

Grundlagen der Landtechnik

Herausgegeben mit Unterstützung durch die
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
Braunschweig-Völkeroode (FAL)

Schriftleitung: Dr. F. Schoedder, Institut
für landtechnische Grundlagenforschung

Grundl. Landtechnik Bd. 30 (1980) Nr. 4, S. 101 bis 148

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Die Bestimmung der Gutbewegung in Axialdreschwerken

Von Heinz Dieter Kutzbach und Peter Wacker,
Hohenheim*)

DK 631.361.2:531.76

Bei den Axialmähdreschern sind die Funktionen von Entkörnung und Kornabscheidung in einem Arbeitsorgan zusammengefaßt. Voraussetzung für eine funktionsgerechte Gestaltung des Axialdreschwerkes ist die Kenntnis der Gutbewegung, da zwischen der Gutbewegung, der Arbeitsgüte und dem Leistungsbedarf ein direkter Zusammenhang besteht. Es wird eine Meßeinrichtung zur Bestimmung der Gutbewegung in Axialdreschwerken beschrieben.

1. Einleitung

Bei den heutigen Großmähdreschern ist ein Steigern der Durchsatzleistung durch Vergrößern der Arbeitsorgane nur noch in geringem Umfang möglich. Aufgabe der Mähdrescherentwicklung ist deshalb eine funktionelle Verbesserung der konventionellen Trennelemente sowie die Entwicklung und Erprobung alternativer Entkörnungs- und Trennsysteme.

Ein Beispiel hierfür sind die sogenannten Axialmähdrescher für die Ernte von Mais und Getreide, die vor einigen Jahren in Nordamerika auf den Markt kamen [1]. Hierbei sind die Funktionen von Dreschwerk und Schüttler in einem Arbeitsorgan zusammengefaßt. Das Gut wird schraubenförmig zwischen feststehendem Außenmantel und Rotor in Richtung der Drehachse des Rotors geführt und durchläuft dabei einen Dreschbereich und einen Bereich zum Abtrennen des Restkorns aus dem Stroh, **Bild 1**.

Die Gutbewegung innerhalb des Dreschwerkes wird durch die konstruktive Gestaltung und Einstellung sowie durch die Guteigenschaften beeinflusst. Die Gutbewegung erfolgt im allgemeinen durch Transportleisten am Rotor, durch die Profilierung der Schlagleisten und durch Führungsleisten, die am feststehenden Mantel angeordnet sind. Die Gutbewegung läßt sich kennzeichnen durch die Anzahl der Gutumläufe, durch den Neigungswinkel der Gutbahn gegen die Axialrichtung sowie durch die Geschwindigkeit in tangentialer und axialer Richtung. Zwischen der Gutbewegung

Die Verfasser danken dem Leiter der Meßabteilung Herrn Dipl.-Ing. K. Burkhardt für das Erstellen der Meßeinrichtung.

*) Prof. Dr.-Ing. H.D. Kutzbach ist Inhaber des Lehrstuhls Grundlagen der Landtechnik des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Dipl. Landw. P. Wacker ist wiss. Mitarbeiter an diesem Lehrstuhl.

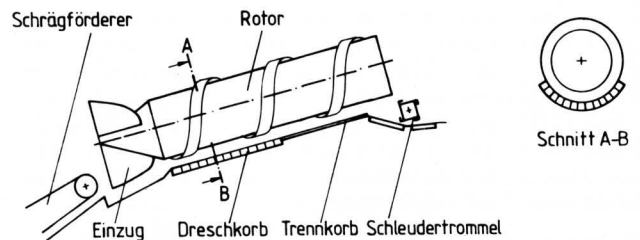


Bild 1. Aufbau eines Axialdreschwerkes.

einerseits und der Arbeitsgüte und dem Leistungsbedarf andererseits besteht ein direkter Zusammenhang. Eine wesentliche Voraussetzung für eine funktionsgerechte Gestaltung des Dresch- und Trennbereiches ist deshalb die Kenntnis der Gutbewegung in Abhängigkeit von gutbedingten und werkzeugbedingten Einflußgrößen.

