

Korblänge weniger intensiv bei Dreschwerken mit großen Trommeldurchmessern. Die Angaben aus Bild 3 zeigen jedoch, daß eine intensive Erhöhung des Trommeldurchmessers (fast um das 5fache) nur unwesentlich (um 5 Prozent) die Kornabscheidung verändert, wenn die Korblänge konstant bleibt. Davon ausgehend ist es nur zweckmäßig, den Trommeldurchmesser zu erhöhen, wenn man den Korb verlängern will.

Die Ergebnisse experimenteller Untersuchungen zur Abscheideleistung von Dreschwerken mit Trommeldurchmessern von 275, 550, 830 und 1265 mm und Dreschkörben, bei denen die Länge 270, 526, 780 und 1160 mm (Umschlingungswinkel $\alpha = 105^\circ$) beträgt, sind im Bild 4 dargestellt. Aus dem Bild geht hervor, daß die Vollständigkeit der Kornabscheidung durch den Korb bei Zunahme der Beschickung mit Getreidemasse abnimmt. Bei langen Körben (und Trommeln mit großen Durchmessern) ist die Vollständigkeit der Kornabscheidung bedeutend höher als bei kurzen. Die Verlängerung des Korbs senkt beträchtlich den Kornabgang auf die Strohschüttler ($1 - \eta$). Bei Zunahme des Trommeldurchmessers um 10 mm ($q = 3 + 5,5 \text{ kg/s}$) verringert sich der Kornabgang um 7 bis 12 Prozent. So ist bei einer Trommel mit einem Durchmesser von 830 mm die Belastung der Strohschüttler mit Körnern um das 2- bis 3fache geringer als bei Dreschwerken mit $D = 550 \text{ mm}$. Bei erhöhter Zufuhr von Getreidemasse in den Dreschraum ($\alpha = \text{const.} = 105^\circ$) verringert sich die Abscheideleistung bei kleinen Dreschtrommeln stärker als bei Trommeln mit großem Durchmesser. Die Vollständigkeit der Kornabscheidung durch den Korb bei Dreschwerken mit $D = 550 \text{ mm}$ verschlechtert sich um 5,3 bis 6,5 Prozent bei Zunahme der Beschickung um 1 kg/s . Bei $D = 830 \text{ mm}$ beträgt die Verschlechterung der Kornabscheidung 1,4 bis 2,2 Prozent.

In Dreschwerken mit großen Dreschtrommeln ist die Kornabscheidung durch den Korb weniger veränderlich in Abhängigkeit von den Einstellparametern (Tafel 1).

Die Veränderung der Kornabscheidung durch den Dreschkorb in Abhängigkeit vom Dreschspalt (Abstand zwischen

Tafel 1. Kornabscheidung beim Dreschkorb in Prozent

Dreschtrommel- durchmesser mm	Korb- länge mm	Durch- satz q kg/s	Dreschkorbabstand Δ_1/Δ_2 in mm				
			14/3	16/4	18/6	14/8	16/10
275	270	4,5	76	73,1	66,2	57,1	—
550	526	4,5	—	86,9	83,0	78,5	74,8
830	780	7,5	—	90,4	88,8	87,0	85,4
1265	1160	7,5	—	95,1	93,8	92,7	91,0

Korb- und Schlagleiste) am Eingang (Δ_1) und am Ausgang (Δ_2) wird in Tafel 1 am Beispiel der Weizensorte „Mironovskaja 808“ dargestellt.

Bei Zunahme der Winkelgeschwindigkeit der Schlagleisten nimmt die Vollständigkeit der Kornabscheidung durch den Korb ab. Bei Veränderung der Geschwindigkeit der Schlagleisten um 3 m/s verändert sich η (U) um folgende Werte:

Trommeldurchmesser:	275	550	830	1265 mm
$\Delta\eta$ in %:	9	7	4	3

Ein geringer Einfluß der Beschickung mit Getreidemasse und der Einstellparameter des Dreschwerks auf die Körnerabscheidung sichert eine positive Auswirkung auf die Arbeit der Maschine unter Einsatzbedingungen, bei denen die Getreidemasse nicht gleichmäßig zugeführt wird. Die Abstände zwischen Korb- und Schlagleisten in Dreschwerken und die Drehfrequenz der Trommelwelle können von den optimalen Werten abweichen.

