

Simulation des Gesamt-Mähdreschers

Mit Simulationswerkzeugen lässt sich der Versuchsaufwand in der Mähdrescherentwicklung reduzieren. In diesem Beitrag wird ein modular aufgebautes, mathematisches Mähdrescher-Gesamtmodell vorgestellt und ein Anwendungsbeispiel für die Gutflusssimulation gezeigt. Die Simulationsergebnisse sind realistisch. Deshalb stellt das Simulationswerkzeug ein zeitsparendes Hilfsmittel in der Mähdrescherentwicklung dar.

Mit zunehmenden Durchsatzleistungen moderner Mähdrescher steigt der Zeit- und Kostenaufwand für weitere konstruktive Verbesserungen. Da sich durch Einsatz von Simulationswerkzeugen die Anzahl der Versuche reduzieren lässt oder bei gleicher Versuchsanzahl zusätzliche Einflüsse berücksichtigt werden können, sind in Zukunft neben kürzeren Entwicklungszeiten auch geringere Entwicklungskosten zu erwarten. Mit physikalisch fundierten, mathematischen Modellen lassen sich weiterhin nicht messbare physikalische Größen berechnen. Dadurch sind die Vorgänge in den Dresch- und Trennprozessen besser zu verstehen.

Modelle für die Dresch- und Trennprozesse

Für die in Bild 1 gezeigten Prozesse eines konventionellen Mähdreschers werden die mathematischen Modelle vorgestellt. Die Kornabscheidung im Dreschwerk folgt Gleichung (1) mit sehr guter Genauigkeit [1]. In der auf stochastischen Grundlagen aufgebauten Gleichung stellt λ die Ausdruschrates und β die Abscheiderate von Korn im Dreschspalt dar. Dieses Modell gibt auch die Summenabscheidung von Axialdreschwerken mit sehr guter Genauigkeit wieder [2,3].

$$s_s = \frac{1}{\lambda - \beta} [\lambda (1 - e^{-\beta x}) - \beta (1 - e^{-\lambda x})] \quad (1)$$

Für die Trennprozesse auf Schüttler, Vorbereitungsboden und Obersieb der Reinigungsanlage lässt sich das kombinierte Ent-

mischungs- und Abscheidemodell verwenden [4]. Die Kornbewegung innerhalb der Gutschicht folgt den Gesetzen von Konvektion und Dispersion. Die Kornmassenverteilung $u(y,t)$ im Abstand y von der Sieboberfläche zum Zeitpunkt t nach Eintritt in den Teilprozess hängt dabei von der mittleren Sinkgeschwindigkeit v_y und der Dispersionskonstanten D_y ab, Gleichung (2). Hat Korn die Sieboberfläche erreicht, so wird es nach einer kurzen Verzögerung abgeschieden. Die Übereinstimmung der Simulationsergebnisse mit den Messungen ist gut.

$$\frac{\partial}{\partial t} u(y,t) = -v_y \frac{\partial u}{\partial y} + D_y \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \quad (2)$$

Die luftdurchströmte Fallstufe ist in der Lage, die Gutschicht im Flug aufzulockern, zu entmischen und einen Teil der Nicht-Kornbestandteile (NKB) auszublasen. Gleichzeitig wird bereits entmischtes Korn abgeschieden. Diese Effekte sind in dem neuentwickelten Modell berücksichtigt, das hier aber nicht weiter beschrieben wird.

Verknüpfung der Modelle

Die vorgestellten Teilprozessmodelle werden entsprechend dem Aufbau des konventionellen Mähdreschers unter Berücksichtigung der Schichtung von Korn und NKB miteinander verknüpft. Die Schichtung von Korn und NKB bei Beginn eines jeden Teilprozesses besitzt dabei großen Einfluss auf die Kornverluste des Mähdreschers. Die

Fortsetzung auf Seite 97

Dipl.-Ing. Folker Beck ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Dr.-Ing. Petre Miu war Gastwissenschaftler am Lehrstuhl Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion mit Grundlagen der Landtechnik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. Heinz-Dieter Kutzbach), Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart, e-mail: kutzbach@uni-hohenheim.de. Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Alexander-von-Humboldt-Stiftung für die finanzielle Unterstützung der Forschungsarbeiten.