2. Meßverfahren zur Bestimmung der Gutbewegung

Wird die Gutbewegung durch den Betrag und die Richtung der Gutgeschwindigkeit charakterisiert, so lassen sich hieraus auch die Gutgeschwindigkeiten in tangentialer und axialer Richtung und ebenso die Anzahl der Gutumläufe bestimmen. Die Messung der Gutgeschwindigkeit sollte einfach und betriebssicher sein. Sie muß sich ohne Rückwirkung auf die Gutbewegung und unter voller Gutbelastung des Axialdreschwerkes durchführen lassen. Vorteilhaft ist eine kontinuierliche Geschwindigkeitsmessung, um auch die Einflüsse unvermeidbarer Durchsatzschwankungen erfassen zu können. Schließlich soll der Aufwand in vernünftigen Grenzen bleiben.

Zur Bestimmung der Gutgeschwindigkeit sind grundsätzlich verschiedene Verfahren möglich, die auf eine Bewegungsmessung, eine Verweilzeitmessung oder eine Konzentrationsmessung zurückgeführt werden können. **Bild 2** gibt eine Übersicht über einige wichtige Verfahren zur Messung von Gutgeschwindigkeiten.

Bei der Bewegungsmessung wird die Bewegung mechanisch vom Gut auf Meßelemente übertragen und unmittelbar als Bewegung oder als Impuls auf Prallplattenelemente gemessen. Meßelemente zur mechanischen Bewegungsmessung können als Rollen oder Walzen mit glatter oder geriffelter Oberfläche ausgebildet sein. Sie werden durch Feder- oder Gewichtsbelastung gegen das bewegte Gut gedrückt und vom Gutstrom in Drehung versetzt.

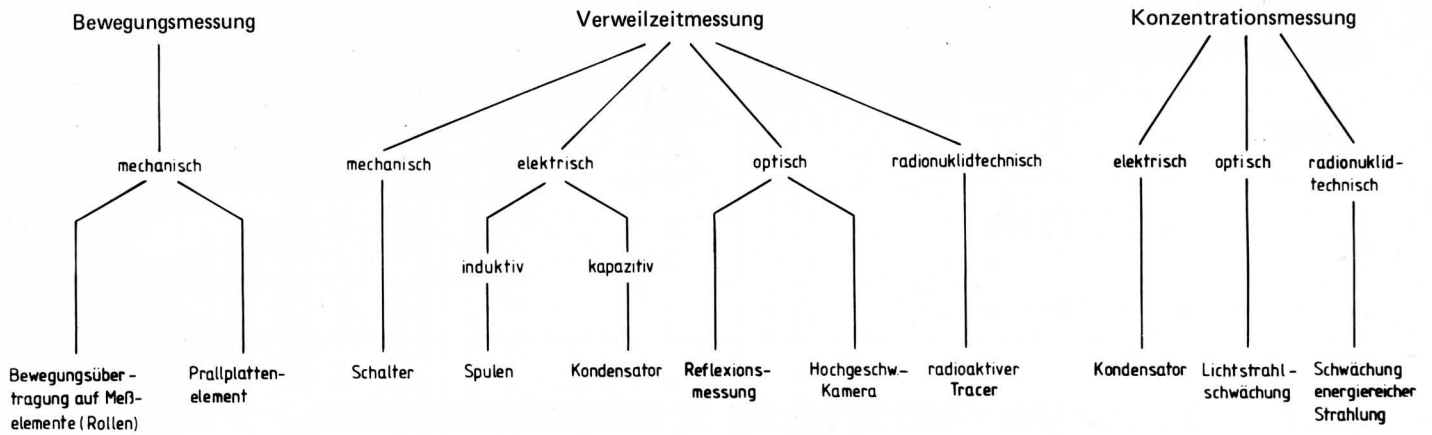


Bild 2. Verfahren zur Messung der Gutgeschwindigkeit.

Aus der Drehzahl und dem Umfang der Meßelemente folgt der Rückschluß auf die Gutgeschwindigkeit am Außenmantel des Axialdreschwerkes. Die Geschwindigkeitsmessung erfolgt kontinuierlich; je nach Anordnung der Rollen lassen sich einzelne Geschwindigkeitskomponenten, beispielsweise Axial- oder Tangentialgeschwindigkeit, getrennt messen. Bei dem vorliegenden inhomogenen Halmgut im Dresch- und Trennbereich muß jedoch mit erheblichem und vor allem ungleichmäßigem Schlupf zwischen Gut und Rolle gerechnet werden. Außerdem erfaßt die Rolle nur die Geschwindigkeit am äußeren Umfang des Gutstroms, und Rückwirkungen auf den Gutfluß durch die Rollen sind nicht auszuschließen. Deswegen sind diese Meßelemente nur mit Einschränkungen für die vorliegende Aufgabe geeignet.