Schlußfolgerung

Die Verwendung von Dreschtrommeln mit großen Durchmessern (bis 850...900 mm) in Mähdreschern können beträchtlich den Kornabgang auf die Strohschüttler, der die Durchsatzleistung des Dreschwerks begrenzt, verringern und die Leistungsfähigkeit der Maschine um das 1,3- bis 1,5fache bei unbedeutender Erhöhung der Abmessungen und der Masse des Mähdreschers erhöhen.

AU 8677

Dipl.-Phys. H. Rettig*
Ing. Edeltraud Kuhn*
Dipl.-Ing. H.-G. Kirschbaum, KDT**

Bestimmung von Luftwechselzahlen in Boxpaletten

1. Aufgabe

Für die Lagerung von Kartoffeln in geschlossenen Lagerhäusern sind leistungsfähige Belüftungssysteme erforderlich. Durch sie müssen die optimalen Lagerbedingungen geschaffen und aufrechterhalten werden. Das beinhaltet die Abkühlung der Kartoffeln und die Einhaltung gegebener Grenzwerte der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und der CO_2 -Konzentration während der Lagerung. Um zu Aussagen über die Zweckmäßigkeit der technischen Auslegung von Belüftungssystemen zu kommen, sind neben Qualitätsuntersuchungen von Kartoffeln und Temperatur-, Luftfeuchtigkeits- und CO_2 -Konzentrationsmessungen auch Messungen des Luftwechsels erforderlich.

In Boxpaletten eingelagerte Kartoffeln werden im allgemeinen nicht zwangsbelüftet. Die zugeführte Frischluft um-

strömt die in Stapeln aufgestellten Paletten, strömt jedoch nicht direkt durch die Kartoffelschüttung, wie das bei zwangsbelüfteten Schüttlagern der Fall ist. In Boxpaletten erfolgt die Belüftung nur indirekt durch Austausch über die Oberfläche der Kartoffelschüttung. Die Intensität des Austauschs hängt von der herrschenden horizontalen Luftgeschwindigkeit in den Zwischenräumen des Palettenstapels ab. Das Belüftungssystem muß lediglich gewährleisten, daß die zugeführte Frischluft den Palettenstapel gleichmäßig verteilt durchströmt. Diese Voraussetzung ist notwendig für gleichen Luftwechsel in allen Boxpaletten innerhalb des Stapels. Triebkraft des Austauschs können auch Partialdruckunterschiede an CO_2 und H_2O zwischen der Luft in den Paletten und Zwischenräumen sein. Temperaturunterschieden zwischen Kartoffeln und umgebender Luft wird ebenfalls eine Wirkung auf den stattfindenden Luftwechsel im Stapel zugeschrieben /1/.

Um Untersuchungen zum Luftwechsel an Boxpaletten führen zu können, wurde die Aufgabe gestellt, von Modellvorstellungen ausgehend, ein Meßverfahren zu dessen Bestimmung zu entwickeln und an Einzelpaletten zu erproben.

* Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim der DAL zu Berlin

Direktor: Oberger. O. Bostelmann

** Institut für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz der DAL zu Berlin

Direktor: Prof. Dr. Ullrich

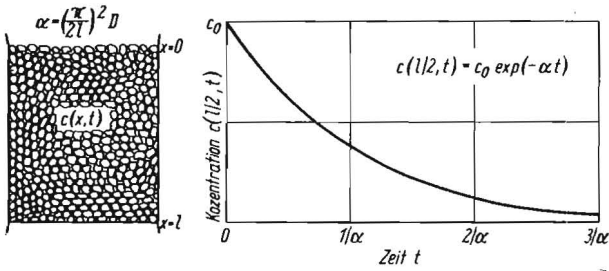


Bild 1. Konzentrationsabnahme eines inerten Indikators in einem Schüttgutbehälter; nach stoßförmiger Zugabe des Indikator-gases in Form einer δ -Funktion läuft zunächst ein innerer Ausgleichsvorgang ab, in dessen Ergebnis sich eine konstante Indikator-konzentration $c(x, t) = c_0$ in den Zwischenräumen einstellen würde, wenn die Grenzflächen gasdicht wären. Bei freier Oberfläche erfolgt ein weiterer Konzentrationsausgleich bis $c(x, t) = 0$ erreicht ist. In erster Näherung ändert sich die Indikator-konzentration dann exponentiell und verläuft z. B. an der Stelle $x = l/2$ nach

$$c(l/2, t) = c_0 \exp\left(-\frac{\pi^2}{2l^2} D t\right)$$

Der Exponent $\alpha = \left(\frac{\pi}{2l}\right)^2 D$ — die Geschwindigkeit des Konzentrationausgleichs — hängt von Eigenschaften des Behälters (Höhe l) und des eingelagerten Guts (Diffusionskoeffizient D , Maß für den Porenanteil) ab

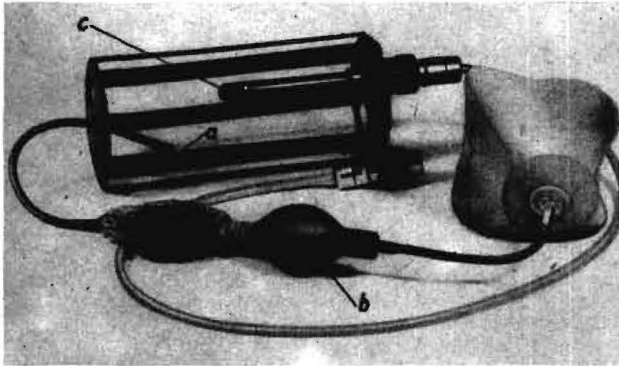
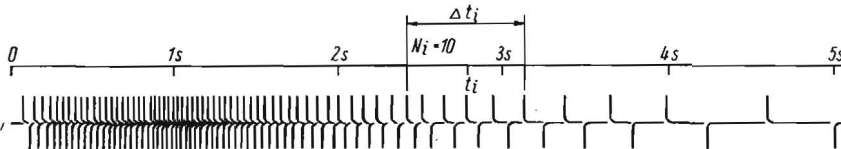


Bild 2. Schutzkorb für den Detektor bei der Messung von Luftwechselzahlen in mit Kartoffeln erfüllten Boxpaletten; der Indikator wird über das Ventil a stoßförmig aus der Vorratsblase b in die Nähe des Detektors c eingeführt.

2. Modellvorstellungen

Eine Kartoffelschüttung ist als poröses Medium anzusehen; Poren sind die luftgefüllten Zwischenräume. Über sie erfolgt die Belüftung. Bei in Boxpaletten eingelagerten Kartoffeln kann im Gegensatz zu zwangsbelüfteten Schüttlagern der Luftwechsel nicht einfach durch die Angabe einer Luftgeschwindigkeit charakterisiert werden. Das Prinzip der Belüftung von Boxpaletten schließt diese Möglichkeit aus. Zur Bestimmung des sich vollziehenden Luftwechsels ist ein Diffusionsmodell zugrunde zu legen.

Bei diesem Modell wird der irreversible Konzentrationsausgleich eines inerten Indikator-gases in einem isotropen Medium betrachtet und durch Lösung der Diffusionsgleichung mathematisch beschrieben (Bild 1).



Die Gültigkeit des Modells konnte für Untersuchungen zum Gasaustausch an landwirtschaftlichen Schüttgütern in zylindrischen Behältern nachgewiesen werden [2]. Bei Boxpaletten ist eine analoge Beziehung für die Geschwindigkeit des Konzentrationsausgleichs α ableitbar. Diese Größe wird als Maß für den Luftwechsel angesehen und deshalb auch als Luftwechselzahl bezeichnet.

