

# Untersuchungen zum pneumatischen Trennen eines Gemenges aus Kartoffeln und kartoffelgroßen Beimengungen

Prof. Dr. sc. techn. P. Jakob, KDT, Humboldt-Universität Berlin, Sektion Nahrungsgüterwirtschaft und Lebensmitteltechnologie  
Dr.-Ing. P. Grundmann, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Tierproduktion

## Verwendete Formelzeichen

$c_w$	Luftwiderstandsbeiwert
$d_k$	Durchmesser der Kugel
$g$	Fallbeschleunigung
$v_s$	Schwebegeschwindigkeit
$\rho_k$	Dichte der Kartoffeln
$\rho_L$	Dichte der Luft
$\rho_S$	Dichte der Steine

In den zurückliegenden 30 Jahren wurden mehrere Einrichtungen zum pneumatischen Trennen eines Gemenges aus Kartoffeln und kartoffelgroßen Bestandteilen konzipiert und untersucht. Dabei wurde zunächst überwiegend das Ziel angestrebt, durch pneumatische Operationsenergie ein Gemenge aus Kartoffeln und Steinen zu trennen.

Ausgehend von den Kenntnissen auf dem Gebiet der pneumatischen Strömungsfördertechnik wurden Möglichkeiten zum Trennen eines Gemenges bei pneumatischer Rohrströmung, in pneumatischen Wirbelschichten und im pneumatischen Freistrahle untersucht.

## 1. Einrichtungen mit pneumatischer Rohrströmung

Bei den bekannten Einrichtungen mit Rohrströmung werden Kartoffeln von den Beimengungen nach dem Wirkprinzip des Windsichtens getrennt. Zur Berechnung der erforderlichen Luftgeschwindigkeit zum Herausheben der Kartoffeln aus dem Gemenge werden kugelförmige Gemengekomponenten angenommen. Die Schwebegeschwindigkeit dieser kugelförmigen Gemengekomponenten wurde aus dem Gleichgewicht des Umströmungswiderstands mit der Gewichtskraft bestimmt:

$$\frac{\pi d_k^2 v_s^2}{4} \rho_L c_w = \frac{\pi d_k^3}{6} \rho_k g \quad (1)$$

Daraus folgt für die Schwebegeschwindigkeit

$$v_s = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{\rho_k g d_k}{\rho_L c_w}} \quad (2)$$

Um die Kartoffeln pneumatisch von einer Unterlage (z. B. Förderer) auf eine Übergabehöhe zu einem anderen Förderer zu transportieren, muß die Luftgeschwindigkeit der Rohrströmung größer als die Schwebegeschwindigkeit der Kartoffeln sein. In den Berechnungen wird der Widerstandsbeiwert  $c_w = 0,6$  eines kugelförmigen Körpers zugrunde gelegt. Zum Teil überdecken sich die Funktionskurven der Schwebegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Masse der Gemengekomponenten (Bild 1).

Die in experimentellen Untersuchungen gemessenen Luftgeschwindigkeiten weichen teilweise erheblich von den theoretisch nach Gl. (2) ermittelten Werten ab [1, 2]. Es sind geringere Luftgeschwindigkeiten als die theoretisch ermittelten erforderlich. Dies ist auf den teilweise bedeutend größeren Widerstandsbeiwert der gewachsenen Kartoffeln und der natürlichen Steine gegenüber dem der angenommenen kugelförmigen Körper zurückzuführen.

Einrichtungen nach dem dargelegten Wirkprinzip werden bei der stationären Aufbereitung der Kartoffelrohware [3] und bei der Trennung der Kartoffeln von Beimengungen in Kartoffelerntemaschinen [4] eingesetzt. Im Bild 2 ist ein Funktionsprinzip dieser Einrichtungen dargestellt. Ein Kettenförderer 1 fördert das Gemenge aus Kartoffeln und Beimengungen durch einen luftdurchströmten

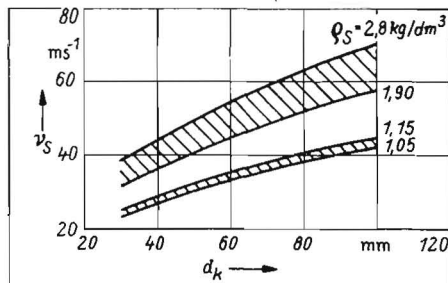


Bild 1: Abhängigkeit der Schwebegeschwindigkeit vom Durchmesser eines kugelförmigen Körpers ( $c_w = 0,6$ )