Prallplattenelemente, die beispielsweise bei der pneumatischen Förderung zur Geschwindigkeitsmessung angewendet werden können, lenken den Gutstrom um einen bestimmten Winkel (90°) ab [2]. Sie sind zum Einbau in ein Axialdreschwerk wegen der Rückwirkung auf den Gutfluß nicht geeignet, könnten aber zur Messung der Gutgeschwindigkeit nach Verlassen des Dreschwerkes bei bekanntem Massendurchsatz eingesetzt werden.

Bei der Verweilzeitmessung wird die Zeitdifferenz gemessen, die das Gut für den Weg zwischen zwei in einem definierten Abstand angeordneten Meßmarken benötigt. Aus der gemessenen Verweilzeit und dem bekannten Abstand der Meßmarken wird die Geschwindigkeit berechnet. Eine kontinuierliche Messung ist nicht möglich. Die Auslösung der Zeitmessung kann mechanisch, elektrisch, optisch oder radionuklidtechnisch erfolgen.

Zur mechanischen Auslösung werden beispielsweise Schalter durch das bewegte Gut betätigt. Dem Vorteil, daß das Gut nicht präpariert werden muß, steht der Nachteil gegenüber, daß nur die Anlauf- und Auslaufphase des Versuchs, also das erste und das letzte durch das Axialdreschwerk geförderte Gut erfaßt wird, dessen Geschwindigkeit nicht mit der des Gutes bei vollständig gefülltem Axialdreschwerk übereinstimmen muß.

Zur elektrischen Auslösung der Zeitmessung müssen dem Gut Signalgeber beigegeben werden, die in ihren Eigenschaften den Guteigenschaften entsprechen. Bei induktiven Systemen läßt sich das Gut durch Ankleben von Eisenpulver an einzelne Gutteilchen präparieren, die beim Passieren von Meßspulen deren Induktivität verändern. Die Empfindlichkeit der Anordnung reicht jedoch im allgemeinen nicht aus, wenn sich im Einflußbereich der Spulen größere bewegte Eisenmassen wie beispielsweise der Rotor des Axialdreschwerkes befinden. Weiterhin können als Signalgeber Magnete eingesetzt werden, die beim Passieren in den Meßspulen eine Spannung induzieren, die zu einer Verweilzeitmessung herangezogen wird.

Bei kapazitiven Systemen bildet der Rotor eine Seite des Kondensators, während am Mantel des Dreschwerkes Gegenplatten in axialer Richtung angebracht sind. Präpariertes Gut führt zur Änderung der Dielektrizitätskonstanten, was ähnlich wie bei den induk-

tiven Systemen zur Auslösung der Zeitmessung genutzt wird. Kapazitive Systeme sind induktiven Systemen wegen des zusätzlichen Einflusses des Feuchtegehaltes auf die Dielektrizitätskonstante unterlegen.

In ähnlicher Weise arbeiten radionuklidtechnische Verfahren, bei denen vom Signalgeber eine energiereiche Strahlung ausgeht. Die zu beachtenden Strahlenschutzbestimmungen erfordern jedoch erheblichen Aufwand.

Die optischen Verfahren eignen sich wegen der Verschmutzungsempfindlichkeit weniger für den Einsatz in der stark staubhaltigen Luft beim Dreschen. Grundsätzlich kann das Gut, ähnlich wie beim elektrischen Verfahren, mit Signalgebern, in diesem Fall mit stark reflektierenden Farben, auf einzelnen Halmen präpariert werden. Weiterhin kann das unterschiedliche natürliche Reflektionsvermögen des Halmgutes an zwei hintereinander liegenden Punkten zur Erzeugung optischer Signale ausgenutzt werden, aus denen nach Wandlung in Gleichspannungssignale in einem Korrelationsrechner die Kreuzkorrelationsfunktion berechnet werden kann [3]. Dieser Funktion kann die Zeit entnommen werden, die der Gutstrom zum Durchlaufen der Meßstrecke benötigt hat.