Die Modellvorstellungen können somit auf die Annahmen reduziert werden, daß nach Zugabe eines inerten Indikator-gases dessen Konzentration in den luftgefüllten Zwischenräumen einer Boxpalette exponentiell abnimmt und der Exponent sowohl von Eigenschaften der Palette als auch der eingelagerten Kartoffelschüttung sowie von äußeren Bedingungen abhängt. Die Gültigkeit der ersten Annahme ist Voraussetzung für die Verwendbarkeit des zu entwickelnden Meßverfahrens und muß experimentell überprüft werden.

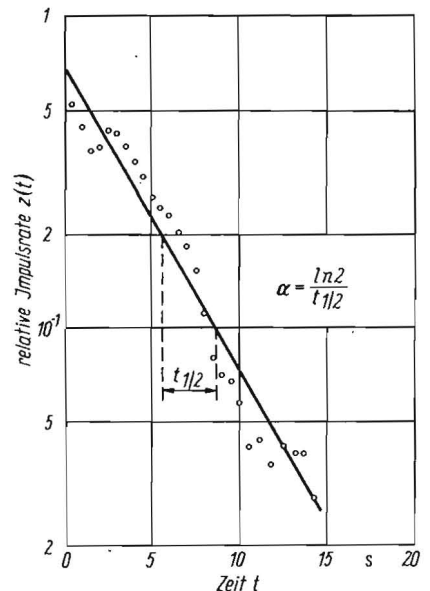
3. Meßverfahren

Als Indikatorgas wird das radioaktive Edelgasisotop Kr-85 verwendet (Halbwertzeit $t_{1/2} = 10,5$ a; Preis 550,— M/2,5 Ci). Seine hohe Nachweisempfindlichkeit erlaubt kontinuierliche Messungen direkt in der Kartoffelschüttung bei Konzentrationen $< 10^{-3}$ Ci/m³. Die Detektoren (VA-Z-113) wurden dazu mit einem Schutzkorb versehen (Bild 2) und im geometrischen Mittelpunkt der Boxpaletten angeordnet. Das stoßförmige Einblasen des Indikators Kr-85 erfolgt über durch Fahrradventile abgedichtete Gummischläuche. Zur Konzentrationsmessung können die von den Detektoren abgegebenen Impulse nach Untersetzung auf einem Strahlungsmeßplatz (VA-M-16 D) oder einem batteriegetriebenen Zählgerät (Eigenbau) im Zeitablauf analog mit einem Oszilloscript (TSS-101) bzw. digital mit einem Ergebnisdrucker (VA-G-24) registriert werden. Die Art der Registrierung hängt ab von der Zeitdauer des Konzentrationsausgleichs und wird festgelegt durch den maximal möglichen Papiervorschub (5 cm/s) des Oszilloscripts bzw. durch die Zeitdauer des Druckvorgangs (≈ 2 s). Für eine Zeitdauer Δt des Konzentrationsausgleichs $\Delta t > 30$ s ist immer eine digitale Registrierung zweckmäßig. Die untere Grenze für die analoge Registrierung liegt bei $\Delta t = 0,5$ s.

Die Auswertung der Schriebe des Oszilloscripts muß über den Zwischenschritt der Berechnung der Impulsraten als direktem Maß der Indikator-konzentration geführt werden (Bild 3). Bei Verwendung des Druckers erübrigt sich eine Umrechnung.

Bild 4. Ermittlung der Luftwechselzahl α aus der halb-logarithmischen Darstellung der Impulsrate $z(t)$

Bild 3. Ermittlung der Impulsrate $z(t) = \frac{N_i}{\Delta t_i}$ aus Schrieben des Oszilloscripts



