

Grundlagenuntersuchungen zur Dichtesortierung in der Wirbelschicht für die beimengungsarme Kartoffelaufnahme¹⁾

Dr.-Ing. R. Blochwitz, KDT/Prof. Dr. sc. techn. P. Jakob, KDT
Humboldt-Universität Berlin, Sektion Nahrungsgüterwirtschaft und Lebensmitteltechnologie

Einleitung

Die mechanische Absonderung fester Bodenkluten und Steine bei der Kartoffelaufnahme ist gegenwärtig technisch nicht vollständig und zufriedenstellend gelöst. Die Erreichung höherer Abscheidegrade erfordert aufwendige konstruktive Lösungen. Das Ziel der Forschungsarbeiten bestand darin, auf der Grundlage des Erkenntnisstandes, zur beimengungsarmen Kartoffelaufnahme [1, 2, 3] die Untersuchungen hinsichtlich der Ausnutzung der Dichtesortierungswirkung einer Luft-Feststoff-Wirbelschicht zur Kartoffelaufnahme weiterzuführen. Im Mittelpunkt der Untersuchungen eines Kartoffelaufnahmeelements mit mechanisch-pneumatischem Wirkprinzip stand die Teilfunktion Sortieren.

Stand der Technik

Die Analyse des Standes der Technik umfaßte die Probleme der Ausbildung, der Existenz und der Beherrschung der Wirbelschicht aus strömungstechnischer Sicht sowie vorhandene mechanisch-pneumatische Wirkprinzipie zur beimengungsarmen Kartoffelaufnahme.

Eine Wirbelschicht wird erzeugt, indem eine Kornschüttung von Feststoffpartikeln durch einen aufwärtsgerichteten Fluidstrom in einen flüssigkeitsähnlichen Zustand versetzt wird, sobald der Volumenstrom des Fluids einen bestimmten Grenzwert überschreitet. Der Feststoff nimmt dann Fluideigenschaften an.

Grundsätzlich unterscheidet man die homogene und die inhomogene Wirbelschicht. Allgemeine Berechnungsvorschriften und Grundlagen für die Dimensionierung von Wirbelschichtanlagen existieren nur in sehr geringem Umfang. Sie basieren häufig auf Modellvorstellungen und empirischen Beziehungen. Für die Auslegung und die Konstruktion von Wirbelschichtanlagen ist die Beherrschung der Strömungsmechanik der Wirbelschicht Voraussetzung für die Zuverlässigkeit und die Stabilität. Die Fluidisierung ungleichkörniger Feststoffteilchen ist kompliziert und erfordert einen großen technischen und apparativen Aufwand. Grundsätzlich ist festzustellen, daß nur eine Fluidisierung von trockenem, nicht kohäsivem Feststoff erfolgversprechend ist. Mit zunehmender Feuchtigkeit nimmt der Effekt der Fluidisierung stark ab. Entscheidenden Einfluß auf die Fluidisierung hat weiterhin die konstruktive Gestaltung des Anströmbodens, der die gleichmäßige Fluidverteilung auf dem gesamten Wirbelschichtquerschnitt gewährleistet.

Die Struktur der Wirbelschicht läßt sich durch die Anwendung mechanischer Schwingungen wesentlich verbessern. Senkrechte Schwingungen des Anströmbodens

bewirken geringere Blasenbildung und eine homogenere Struktur.

Die Wirbelschicht bewirkt einerseits die Dichtesortierung von eingebrachten Feststoffen bzw. Körpern und andererseits das Sortieren des die Wirbelschicht bildenden Feststoffs (Klassierwirkung). Eine Literatur- und Patentanalyse zu Wirbelschicht-Dichtesortieranlagen und Wirbelschichtvorrichtungen sowie zu mechanisch-pneumatischen Kartoffelaufnahmeelementen ist in [4] enthalten.

Theoretische Untersuchungen

Im Ergebnis der theoretischen Untersuchungen ist ein Modell der Dichtesortierung mit einem mechanisch-pneumatischen Kartoffelaufnahmeelement entstanden, wobei folgende wesentliche Modellvoraussetzungen getroffen wurden:

- Berücksichtigung vertikaler Kraftwirkungen bei symmetrischer Anströmung der Körper in der Wirbelschicht
- homogene Wirbelschichtstruktur
- keine Berücksichtigung des Feuchtigkeitsgehalts des die Wirbelschicht bildenden Feststoffs.