Bei der Hochgeschwindigkeitskinematographie wird versucht, von Bild zu Bild markante Halmgutteile zu verfolgen und aus dem zurückgelegten Weg und der zeitlichen Differenz der Bilder die Geschwindigkeit zu berechnen. Die Auswertung ist sehr zeitaufwendig, das Filmmaterial teuer, die Auswertung der Filme kann erst nach der Entwicklung erfolgen. Die kurzen Belichtungszeiten bei hohen Bildfrequenzen erfordern eine intensive Ausleuchtung. Aufgrund der Staubentwicklung ist eine Auswertung größtenteils erschwert oder unmöglich.

Bei der Konzentrationsmessung, die elektrisch, optisch oder radionuklidtechnisch erfolgen kann, werden aus der örtlichen Dichte des Gutstroms Rückschlüsse auf die Gutgeschwindigkeit gezogen. Da innerhalb des Dreschwerkes mit örtlichen und zeitlichen Konzentrationsschwankungen gerechnet werden muß, lassen sich diese Verfahren für die Messung der Gutgeschwindigkeit in Axialdreschwerken nicht anwenden.

Für die vorliegende Aufgabe der Messung der Gutgeschwindigkeit in Axialdreschwerken wurde die induktive Verweilzeitmessung ausgewählt, weil sie funktions sicher, meßtechnisch einfach und unabhängig von unterschiedlichen Guteigenschaften ist und der Gutfluß von den Sensoren nicht behindert wird. Die Nachteile wie der nicht genau meßbare Schlupf zwischen Gut und Signalgeber müssen dabei in Kauf genommen werden.

3. Beschreibung der Meßeinrichtung

Bei den hier verwendeten induktiven Meßverfahren wurden als Signalgeber Stabmagnete mit einem Durchmesser von 5 mm und einer Länge von 10 mm verwendet. Um sie in ihrem Verhalten während der Gutbewegung an das des Halmgutes anzupassen, sind die Magnete in einem Schrumpfschlauch mit einer Länge von 30 cm eingeschlossen, Bild 3.

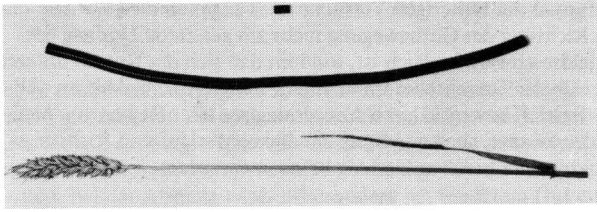


Bild 3. Signalgeber, Magnet $l = 10 \text{ mm}$, $\phi 5 \text{ mm}$ (oben), mit Schrumpfschlauch (mitte), zum Vergleich Getreidehalm (unten).

Die Sensorkanäle bestehen aus Meßspulen und einem elektronischen Verstärker- und Impulsformerteil. Die Meßspulen sind mit kleinen Abständen am feststehenden Mantel angeordnet, **Bild 4**. Sie schließen bündig mit der Innenfläche ab, so daß die Gutbewegung nicht behindert wird.

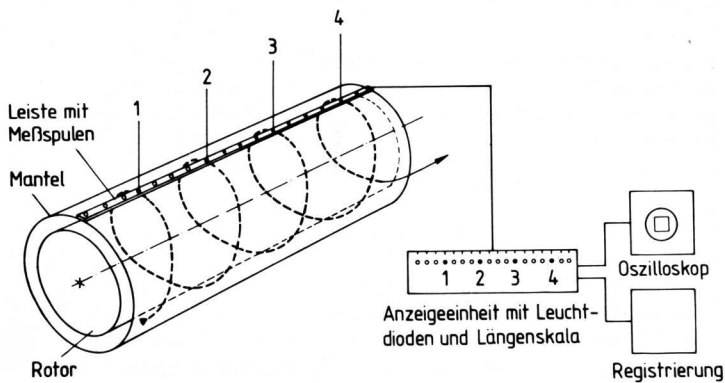


Bild 4. Anordnung der Meßspulen am Außenmantel des Axialdreschwerkes und Schema der Anzeige.

Jeder Meßspule ist in der Anzeigeeinheit eine Leuchtdiode zugeordnet, die durch Aufleuchten diejenige Meßspule markiert, die der Magnet passiert hat. Aus dem bekannten Abstand der Meßspulen und der gemessenen Verweilzeit für das Durchlaufen dieses Abstandes lassen sich Betrag und Richtung der Geschwindigkeit ermitteln.