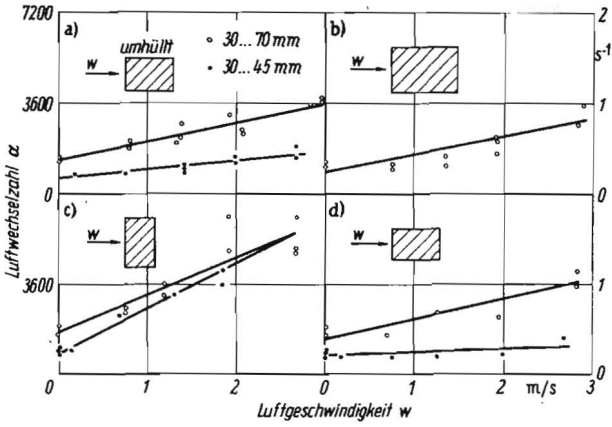


Bild 5. Luftwechselzahl in belüfteten Boxpaletten;

Die Luftgeschwindigkeit wurde in Stufen verändert, und ihre Messung erfolgte mit einem Flügelradanemometer rd. 40 cm über der Oberfläche der Kartoffelschüttungen. Um an den Unterseiten der Paletten die Strömung der Luft zu gewährleisten, wurden die Paletten mit rd. 20 cm Bodenfreiheit aufgestellt.

Zwischen der Luftwechselzahl und der Windgeschwindigkeit wurde ein linearer Zusammenhang $\alpha \sim b \cdot w$ vorausgesetzt.

a) Boxpalette „Cobbelsdorf“ (mit Folie umhüllt)	
Fraktion 30...45 mm	$b = 400 \frac{h^{-1}}{m/s}; B = 0,777$
Fraktion 30...70 mm	$b = 720 \frac{h^{-1}}{m/s}; B = 0,895$
b) Boxpalette „Groß-Lüsewitz“	
Fraktion 30...70 mm	$b = 700 \frac{h^{-1}}{m/s}; B = 0,768$
c) Boxpalette „Cobbelsdorf“	
Fraktion 30...45 mm	$b = 1850 \frac{h^{-1}}{m/s}; B = 0,970$
Fraktion 30...70 mm	$b = 1450 \frac{h^{-1}}{m/s}; B = 0,801$
d) Boxpalette „Cobbelsdorf“	
Fraktion 30...45 mm	$b = 14 \frac{h^{-1}}{m/s}; B = 0,272$
Fraktion 30...70 mm	$b = 750 \frac{h^{-1}}{m/s}; B = 0,806$

Aus der graphischen Darstellung der Impulsrate im halb-logarithmischen Maßstab (Bild 4) bzw. durch eine Regressionsrechnung wird der Exponent, die Luftwechselzahl α , ermittelt.

4. Ergebnisse

Die graphische Bestimmung der Luftwechselzahl α stellt lediglich eine qualitative Prüfung des zugrunde gelegten Modells dar. Angaben zum Fehler, der durch die Streuung der Meßwerte um die Ausgleichskurve bedingt ist, werden erst möglich durch die Berechnung des Bestimmtheitsmaßes B und die Anwendung statistischer Testverfahren.

Diese quantitative Prüfung durch logarithmische Regressionsrechnung auf dem elektronischen Kleinrechner SER 2 d des IML Potsdam-Bornim ergab im allgemeinen Bestimmtheitsmaße $B > 0,9$ für die exponentielle Abhängigkeit der Indikatorkonzentration von der Zeit. Der relative Fehler $\Delta \alpha / \alpha$ einer Einzelmessung der Luftwechselzahl ist für den Bereich $10 h^{-1} < \alpha \leq 10^4 h^{-1}$ im Mittel zu $\Delta \alpha / \alpha = 0,07$ abzuschätzen.

Das Meßverfahren diente zur Ermittlung des Einflusses der Geschwindigkeit äußerer Luftströmungen auf die Luftwechselzahlen in mit Kartoffeln befüllten Boxpaletten. Dazu wurden im Windkanal bei Luftgeschwindigkeiten $v = 0$ bis 3 m/s an zwei Boxpaletten Messungen durchgeführt (Bild 5).

