

# Untersuchungen zur Zerkleinerung von Hackfrüchten durch Prallen, Mahlen und Brechen

Dipl.-Ing. F. Pakura, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

## 1. Problemstellung

Die Problematik der Zerkleinerung ist in allen Bereichen der Volkswirtschaft anzutreffen. Für eine Zerkleinerung fester Stoffe ist charakteristisch, daß relativ große Arbeitsbeträge aufgewendet werden, jedoch nur ein sehr kleiner Teil der einer Zerkleinerungsmaschine zugeführten Energie wird für die Nutzarbeit verbraucht [1]. Entscheidend für den Zerkleinerungsvorgang ist die Wirkpaarung Stoff—Arbeitselement (Zerkleinerungselement).

Die zur Zeit in der Praxis angewendeten Maschinen zur Zerkleinerung von Hackfrüchten sind dadurch gekennzeichnet, daß die Energie zur Zerstörung des Stoffverbandes durch die Arbeitselemente an relativ örtlich begrenzten Stellen eingeleitet wird. Sie dringen in den zu zerkleinernden landtechnischen Stoff ein oder durchdringen ihn (Schneiden, Reißen). Einige Autoren (u. a. Ries [2] und Ehlert [3]) weisen jedoch darauf hin, daß auch die Zerkleinerung durch Prallen, Mahlen und Brechen, bei denen das Arbeitselement nicht in den Stoff eindringt, bei Einhaltung bestimmter Konstruktions- und Betriebsparameter für eine Weichzerkleinerung geeignet sind. Als Prallen soll im weiteren die Zerkleinerung fester Stoffe durch Ausnutzen von Massenkraften, als Mahlen die Zerkleinerung durch Einleiten von Druck- und Schubkräften und als Brechen das Zerkleinern durch Einleiten von Druckkräften zwischen zwei Flächen bezeichnet werden.

Für die Einschätzung der Untersuchungen werden als Hauptkriterien der Zerkleinerungserfolg, der das Verhältnis von neugeschaffener Oberfläche zur benötigten Energie darstellt, und der mittlere Korndurchmesser nach der Zerkleinerung herangezogen.

## 2. Stand der theoretischen Erkenntnisse

Der Stand der landtechnischen Forschung zu den dargestellten Problemen zeigt, daß der Einfluß von Stoff-, Betriebs- und Konstruktionsparametern auf die funktionellen Beziehungen zwischen Oberflächenzuwachs und zugeführter Energie bei Erreichen einer mittleren Endkorngröße beim Zerkleinern durch Prallen, Mahlen und Brechen von Hackfrüchten noch nicht geklärt ist. Präzisiert man die Aufgabenstellung, so ist auf folgende Fragen eine Antwort zu geben:

- Wie wirken sich die Konstruktions- und Betriebsparameter der Arbeitselemente auf das Zerkleinerungsergebnis aus?
- Wie müssen die Arbeitsprinzipien konstruktiv verwirklicht werden, um einen möglichst großen Oberflächenzuwachs bei einer bestimmten Körnungsverteilung mit einem wirtschaftlichen Energieaufwand zu erreichen?

Als wesentliche Parameter bei den theoretischen und experimentellen Untersuchungen sind zu berücksichtigen:

- Stoffparameter: Elastizitätsmodul
- Betriebsparameter: Beanspruchungsgeschwindigkeit
- Konstruktionsparameter: Winkel der Kräfteeinleitung

Die theoretischen Untersuchungen zur Zerkleinerung von Hackfrüchten konnten die Fragen nicht beantworten, sie gaben jedoch Hinweise für die experimentellen Untersuchungen und für das Auswerten der Versuchsergebnisse.