Als Einflußgrößen auf die Dichtesortierung sind folgende Größen zu nennen:

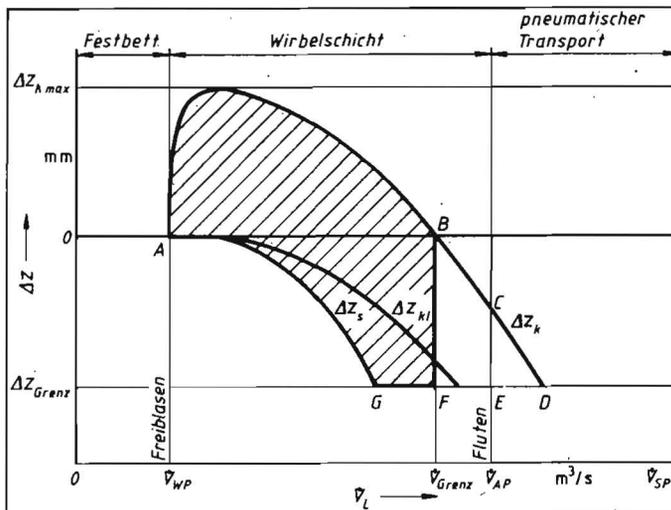
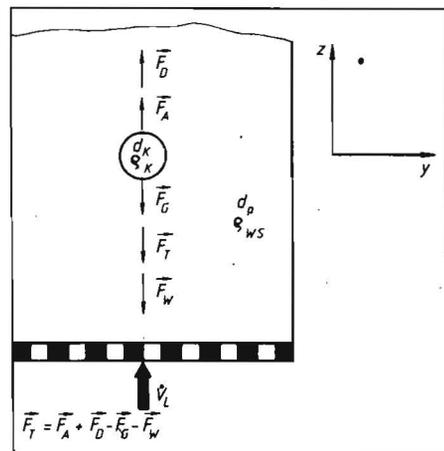
- wirbelschichtbildender Feststoff
- Strömungsmedium
- Vibrationswirbelschicht.

Das Kräftegleichgewicht an einem in der Wirbelschicht steigenden Körper ist im Bild 1 dargestellt. Als Bewegungsgleichung ergab sich eine inhomogene nichtlineare Differentialgleichung, die mit Hilfe numerischer Verfahren für speziell ausgewählte Werte von Betriebs- und Stoffparametern gelöst wurde. Das Steig- und Sinkverhalten wurde für die Gemengekomponenten Kartoffeln, Steine und Kluten getrennt berechnet. Es konnte prinzipiell nachgewiesen werden, daß eine Fahrgeschwindigkeitserhöhung generell geringere Ordinattendifferenzen bewirkt und eine Erhöhung der Luftgeschwindigkeit das Steigen der Kartoffeln verringert, aber das Sinken der Steine und Kluten vergrößert. Weiterhin bestätigte sich, daß die Ordinattendifferenz (Steig- bzw. Sinkweg) vom Körperdurchmesser, von der Zeit, der Körperdichte und dem Dichteunterschied zwischen dem Körper und der Wirbelschicht abhängig ist.

Bild 1. Kräftegleichgewicht;

d_k Körperdurchmesser, d_p Partikeldurchmesser, F_A Antriebskraft, F_D Druckkraft, F_G Gewichtskraft, F_T Trägheitskraft, F_W Widerstandskraft, V_L Luftvolumenstrom, ρ_k Körperdichte, ρ_{ws} Wirbelschichtdichte

Bild 2. Schematische Darstellung des Arbeitsbereichs der Dichtesortierung; optimaler Arbeitsbereich A-B-F-G, maximaler Arbeitsbereich A-B-C-D-E-F-G, ineffektiver Arbeitsbereich B-C-D-E-F
 V_{Ap} Volumenstrom in bezug auf den Ausstragpunkt, V_{Grenz} Grenzvolumenstrom der Dichtesortierung, V_L Luftvolumenstrom, V_{Sp} Volumenstrom in bezug auf den Schwerpunkt, V_{WP} Volumenstrom in bezug auf den Wirbelpunkt, Δz Ordinattendifferenz (Lageänderung), Δz_{Grenz} Grenzlageänderung, Δz_k Ordinattendifferenz für Kartoffeln, Δz_{kl} Ordinattendifferenz für Kluten, Δz_s Ordinattendifferenz für Steine



1) Die Untersuchungen basieren auf Forschungsarbeiten an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

Der Arbeitsbereich der Dichtesortierung ist im Bild 2 schematisch dargestellt.