Das Blockschaltbild eines Sensorkanals zeigt der obere Teil von **Bild 5**. Die in der Spule (einseitig offener Schalenkern, Außendurchmesser 26 mm) induzierte Spannung wird verstärkt und einem Schmitt-Trigger zugeführt. Über Potentiometer läßt sich die Ansprechempfindlichkeit des Verstärkers einstellen. Der vom Schmitt-Trigger erzeugte Rechteck-Impuls wird zum einen zur Zeitmessung benutzt, zum anderen setzt er ein Flip-Flop, dessen Ausgang die Leuchtdiode ansteuert. Nach Durchlauf eines Magneten können über die Löschtaste die Flip-Flops aller Sensorkanäle wieder zurückgesetzt werden.

Zur Zeitmessung werden im einfachsten Fall die Impulse der Schmitt-Trigger über ein Gatter auf ein Registriergerät gegeben. Aus dem Abstand der Impulse auf dem Meßschrieb und der gewählten Papiervorschubgeschwindigkeit wird die Zeit zwischen zwei Impulsen bestimmt. Dieses Verfahren ist in der manuellen Auswertung sehr zeitaufwendig. Auch kann dem Gut während eines Versuches nur ein Magnet zur Geschwindigkeitsmessung beigegeben werden, da die Adressen der impulsgebenden Meßspulen notiert werden müssen.

Ein etwas einfacheres, aber dennoch zeitaufwendiges Verfahren ist das Filmen der Anzeigeeinheit während des Versuches mit einer Videokamera. Da das Notieren der Adressen der Meßspulen entfällt, können dem Gut nacheinander mehrere Magnete beigegeben werden. Die Zeitbestimmung erfolgt über Zählen der Einzelbilder (jeweils 20 Millisekunden) bis zum Aufleuchten der nächsten Leuchtdiode.

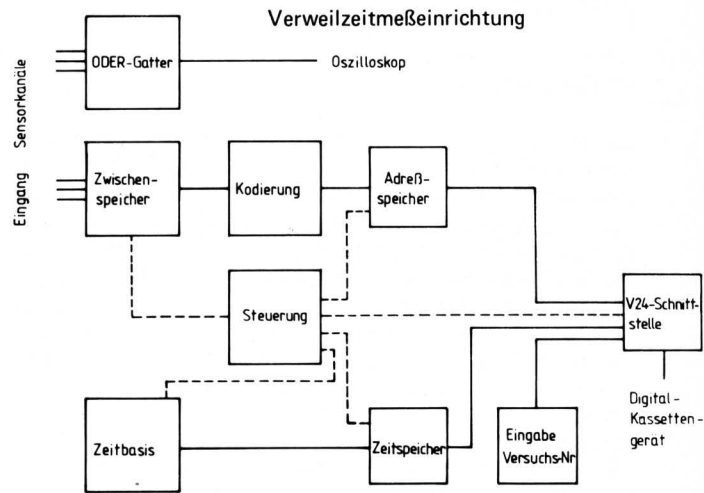
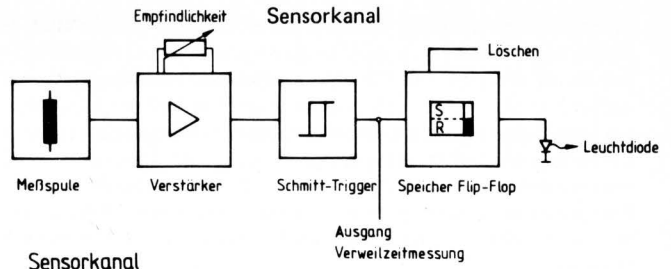


Bild 5. Blockschaltbilder eines Sensorkanals (oben) und der Verweilzeitmeßeinrichtung (unten).

Wesentlich vorteilhafter ist die Speicherung der Daten (Spulendresse, Zeit) mit einem Digital-Kassettengerät. Ein Blockschaltbild dieser Verweilzeitmeßeinrichtung zeigt der untere Teil von **Bild 5**.

Die von den Schmitt-Trigger der Sensorkanäle ausgehenden Impulse werden in einem Zwischenspeicher gespeichert. Von dem Zwischenspeicher wird über die Steuerung die Übernahme der momentanen Zeit von der Zeitbasis in den Zeitspeicher und die Übernahme der Adresse des Sensorkanals in den Adreßspeicher ausgelöst. Durch sequentielle Abfrage des Zwischenspeichers wird sichergestellt, daß auch bei gleichzeitigem Ansprechen mehrerer Sensorkanäle die zugehörigen Adressen in den Adreßspeicher übernommen werden können.