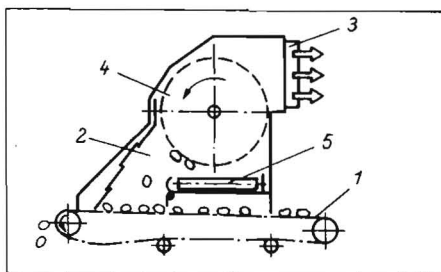
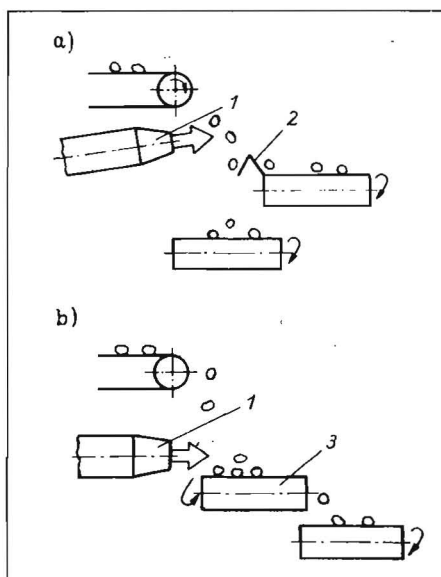


Bild 2: Trenneinrichtung mit pneumatischer Rohrströmung

Bild 3: Trenneinrichtungen mit pneumatischem Freistrahle;

- a) Querstromwindsichtung
- b) Querstromwindsichtung, kombiniert mit Ablensortierung



Trennraum 2. Dieser Trennraum ist direkt mit der Ansaugöffnung eines Gebläses 3 verbunden. Im Trennraum werden die Gemengekomponenten mit einer geringen Schwebegeschwindigkeit, vorwiegend Kartoffeln, vom Förderer abgeladen und mit Hilfe einer rotierenden Trommel 4 auf einen Bandförderer 5 abgeworfen. Die Gemengekomponenten mit einer hohen Schwebegeschwindigkeit, vorwiegend Steine, verbleiben im Trennraum auf dem Förderer 1. Sie werden außerhalb des Trennraums abgeworfen. Die Luftgeschwindigkeit ist über eine Drosselklappe am Gebläse oder durch Veränderung des luftdurchströmten Querschnitts des Trennraums einstellbar. Die Komponenten des Leitgütergrades sind bei einem fraktionierten Kartoffel-Stein-Gemenge größer als bei einem unfraktionierten Gemenge.

## 2. Einrichtungen mit pneumatischem Freistrahle

In Einrichtungen mit pneumatischem Freistrahle werden die Gemengekomponenten ebenfalls primär nach deren Luftwiderstandsbeiwert und deren Dichte getrennt.

Diese Einrichtungen (Bild 3) sind dadurch gekennzeichnet, daß der Luftstrom aus einem Rohr mit oder ohne Düsen 1 ausströmt. Die Luftgeschwindigkeit verringert sich in Abhängigkeit vom Abstand zur Austrittsöffnung und damit auch die Kraft zum Ausstoßen oder Verschieben von Gemengekomponenten. Der Energiebedarf zur Erzeugung des Luftstroms steigt dementsprechend mit größer werdendem Abstand der Gemengekomponenten von der Luftaustrittsöffnung an. Zwei Grundprinzipie sind bisher untersucht worden:

- Die Gemengekomponenten werden beim Fall durch einen Luftstrom abgelenkt [5].
- Die Gemengekomponenten werden auf einer Unterlage durch einen Luftstrom zum Rollen gebracht [6].

Fallen die Gemengekomponenten durch einen Luftstrom, werden diese in Abhängigkeit von der jeweiligen Luftangriffsfläche verschieden weit abgelenkt. Gemengebestandteile mit flacher Form werden gegenüber solchen mit runder Form weiter abgelenkt, wenn der Luftstrom auf die große Angriffsfläche trifft. Diese Einrichtungen sind häufig mit einem Trennelement 2 ausgerüstet. Aus den experimentellen Untersuchungen [5] folgt, daß der Leitgütergrad vom Massedurchsatz, von der Einwirkzeit des Luftstroms auf das Gemenge und von der Lage des Trennelements abhängig ist.

Werden die Gemengekomponenten auf einer Unterlage 3 durch einen Luftstrom zum Rollen gebracht, so verändert sich bei der Rollbewegung die Angriffsfläche für den Luftstrom. Durch diese Kombination der Querstromwindrichtung mit einer Ablensortierung wird neben dem Luftwiderstandsbeiwert, der Dichte und der Form auch noch der Rollwiderstand der Gemengekomponenten zum Trennen ausgenutzt.