Experimentelle Ergebnisse

Die experimentellen Untersuchungen dienen der Überprüfung des theoretischen Modells und wurden unter Laborbedingungen bei konstanten Konstruktions- und variablen Betriebs- sowie Stoffparametern durchgeführt. Als Anströmboden des Schars wurde ein Lochboden mit einem Flächenverhältnis von 0,064 verwendet. Auf der Grundlage von Voruntersuchungen wurden eine Schwingungsfrequenz von 40 Hz und eine Schwingungsamplitude von 2 bis 3 mm gewählt. Die Modell- und modellähnlichen Praxisbedingungen waren durch die Verwendung von natürlichen Körpern sowie von Modellsand bzw. von lehmigem Sand als Wirbelgut gekennzeichnet.

Die Schwingungen des Anströmbodens haben wesentlichen Einfluß auf die Dichtesortierung. Einerseits wird durch sie die Wirbelschicht homogener, und andererseits erhöhen sich die Ordinattendifferenzen. Unter Modellbedingungen ist die Dichtesortierung von Kartoffeln und Steinen im untersuchten Bereich der Luftgeschwindigkeit von 0,28 bis

0,49 m/s (bezogen auf den Wirbelschichtquerschnitt) bis zu einer Fahrgeschwindigkeit von 0,27 m/s möglich, d. h., es bildete sich ein Niveauunterschied aus, der für ein nachfolgend angeordnetes Fördererelement notwendig ist. Die Dichtesortierung der Kartoffeln von den Kluten kann als nicht zufriedenstellend angesehen werden, da der Dichtunterschied zwischen den Kluten und der Wirbelschicht zu gering ist. Die modellähnlichen Praxisbedingungen zeigten die Grenzen der Dichtesortierung. Die Schicht war wesentlich inhomogener, und die Ordinattendifferenzen waren geringer. Der Wassergehalt des lehmigen Sandes betrug 3 bis 6%.

Zusammenfassung

Ein mechanisch-pneumatisches Kartoffelaufnahmeelement wurde hinsichtlich der Eignung zur beimengungsarmen Kartoffelaufnahme theoretisch und experimentell untersucht. Das Grundprinzip ist dadurch gekennzeichnet, daß durch ein aktives schwingendes Aufnahmeelement, aus dem ein Luftstrom austritt, der Boden in einen flüssigkeitsähnlichen Zustand versetzt wird und dadurch eine Dichtesortierung möglich ist. Die Anwendung der Dichtesortierung in der Wir-

belschicht zur beimengungsarmen Kartoffelaufnahme ist unter den arbeitsprozeßtechnischen Voraussetzungen, wie Regelung der Luftstromparameter (Volumenstrom, Druck) in Abhängigkeit von der Arbeitstiefe, der Anwendung von mechanischen Schwingungen zur Verbesserung der Struktur der Wirbelschicht und der Verwendung von gering kohäsivem Boden als Wirbelgut, möglich.

Literatur

- [1] Jakob, P.: Beitrag zur beimengungsarmen Kartoffelaufnahme. Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördererntechnik, Dissertation B 1978.
- [2] Jakob, P., u. a.: Untersuchung kombinierter Werkzeuge und Wirkprinzipie für die Kartoffelaufnahme an Kartoffelerntemaschinen. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Forschungsbericht 1979.
- [3] Jakob, P., u. a.: Untersuchung kombinierter Werkzeuge und Wirkprinzipie für die Kartoffelaufnahme an Kartoffelerntemaschinen. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Forschungsbericht 1982.
- [4] Blochwitz, R.: Untersuchungen zur Ausnutzung der Dichtesortierung in der Luft-Feststoff-Wirbelschicht zur beimengungsarmen Kartoffelaufnahme. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Dissertation A 1984. A 5341



Auf annähernd 442000 ha, das sind gut 9% der Ackerfläche der DDR, sind im Jahr 1988 Kartoffeln angebaut worden. Etwa 23% der jährlichen Produktion sind Speisekartoffeln, 15% werden als Pflanzgut gebraucht, 5% dienen der Stärkegewinnung, 1% wird weiterverarbeitet und 56% der Ernte finden als Viehfutter Verwendung.