Nach Beendigung der Messung werden die Zeit- und Adreßdaten über eine V24-Schnittstelle auf ein Digital-Kassettengerät ausgegeben, von dem sie in einen Rechner eingelesen werden können.

Zur Identifizierung der Datenblöcke auf der Kassette kann über Zifferschalter die jeweilige Versuchsnummer eingegeben werden.

Bei der Versuchsdurchführung werden dem Gut einzelne Magnete in einem zeitlichen Abstand von 4 Sekunden beigegeben. Nach dem Durchlaufen eines Magneten durch das Dreschwerk werden die Speicher der Sensorkanäle gelöscht, bevor der nächste Magnet in das Dreschwerk gelangt. Je nach Gut und Einstellung des Dreschwerkes benötigt der Magnet für den Durchlauf 1–3 s.

Zur Klärung der Frage, ob im Dreschwerk Schlupf zwischen Magnet und Gut auftritt, d.h. ob die gemessene Geschwindigkeit des Magneten der tatsächlichen Gutgeschwindigkeit entspricht, wurden mehrere Versuchsreihen durchgeführt. Ein Einfluß der Länge und des Durchmessers des Schrumpfschlauches auf die mittlere Gutgeschwindigkeit konnte nicht festgestellt werden. Auch kürzere bzw. dünnere Signalgeber ergeben innerhalb der Meßwertstreuung gleiche Werte für die Gutgeschwindigkeit wie die verwendeten längeren. Die kürzeren Signalgeber werden allerdings häufiger abgeschieden. In weiteren Versuchen wurden die Signalgeber mit Strohhalm umwickelt. Auch mit diesen umwickelten Signalge-

bern wurden im üblichen Durchsatzbereich gleiche Geschwindigkeiten wie mit nicht umwickelten Signalgebern gemessen. Schließlich wurde versucht, den Schlupf zwischen Gut und Signalgeber dadurch zu bestimmen, daß das Gut eingefärbt und der Signalgeber innerhalb eines eingefärbten Gutabschnittes angeordnet wurde. Nach Verlassen des Axialdreschwerkes wurde das Gut vor einer senkrechten Prallwand gesammelt. Bei der Untersuchung des Haufwerks war der Signalgeber innerhalb des eingefärbten Gutes zu finden. Diese Versuche lassen darauf schließen, daß zwischen Signalgeber und Gut kein oder nur vernachlässigbar geringer Schlupf auftritt und der im Schrumpfschlauch eingebettete Magnet als Signalgeber zur Bestimmung der Geschwindigkeit eingesetzt werden kann.

4. Meßergebnisse

Als Beispiel für einige bisher vorliegende Ergebnisse ist in **Bild 6** die Axialgeschwindigkeit über der Abscheidelänge für ein Versuchs-Axialdreschwerkzeug für trockenes Versuchsgut (Weizen, $U_{\text{Stroh}} = 11\%$, $U_{\text{Korn}} = 12\%$) dargestellt. Die Gutgeschwindigkeit in axialer Richtung ist nach dem Einzugsbereich zunächst gering, sie nimmt über der Abscheidelänge aufgrund der Gestaltung der Förder- und Führungsleisten progressiv zu.

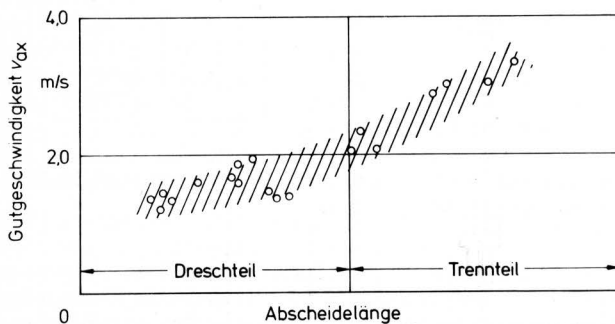


Bild 6. Axiale Geschwindigkeit des Gutes in Abhängigkeit von der Abscheidelänge.

Aufgrund der bisherigen Versuche muß angenommen werden, daß die Richtung der Gutbewegung nicht am gesamten Umfang des Axialdreschwerkes gleich ist, sondern daß sich das Gut im unteren Bereich des Dreschteiles unter einem steileren Winkel als im oberen Bereich bewegt. Durch Anordnung weiterer Reihen von Meßspulen können auch der Geschwindigkeitsverlauf und Richtungsänderungen über dem Umfang bestimmt werden.

