstanten Wert zu halten. Die hierbei erforderliche Veränderung der Luftströmung je nach örtlicher Gutverteilung ist beispielsweise dadurch zu erzielen, daß das bisherige Gebläse durch mehrere unabhängig voneinander einstellbare Gebläse ersetzt wird, die nebeneinander angeordnet sind. Zusammen mit einer kontinuierlichen Messung der Luftgeschwindigkeit in den einzelnen von den Gebläsen erfaßten Siebbereichen ist damit die Voraussetzung für den Einsatz einer Regelungseinrichtung gegeben.



**Bild 4.** Reinigungsanlage mit Regelungseinrichtung (Obersieb teilweise entfernt) zum Einhalten einer vorgegebenen Luftgeschwindigkeit.

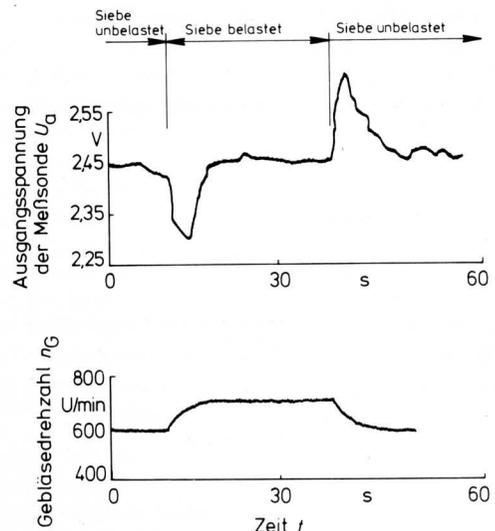
**Bild 4** zeigt eine konventionelle Mährescherreinigung, die mit einer derartigen Regelung ausgerüstet wurde. Durch zwei getrennte Gebläse kann hier eine Anpassung des Luftstroms jeweils für die rechte und linke Siebseite getrennt erfolgen. Hierzu wurde das vorhandene Gebläse geteilt, die Drehzahlverstellung der Gebläse wird jeweils über einen Variator vorgenommen, der von einem Stellmotor über ein Hebelgestänge verstellt werden kann. Zur Messung der Luftgeschwindigkeit ist jedem Gebläse eine Sonde zugeordnet, die zwischen Ober- und Untersieb ortsfest eingebaut ist. Als Meßsonden wurden NTC-Widerstände verwendet, die sich durch eine geringe Empfindlichkeit gegen Beschädigungen auszeichnen [9]. In **Bild 5** sind die identischen Regelkreise für die linke und die rechte Siebhälfte schematisch dargestellt. Die Einstellung des Sollwertes  $w$  für die Luftgeschwindigkeit erfolgt an einem gemeinsamen Sollwertgeber. In jedem Regelkreis wird mit Hilfe des NTC-Widerstandes die Luftgeschwindigkeit  $v_L$  gemessen und der Istwert  $x$  anschließend mit dem Sollwert  $w$  verglichen. Je nach Vorzeichen und Größe der Regelabweichung  $x_w$  liefert ein Dreipunktregler mit  $P-T_1$ -Charakteristik ein Stellsignal  $y$  an den Stellmotor. Über eine Gewindespindel und das Hebelgestänge erfolgt die Verstellung des Variators und damit eine Änderung der Gebläsedrehzahl  $n_G$ . Ein ständiger Ausgleich von nur kurzzeitig auftretenden Luftgeschwindigkeitsänderungen unterbleibt aufgrund der Trägheit des NTC-Widerstandes. Allerdings erfordert dieses träge Verhalten eine zusätzliche Impulssteuerung des Stellmotors, da ein kontinuierliches Stellsignal für den im Vergleich zur Meßsonde schnell reagierenden Stellmotor zu einem Überschwingen des Regelkreises und damit zur Instabilität führt. Durch diese Impulssteuerung erfolgt der Vergleich Istwert/Sollwert in einem bestimmten Zeittakt, wobei die Länge der an den Stellmotor gegebenen Impulse von der Größe der Regelabweichung  $x_w$  abhängig ist [10]. Durch die Verwendung moderner elektronischer Bausteine konnte der für die Regelung erforderliche Aufwand gering gehalten werden.