Die Abhängigkeit der gemessenen Luftwechselzahl von der Luftgeschwindigkeit ist am stärksten ausgeprägt an der Palette mit durchbrochenen Seitenwänden, wenn sie quer an-

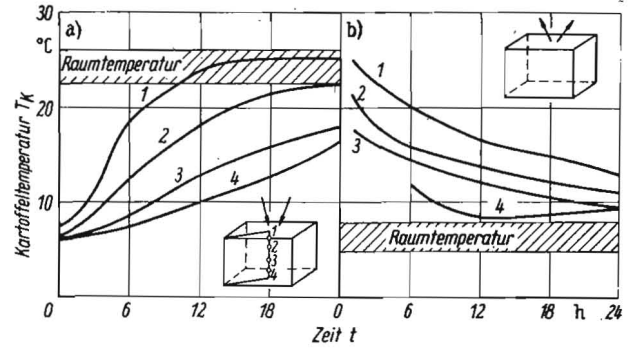


Bild 6. Temperaturausgleich von Kartoffeln in einer Boxpalette „Groß-Lüsewitz“ bei Temperaturdifferenzen zur Umgebung;

- Temperaturverlauf der Kartoffeln bei Erwärmung
Es bildet sich eine Luftströmung aus, durch die die Erwärmung der Schüttung von der Oberfläche der Schüttung her erfolgt.
- Temperaturverlauf der Kartoffeln bei Abkühlung
Infolge Erwärmung der Luft in den Zwischenräumen der Kartoffelschüttung entsteht eine Aufwärtsströmung. Die unteren Schichten kühlen dadurch schneller ab als die oberen.

geströmt wird. Bei Anströmung in Längsrichtung ist die Abhängigkeit geringer.

Nach Umhüllung mit Folie (Verhalten im Stapel) ist die Abhängigkeit genauso groß wie bei der Palette mit geschlossenen Seitenwänden. Ein Einfluß der Fraktionszusammensetzung kann nachgewiesen werden.

Zur Abschätzung des Einflusses von Temperaturdifferenzen zur Umgebung wurden an Boxpaletten in einem klimatisierten Raum parallel zum Temperaturverlauf (Bild 6) Luftwechselzahlen gemessen. Um Beeinflussungen durch Feuchtigkeitsunterschiede weitgehend auszuschließen, erfolgten die Untersuchungen mit bereits abgetrockneten Kartoffeln.

Bei maximalen anfänglichen Temperaturdifferenzen $\Delta T = 20$ Grad und innerhalb von 8 h während des jeweils über 24 h beobachteten Temperaturausgleichs wurden an den Boxpalettentypen mit geschlossenen bzw. durchbrochenen Seitenwänden für die Kartoffelfraktion 30 bis 70 mm im Mittel eine Luftwechselzahl $\bar{\alpha} = 1650 h^{-1}$ gemessen ($s\bar{\alpha}/\bar{\alpha} = 0,05$). Nach Temperaturausgleich liegen die Werte bei $\bar{\alpha} = 120$ bis $800 h^{-1}$. Die Schwankungsbreite erklärt sich aus den Versuchsbedingungen. Weder in der Kartoffelschüttung innerhalb der Paletten noch im Raum bestand während der Untersuchungen vollständiger Temperaturausgleich. Daraus resultierende Luftströmungen im Raum beeinflussen die Luftwechselzahlen.

5. Zusammenfassung

Ausgehend von Modellvorstellungen wird unter Verwendung des radioaktiven Edelgasisotops Kr-85 ein Meßverfahren zur Bestimmung des Luftwechsels in Boxpaletten entwickelt.

Es erlaubt an mit Kartoffeln befüllten Boxpaletten die Messung von Luftwechselzahlen im Bereich $\leq 10^4 h^{-1}$.

Die Eignung des Meßverfahrens wird für Untersuchungen des Einflusses von Geschwindigkeiten äußerer Luftströmungen und Temperaturdifferenzen zur Umgebung nachgewiesen.

Literatur

- Gall, H. / W. Zehe: Zehnjährige Erfahrungen bei der Bewirtschaftung eines Kartoffellagerhauses. Saat- und Pflanzgut 10 (1968) H. 12, S. 211/13
- Rettig, H. / G. Suckow: Bestimmung des Gasaustausches an Gärfutterbehältern. Deutsche Agrartechnik 20 (1970) H. 10, S. 477/79

A 8612