Der wesentliche Vorteil der Einrichtungen

mit pneumatischem Freistrah im Vergleich zu den Einrichtungen mit pneumatischer Rohrströmung ist ihr einfacher Aufbau. Nachteilig sind besonders der hohe Leistungsbedarf zur Erzeugung des Luftstroms sowie die Lärm- und Staubeentwicklung. Deshalb wurde auch die energetisch günstigere pneumatische Trennung von Gemengekomponenten in Wirbelschichten untersucht.

### 3. Einrichtungen mit pneumatischen Wirbelschichten

Wirbelschichten bilden sich aus, wenn ein aufwärts gerichteter Luftstrom Gutschichten durchströmt, die Gutteilchen sich heben und Wirbelbewegungen ausführen sowie diese Gutschichten, Wirbelschichten, die Eigenschaften einer Suspension annehmen. In den theoretischen Untersuchungen [7, 8] zum Trennen eines Gemenges aus Kartoffeln und Beimengungen wurde davon ausgegangen, daß die resultierende Kraft auf einen Körper in einer Wirbelschicht im wesentlichen durch die Trägheitskraft, die Auftriebskraft, die Gewichtskraft und die Widerstandskraft des umströmten Körpers bestimmt wird. Weitestgehend aufgrund der unterschiedlichen Dichte der Gemengekomponenten bewegen sich Kluten und Steine in dieser Schicht nach unten, während Kartoffeln an der Oberfläche verbleiben oder an die Oberfläche aufsteigen.

Aus der Aufbereitungstechnik sind zwei Grundprinzipie bekannt, die in der Vergangenheit auf mögliche Anwendung bei der pneumatischen Trennung der Kartoffelrohware untersucht wurden.

Der Unterschied dieser Prinzipie ist in der Herkunft des wirbelschichtbildenden Stoffes begründet. Danach kann das Gemenge mit Hilfe einer Schicht getrennt werden, die aus einer Gemengekomponente besteht, die wirbelschichtbildende Eigenschaften hat. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß das Gemenge in die Wirbelschichten eingebracht wird, deren Dichte größer ist als die Dichte der leichtesten Komponente des zu trennenden Gemenges.

Nach experimentellen Untersuchungen unter Laborbedingungen mit einem Gemenge aus Kartoffeln, Steinen und Kluten [7] wird der Trennvorgang erheblich durch Korngröße, Dichte und Feuchtigkeitsgehalt des wirbelschichtbildenden Feststoffs sowie durch die Geschwindigkeit des Luftstroms

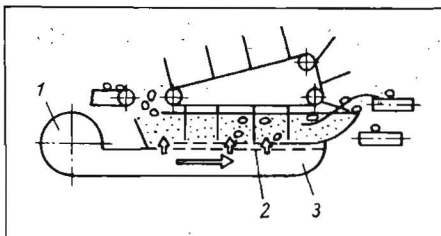


Bild 4. Trenneinrichtung mit Wirbelschichten

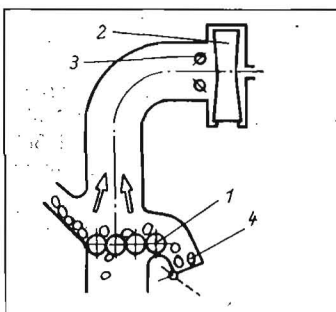


Bild 5. Trenneinrichtung mit wirbelschichtimitierenden Elementen

beeinflusst. In den untersuchten Einrichtungen (Bild 4) wird der im Gebläse 1 erzeugte Luftstrom durch einen feststehenden oder bewegten, luftdurchlässigen Zwischenboden 2 geleitet. Dieser Zwischenboden verhindert das Eindringen des wirbelschichtbildenden Stoffes in den Druckluftkanal 3.

Da die Ausbildung von Wirbelschichten besonders durch feuchte Gemengekomponenten eingeschränkt ist, wurden Arbeitsprinzipie [9, 10] untersucht, bei denen der wirbelschichtbildende Stoff durch eine Vielzahl elastischer Elemente 1 imitiert wird (Bild 5). Diese werden durch einen im Gebläse 2 erzeugten und über Drosseln 3 einstellbaren Luftstrom durchströmt. Die Steine fallen durch die elastischen Elemente, während die Kartoffeln in einen Sammelbunker 4 rollen.

#### 4. Zusammenfassung

Einrichtungen mit unterschiedlichem Wirkprinzip wurden bezüglich des pneumatischen Trennens der Kartoffeln von kartoffelgroßen Beimengungen untersucht. In der Praxis werden Einrichtungen eingesetzt,

durch die auf der Grundlage des Windsichtens Kartoffeln von Steinen pneumatisch getrennt werden. Ausschlaggebend für die Anwendung pneumatischer Wirkprinzipie ist der zum Erzeugen des Luftstroms erforderliche Leistungsbedarf.