**Bild 5.** Schematische Darstellung der Regelkreise für die Luftgeschwindigkeitsregelung.

### 3.2.2 Ergebnisse im Laborversuch

Das Verhalten eines Regelkreises bei Drosselung des Gebläses durch eine über das Sieb strömende Gutschicht ist in **Bild 6** dargestellt. Infolge der Gutbelastung fällt die Luftgeschwindigkeit  $v_L$  und damit die Ausgangsspannung  $U_a$  der Meßsonde ab, **Bild 6** oben. Durch die Erhöhung der Gebläsedrehzahl  $n_G$ , **Bild 6** unten, stellt sich nach etwa 10 Sekunden der ursprüngliche Wert für die Ausgangsspannung  $U_a$  wieder ein. Bei erneut unbelastetem Sieb nimmt die Luftgeschwindigkeit an der Meßsonde zunächst zu, um dann durch eine Verringerung der Gebläsedrehzahl auf den Ausgangswert geregelt zu werden. Die Regelung der Luftgeschwindigkeit



**Bild 6.** Verlauf der Ausgangsspannung der Meßsonde (oben) und der Gebläsedrehzahl  $n_G$  (unten) bei Änderungen der Siebbebelastung.

keit ist insbesondere bei ungleichmäßiger Luftverteilung am Querhang von Bedeutung. Es werden aber auch beim Betrieb in der Ebene oder am Längshang Änderungen der Luftgeschwindigkeit berücksichtigt, die durch eine Drosselung des Gebläses bei hohen Gutdurchsätzen verursacht werden. Eine Verbesserung des Verlustverhaltens ist hier besonders dann zu erwarten, wenn bei einem Gebläse mit flacher Kennlinie größere Schwankungen in der Luftgeschwindigkeit auftreten.

Bild 7 zeigt die Körnerverluste  $V_K$  einer Mähdescherreinigungsanlage in Abhängigkeit vom bezogenen Körnerdurchsatz  $\dot{m}_K$  bei Querneigung von 12,3 % mit und ohne Regelung. Die Gutzuführung erfolgte durch ein Förderband ohne Zwischenschaltung des Schwingförderbodens direkt auf das Obersieb. Als Versuchsgut wurden Weizenkörner, Spreu und Kurzstroh in einem Massenverhältnis von 70 : 20 : 10 verwendet. Die am Querhang auftretende einseitige Gutverlagerung auf dem Schwingförderboden wurde durch eine entsprechende Gutverteilung auf dem Zuführband berücksichtigt. Während beim Betrieb ohne Regelung bereits bei einem bezogenen Körnerdurchsatz von  $\dot{m}_K = 1,6 \text{ kg/sm}$  ein progressives Ansteigen der Körnerverluste festzustellen ist, kann durch die Regelung der Gutdurchsatz der Reinigungsanlage bei geringen Körnerverlusten erheblich erhöht werden.

#### 4. Zusammenfassung

Die einseitige Gutverlagerung auf den Sieben der Mähdescherreinigung am Querhang verursacht je nach Hangneigung und Gutdurchsatz sehr hohe Körnerverluste. Mit Hilfe einer Regeleinrichtung, die eine Anpassung des Luftstroms an die örtliche Gutverteilung auf den Sieben vornimmt, kann eine Herabsetzung der Hangempfindlichkeit der Mähdescherreinigung erzielt werden. Auch in der Ebene und beim Arbeiten am Längshang wirkt sich die Regelung günstig aus, da die Luftgeschwindigkeit unabhängig von der Gutbelastung der Reinigungsanlage konstant gehalten werden kann.