Schlüsselwörter

Mähdrescher, Simulation, Modell, Entwicklungswerkzeug

Keywords

Combine harvester, simulation, model, engineering tool

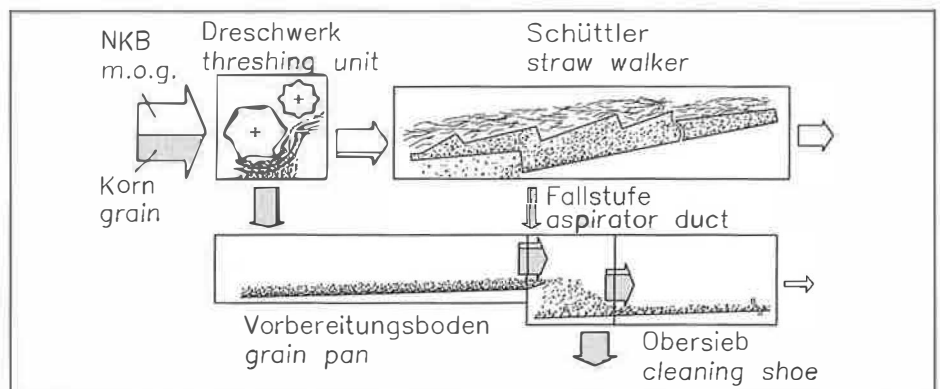


Bild 1: Dresch- und Trennprozesse im konventionellen Mähdrescher

Fig. 1: Threshing and separation processes in a conventional combine

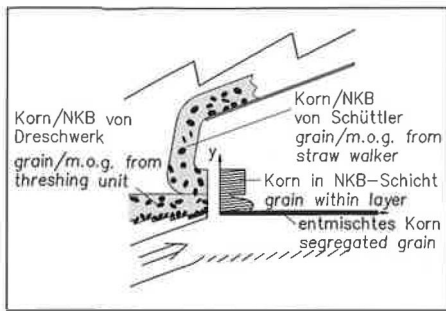


Bild 2: Theoretische Kornverteilung am Ende des Vorbereitungsbodens

Fig 2: Theoretical grain distribution at the end of the grain pan

Kornabscheidung des Obersiebes wird maßgeblich von der Schichtung am Ende des Vorbereitungsbodens beeinflusst (Bild 2). Die Schichtung und die Dicke der Gutschicht auf dem Obersieb wiederum ergeben sich aus den Korn- sowie NKB-Abscheideströmen von Dreschwerk und Schüttler.

Durch den modularen Aufbau des Gesamtmodells und die Verknüpfung der Prozessmodule lassen sich Auswirkungen von Gutflussänderungen auf nachfolgende Teilprozesse untersuchen. Neben Konstruktion und Einstellung lassen sich auch Änderungen in den Stoffeigenschaften wie etwa die Brüchigkeit von Stroh bestimmen.

Das Modulkonzept bietet außerdem die Möglichkeit, Ergebnisse von unterschiedlichen Versuchsständen zusammenzuführen. Die Modellparameter λ , β des Dreschwerkes einerseits sowie v_y , D_y und Abscheidkonstante für Schüttler, Vorbereitungsboden und Obersieb andererseits können derzeit nicht mit einem einzigen Versuchsstand bestimmt werden. Sie stammen aus Versuchen mit dem Dresch- und Schüttler-Versuchsstand [5] und dem Grundlagen-Reinigungs-Versuchsstand [6].

Simulationsergebnisse

Am Beispiel einer Kennlinie mit variiertem Durchsatz werden Simulationsergebnisse gezeigt. Zusätzlich zum Durchsatz wird auch die NKB-Abscheidung von Dreschwerk und Schüttler variiert. Die Simulationsrechnungen bestätigen das aus Versuchen bekannte progressive Ansteigen der Kornverluste mit zunehmendem Durchsatz.

In Bild 3 ist das Korn- und NKB-Abschneiderverhalten der Teilprozesse Dreschwerk und Schüttler sowie der Kornverlust von Reinigung und Gesamt-Mähdrescher dargestellt. Die Ergebnisse sind über dem Gesamt-NKB-Durchsatz aufgetragen, wobei das Korn:Stroh-Massenverhältnis ungefähr 1:1 beträgt.

Bild 3: Einfluss des Durchsatzes auf die Mähdrescher-Teilprozesse

Fig. 3: Effect of feed rate on combine processes

In den Diagrammen wird der NKB-Abscheidefaktor als zusätzlicher Parameter variiert. Damit lässt sich die NKB-Abscheidung von Dreschwerk und Schüttler gegenüber den gemessenen Werten (= 100%) verändern, um den Einfluss stärkerer Strohzerstörung und -abscheidung auf die Berechnung abzuschätzen.