5. Zusammenfassung

Eine wesentliche Voraussetzung für eine funktionsgerechte Gestaltung des Dresch- und Trennbereichs von Axialdreschwerken ist die Kenntnis der Gutbewegung in Abhängigkeit von gutbedingten und werkzeugbedingten Einflußgrößen. Es wird eine Meßeinrichtung beschrieben, mit der Betrag und Richtung der Gutgeschwindigkeit im Bereich zwischen Rotor und Mantel eines Axialdreschwerkes bestimmt werden können. Die Meßeinrichtung arbeitet auf induktiver Basis nach dem Verfahren der Verweilzeitmessung. Als Signalgeber wird ein Magnet verwendet, der in einem Schrumpfschlauch eingebettet ist. Als Sensoren sind mehrere Meßspulen am Mantel des Axialdreschwerkes angeordnet. Beim Passieren löst der Signalgeber am entsprechenden Sensor einen Impuls zur Zeitmessung aus, gleichzeitig wird durch eine Leuchtdiode der impulsgebende Sensor markiert, so daß Größe und Richtung der Gutgeschwindigkeit berechnet werden können. Die bisherigen Versuche haben die Zuverlässigkeit dieser Geschwindigkeitsmeßeinrichtung bestätigt.

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] Wacker, P. u. Th. Freye: Alternative Druschsysteme in amerikanischen Großmähdreschern. Landtechnik Bd. 34 (1979) Nr. 6, S. 287/89.
- [2] Barth, W.: Strömungsvorgänge beim Transport von Festteilchen und Flüssigkeitsteilchen in Gasen. Chem.-Ing.-Technik Bd. 30 (1958) Nr. 3, S. 171/80.
- [3] Schulz-Walz, A.: Messung von Schüttgutgeschwindigkeiten am Beispiel der Schwingsiebzentrifuge. Chem.-Ing.-Technik Bd. 46 (1974) Nr. 6, S. 259.
- [4] ● Profos, P.: Handbuch der industriellen Meßtechnik. Essen: Vulkan 1974.

Atmungswärme und Atmungsverluste von Körnermais

Von Reinhold Scherer, Heinz Dieter Kutzbach, Martin Thaler und Hans-Martin Müller, Stuttgart-Hohenheim*)

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

DK 633.15:633.004.12:581.12

Im Hinblick auf eine Reduzierung des Energiebedarfes bei der Konservierung von Körnerfrüchten kommt zukünftig Trocknungsverfahren, die mit nicht oder nur geringfügig vorgewärmter Außenluft arbeiten, erhebliche

Bedeutung zu. Da das Gut bei der Trocknung in diesem Temperaturbereich länger höhere Feuchtegehalte aufweist, besteht die Gefahr, daß durch enzymatische oder mikrobielle Veränderungen Qualitätsverluste auftreten.

Im folgenden wird über die Untersuchung der Atmungsintensität und der Keimzahl von Mikroorganismen bei Körnermais im Temperaturbereich zwischen 5 und 50 °C berichtet. Dabei wurden Feuchtegehalte zwischen 14 und 45 % berücksichtigt. Aus der Atmungsintensität wird über den zulässigen Trockensubstanzverlust eine aus ökonomischer Sicht maximale Lagerdauer ermittelt.

Auszug aus einer vom Fachbereich Energietechnik der Universität Stuttgart genehmigten Dissertation [1], ergänzt durch weitere Ergebnisse.

Die Verfasser danken der LTA Frau D. Dörner-Ibrahim für die sorgfältige Durchführung der Messungen und Dokumentation der Ergebnisse.

*) Prof. Dr.-Ing. H.D. Kutzbach ist Inhaber des Lehrstuhls Grundlagen der Landtechnik des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim. Dr.-Ing. R. Scherer war wissenschaftlicher Mitarbeiter im Sonderforschungsbereich 140 (Fachgebiet Grundlagen der Landtechnik) und ist nun Mitarbeiter der Fa. Mars GmbH, Viersen. Dr. M. Thaler ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Sonderforschungsbereich 140 (Fachgebiet Mikrobiologie). Prof. Dr. H.-M. Müller vertritt das Fachgebiet Futtermittelkunde und Futtermittelmikrobiologie am Institut für Tierernährung der Universität Hohenheim.