#### Schrifttum

[ 1 ] DLG-Mähdescherprüfberichte, Gruppe 7 c.

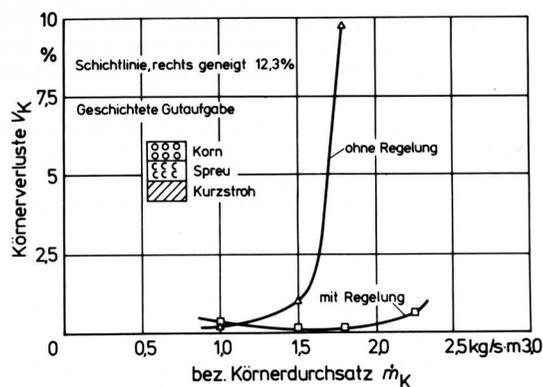


Bild 7. Körnerverluste in Abhängigkeit vom Gutdurchsatz für die Versuchsanlage mit und ohne Regelung bei einer Querneigung von 12,3 %.

- [ 2 ] Segler, G. u. Th. Freye: Vibro-pneumatische Trennung von Stroh, Korn und Spreu im Mähdescher. *Grundl. Landtechnik* Bd. 27 (1977) Nr. 4, S. 101/108.
- [ 3 ] Deutsche Auslegeschrift Nr. 1962110.
- [ 4 ] Deutsche Offenlegungsschrift Nr. 2454315.
- [ 5 ] Deutsche Auslegeschrift Nr. 2015701.
- [ 6 ] Deutsche Offenlegungsschrift Nr. 1949244.
- [ 7 ] Allis Chalmers cleaner. *Combine Facts* 1977/78, S. 19/23.
- [ 8 ] Segler, G. u. Th. Freye: Entwicklung einer Meß- und Kontrolleinrichtung für den Gutdurchsatz der Reinigungsanlage im Mähdescher. *Grundl. Landtechnik* Bd. 28 (1978) Nr. 4, S. 148/51.
- [ 9 ] Burkhardt, K. u. Th. Freye: Die Messung kleiner Strömungsgeschwindigkeiten mit Hilfe von Heißeleiterwiderständen. *Grundl. Landtechnik* Bd. 28 (1978) Nr. 6, S. 223/25.
- [ 10 ] Stahl, T.: Untersuchungen zur Regelung der Trennelemente im Mähdescher. Unveröffentlichte Diplomarbeit TH Stuttgart 1979.

## Bestandsdurchdringung und Anlagerung von Tropfen bei der Applikation in höheren Maisbeständen.

Von Eberhard Moser und Chänh Pham Công,  
Stuttgart-Hohenheim\*)

Mitteilung aus dem Sonderforschungsbereich 140 – Landtechnik "Verfahrenstechnik in der Körnerfruchtproduktion" der Universität Hohenheim

DK 632.9:632.982:633.15

Die zunehmende Bedeutung des Pflanzenschutzes im Körnermaisbau hat zu einer Intensivierung der Arbeiten um eine gezielte, biologisch wirksame, umweltfreundliche und ökonomische Applikation geführt.

\*) Prof. Dr.-Ing. E. Moser ist Leiter des Fachgebietes Verfahrenstechnik für Intensivkulturen am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Dipl.-Ing. agr. Ch. Pham Công ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Sonderforschungsbereich 140 dieser Universität.

Einer der Schädlinge im Maisanbau, der höhere Anforderungen an die Gerätetechnik stellt, ist der Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*), weil zur Zeit der Bekämpfung der Maisbestand sehr hoch ist, der optimale Applikationsort aber in der unteren Hälfte des Pflanzenbestandes an schwer zugänglichen Pflanzenteilen liegt.

In der vorliegenden Arbeit wird über den Stand der Technik und von ersten Ergebnissen zur Verbesserung von Applikationsverfahren hinsichtlich Bestandsdurchdringung und Anlagerung des Wirkstoffes in höheren Maisbeständen berichtet.