Im Dreschwerk nehmen sowohl die relative Korn- als auch die gemessene relative NKB-Abscheidung mit zunehmendem Durchsatz ab. Ebenso sinkt auf dem Schüttler die gemessene NKB-Abscheidung. Durch den wachsenden Kornmassenstrom des Schüttlers steigt der Kornverlust allerdings progressiv. Mit zunehmendem NKB-Abscheidefaktor verringert sich die NKB-Schichtdicke auf dem Schüttler. Somit verringert sich auch der vertikale Durchdringungsweg für Korn, so dass der Kornverlust abnimmt.

Auch das Verlustverhalten der Reinigung entspricht mit dem progressiven Verlauf der Realität. Dies gilt vor allem für große NKB-Abscheidefaktoren. Das Korn : NKB-Massenverhältnis liegt hier zwischen 84:16 und 62:38 (NKB-Abscheidefaktor von 100% und 300%). In [7] werden Versuchsergebnisse an einer Original-Mähdrescherreinigung mit unterschiedlichem Korn : NKB-Massenverhältnis vorgestellt. Der bei ungünstigem Korn : NKB-Massenverhältnis berechnete stark zunehmende Kornverlust der Reinigung wird mit diesen Versuchen bestätigt. Für den Gesamt-Mähdrescher nimmt der Kornverlust erwartungsgemäß progressiv zu.

Zusammenfassung

Das vorgestellte Simulationswerkzeug ist zur Berechnung des Gutflusses im Mähdrescher geeignet. Es können damit konstruktive Parameter, Einstellparameter und Stoffeigenschaften für einzelne Teilprozesse variiert und Auswirkungen auf nachfolgende Teilprozesse untersucht werden. Simulationsrechnungen sind zur Ergänzung teurer Versuche geeignet und können deshalb ein wertvolles Hilfsmittel in der Mähdrescherentwicklung darstellen.

Es können damit konstruktive Parameter, Einstellparameter und Stoffeigenschaften für einzelne Teilprozesse variiert und Auswirkungen auf nachfolgende Teilprozesse untersucht werden. Simulationsrechnungen sind zur Ergänzung teurer Versuche geeignet und können deshalb ein wertvolles Hilfsmittel in der Mähdrescherentwicklung darstellen.

Literatur

Bücher sind mit • gekennzeichnet

- [1] • Miu, P.I.: Modelarea procesului de treier la combinele de recoltat cereale (Modellierung des Dreschprozesses im Mähdrescher). Politehnica Universität Bukarest, Dissertation, 1995 (unveröffentlicht)
- [2] Miu, P.I., P. Wacker und H.D. Kutzbach: A Comprehensive Simulation Model of Threshing and Separating Process in Axial Units. Part I. Further Model Development. AgEng Oslo, 24.-27. August 1998, Paper 98A-115
- [3] Miu, P.I., P. Wacker und H.D. Kutzbach: A Comprehensive Simulation Model of Threshing and Separating Process in Axial Units. Part II. Model Validation. AgEng Oslo, 24.-27. August 1998, Paper 98A-116
- [4] Beck, F., Y. Zhao und H.D. Kutzbach: Simulation der Korn/Stroh/Spreu-Trennprozesse im Mähdrescher. VDI/MEG Kolloquium Landtechnik „Mähdrescher“, Stuttgart/Hohenheim, 17./18. März 1997, H. 28, S. 167 – 176
- [5] • Büermann, M.: Untersuchungen zum Einfluss der geometrischen Zuordnung der Förder- und Trennelemente auf das Abscheideverhalten von Tangentialdreschwerken. Fortschritt-Berichte, VDI Reihe 14, Nr. 78, Dissertation, Stuttgart, 1996
- [6] Zhao, Y., F. Beck und H.D. Kutzbach: Mähdrescherreinigung – Einfluss der Luftverteilung unter dem Obersieb. Landtechnik 53 (1998), H. 5, S. 290 – 291
- [7] Wacker, P.: Einflüsse auf die Zusammensetzung des Reinigungsgutes in Mähdreschern. VDI/MEG-Tagung Landtechnik, Hohenheim, 13.-14. Oktober 1994, S. 35.1 – 35.3