Um den Leistungsbedarf in Grenzen zu halten, ist zu vermeiden, daß in Saugeinrichtungen Falschluff angesaugt wird und in Druckeinrichtungen ein Luftvolumenverlust auftritt.

#### Literatur

- [1] Grundmann, P.: Untersuchungen zur beimengungsarmen Kartoffelannahme mit einem rotierenden pneumatischen Förderrohr als Kartoffelaufnahmeelement. IH Berlin-Wartenberg, Dissertation A 1982 (unveröffentlicht).
- [2] Fer, J.: Pneumatické rozdužování brambor a kamenů (Pneumatische Kartoffel-Stein-Trennung). Zemědělská technika, Prag 24 (1978) 12, S. 723-733.
- [3] Petersen, T.; Hampf, H.: Einsatz einer pneumatischen Trennanlage in der Annahmestrecke des Kartoffellagerhauses Broderstorf. agrartechnik, Berlin 34 (1984) 7, S. 314-316.
- [4] Luftseparering av potatio och sten (Pneumatische Trennung von Kartoffeln und Steinen). Jord och Skog - Traktor Journalen, Stockholm (1969) 7, S. 500-501.
- [5] Lehmann, R.: Beitrag zu kombinierten Wirkprinzipien für die Kartoffelaufnahme unter besonderer Berücksichtigung der pneumatischen Beimengungstrennung. IH Berlin-Wartenberg, Dissertation A 1982 (unveröffentlicht).
- [6] Maack, O.: Die mechanische Trennung von Kartoffeln und Steinen. Universität Göttingen, Dissertation 1956.
- [7] Zinovev, Ju. I.: Otdelenie klubnej kartofelja ot počvennych komkov i kamnij (Trennung der Kartoffelknollen von Kluten und Steinen). Vestnik sel'choz. nauki (1959) 11, S. 81-89.
- [8] Leitholdt, C.: Beitrag zu kombinierten Wirkprinzipien für die Kartoffelaufnahme unter besonderer Berücksichtigung des mechanischen Fließbettkartoffelaufnahmeelements. IH Berlin-Wartenberg, Dissertation A 1981 (unveröffentlicht).
- [9] Serevatov, V. A.: Vakuumno-mechaničeskij ot-delitel' (Mechanischer Vakuumscheider). Technika v sel'skom chozjajstve, Moskva 28 (1977) 2, S. 77-79.
- [10] Zinovev, Ju. I.: Osnovy technologičeskogo raščeta pnevmomechaničeskogo separatora (Grundlagen für die technologische Berechnung eines pneumatisch-mechanischen Abscheiders). Traktory i sel'chozmašiny, Moskva 49 (1979) 8, S. 22-25. A 4454

## Kombilager für Speisezwiebeln in der LPG (P) Elxleben

Dr.-Ing. W. Günzel, KDT/Prof. Dr. sc. techn. W. Maltry, KDT/Dipl.-Ing. P. Delmhorst, KDT  
Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR  
Dipl.-Landw. C. Dreyße, LPG (P) Elxleben, Bézirk Erfurt

### 1. Problemstellung

Da in den herkömmlichen Aufbereitungs-, Lager- und Vermarktungsanlagen (ALV-Anlagen) einer Belüftung mit Außenluft Grenzen gesetzt sind, begannen in der DDR die ersten Forschungsarbeiten zum Einsatz technisch gekühlter Luft für die Fruchtkühlung im Jahr 1973. Sie waren anfangs nur auf die Langzeitlagerung von Speisekartoffeln orientiert. Mitte der 70er Jahre wurde die erste Aufgabenstellung zur Langzeitlagerung von

Gemüse - speziell für Speisezwiebeln - erarbeitet. Die Konzeption sah ein Kombilager vor, dessen Lüftungstechnische Einrichtungen aus zwei verschiedenen Luftaufbereitungssystemen zusammengesetzt (kombiniert) sind:

- System zur Lüftung mit Außenluft (Frisch-, Misch- und Umluftbetrieb) mit Wärmeübertrager im Umluftstrom
  - System zur Luftkühlung im Umluftbetrieb.
- Das Lagerklima im Kombilager wird vorran-

gig mit Außenluftbetrieb, bei zu hohen Außenlufttemperaturen durch technische Kühlung gewährleistet. Diese Kombination ist zur Sicherung der Langzeitlagerung bis in die Monate Juni/Juli konzipiert und erfordert deshalb eine Bauhülle, die bezüglich der bauphysikalischen Anforderungen und der Wärmedämmung einem Kühlager entspricht. Bisher wurde die Langzeitlagerung der verschiedenen Fruchtarten vorwiegend durch Umlagerung auf vorhandene Leicht-