Die Speisekartoffel gehört in der DDR zu den wichtigsten Grundnahrungsmitteln. Der Pro-Kopf-Verbrauch liegt bei etwa 150 kg jährlich. Die Kartoffeln sind ernährungsphysiologisch von großem Wert. Sie decken in der DDR den Bedarf eines Erwachsenen an Energie zu 6% und an Eiweiß zu 7,5%. Hervorzuheben ist die hohe biologische Wertigkeit des Eiweißes der Knollen.

Rund 800000 t der Jahresproduktion an Speisekartoffeln werden in den Haushalten eingekellert. In Zwischenlagern der Landwirtschaft und des Handels finden 750000 t Platz. Diese kommen dann in Beuteln zu 5 kg bzw. 2,5 kg auf den Ladentisch oder gelangen in 20-kg-Beuteln zu Großabnehmern. An

Großküchen werden derzeit etwa 250000 t geschälte Kartoffeln geliefert.

Zur Steigerung der Produktion von Kartoffeln unternehmen die Bauern im engen Bündnis mit den Wissenschaftlern große Anstrengungen. Sie nutzen solch wirksame Methoden wie das Regelspurverfahren sowie das Beizen von Pflanzgut. Etwa 40% der Sorten wurden in den letzten fünf Jahren neu zugelassen. Nicht zuletzt bewährt sich die wissenschaftliche Bestandsführung von der Pflanzung bis zur Ernte auch im Kartoffelanbau.

Über 10 Mill. t Kartoffeln sind im Durchschnitt jährlich zu ernten, zu transportieren, zu sortieren, einzulagern und zu verarbeiten. Die Qualität der Knollen ist dabei ein Schwerpunkt, dem in der gesamten Kette, vom Feld bis zu den Verbrauchern, große Aufmerksamkeit gilt. So kommt es besonders auf schonende Behandlung an. Die besten Kartoffeln werden für Speisezwecke, für die Einkellerung und die Langzeitlagerung ausgewählt. Dazu erfolgen auf den Feldern

mehrmals Einschätzungen des Reifegrades und der Qualität. Diese Bonituren geben Aufschluß über den künftigen Verwendungszweck als Speise-, Pflanz-, Stärke-, Veredlungs- oder Futterkartoffeln.

Die 6 Kartoffelstärkefabriken der DDR produzieren jährlich etwa 80000 t Stärke. 270 LPG und VEG der nördlichen und mittleren Bezirke liefern dafür auf vertraglicher Basis die Kartoffeln. Der Gehalt an Stärke wächst mit zunehmender Reife.

Jährlich werden 146000 t Speisekartoffeln für die Veredlung bereitgestellt. Zur Erzeugnispalette der Verarbeitungsbetriebe gehören Kloßmehl in verschiedenen Varianten, Puffermehl, Püree, Knödel, Pommes frites und Kartoffelbällchen sowie Chips und Snacks.

Die Qualität dieser Erzeugnisse hängt nicht nur vom Herstellungsverfahren und der Produktionstechnik, sondern auch vom verwendeten Rohstoff ab. So bestimmen der Gehalt an Trockensubstanz, Stärke und Zucker, die Verfabungsneigung roher und gekochter Kartoffeln sowie die Speisequalität einer Sorte insgesamt wesentlich die Qualität des Endproduktes.

Mehr als die Hälfte der Ernte eines Jahres an Kartoffeln wird als Viehfutter eingesetzt. Mit dem Energiewert von 20 dt kann 1 dt Schweinefleisch erzeugt werden. Zum Verfüttern werden die Knollen vor allem gedämpft, entweder gleich oder später siliert verabreicht.

Frisch gedämpfte Kartoffeln werden den Tieren möglichst lange, bis in den Winter hinein angeboten. Was im Frühjahr und bis zur nächsten Ernte verfüttert werden soll, muß konserviert sein. Dabei liegt der Futterwert bei Silage aus gedämpften Kartoffeln höher als bei roh verarbeiteten. Eine weitere qualitative Verbesserung ist zu erreichen, wenn das Dämpfgut gemeinsam mit eiweißreichem Grünfütter, wie Rübenblatt, Klee, Luzerne oder Sommerzwischenfrüchten, konserviert wird. Diese Silage erhalten vorwiegend junge Schweine und Muttertiere.

(Presse-Informationen)