## 3. Experimentelle Untersuchungen

Zur Ermittlung bestimmter Kennwerte auf experimentellem Wege wurden zwei Versuchseinrichtungen entwickelt und gefertigt. Um eindeutige Beanspruchungsmechanismen herzustellen, wurde eine Einzelkornzerkleinerung von Modellkörpern vorgesehen. Die Prallzerkleinerungseinrichtung gestattet es, mit Hilfe zweier Lichtschranken die Geschwindigkeit und damit die kinetische Energie der Modellkörper vor dem Stoß zu bestimmen. Die Prallplatte ist pendelartig angeordnet und mit einer Zweikom-

ponentenmeßeinrichtung ausgerüstet. Dadurch ist es möglich, den Kraftstoß zur Zeit des Auftreffens und Verlustenergien über den Verdrehwinkel des Pendels zu bestimmen. Der Aufprallwinkel konnte in einem Bereich von 0° bis 50° in Stufen von 10° verändert werden.

Bei der Versuchseinrichtung zur Zerkleinerung durch Mahlen und Brechen wurden zwei parallele, horizontal angeordnete, ebene Platten verwendet, die im Winkel von 15° bis 90° in Stufen von 15° verstellbar zueinander bewegt wurden.

Zur Bestimmung der notwendigen Zerkleinerungsenergie wurden an der feststehenden Platte mit Hilfe einer Zweikomponentenmeßeinrichtung die Kräfte während des Mahlens und Brechens ermittelt.

Die Analyse der Korngrößenverteilung nach der Zerkleinerung erfolgte mit Hilfe einer Stufensiebeeinrichtung. Nach Eintragen der Körnungsverteilung der Siebanalysen in das doppelt logarithmische Körnungsnetz nach Rosin — Rammler — Bennet war es möglich, die neugeschaffene Oberfläche sowie die mittlere Korngröße nach der Zerkleinerung zu bestimmen.

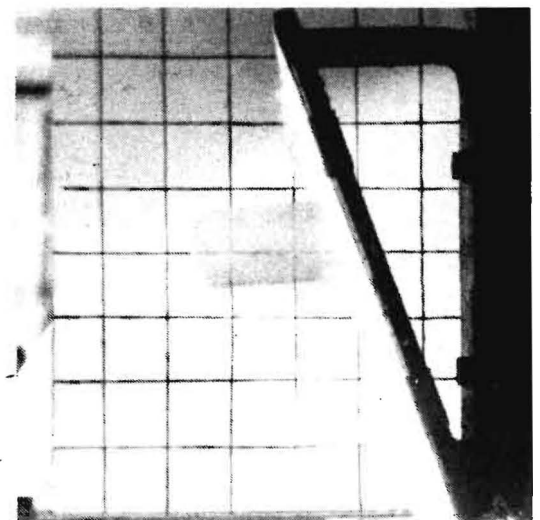
Das Zerkleinerungsergebnis wird als gut eingeschätzt, wenn der Zerkleinerungserfolg  $\kappa = \delta O/W$  ein Maximum und der Zerkleinerungsgrad  $Z_d = d_m/L$ , das Verhältnis von mittlerer Korngröße  $d_m$  nach der Zerkleinerung und Aufgabekorngröße  $L$ , ein Minimum erreicht.

## 4. Ergebnisse

Die Kräfteinwirkungen der Arbeitselemente rufen in den zu zerkleinernden Stoffen räumlich verlaufende Bruchvorgänge hervor. Dabei treten Stoff-, Betriebs- und Konstruktionsparameter komplex in Erscheinung.

Primäre Einflußgröße bei der Prallzerkleinerung ist die Prallgeschwindigkeit. Dabei konnten drei charakteristische Geschwindigkeitsbereiche festgestellt werden. Bis zu einer bestimmten Geschwindigkeit tritt keine Zerkleinerung auf. Hier schließt sich ein Bereich an, bei dem ein Bruch aufgrund des stochastischen

Bild 1. Funkenkinematische Fotoaufnahme eines Zuckerrübenmodellkörpers während des Prallvorgangs; Aufprallgeschwindigkeit 37,95 m/s, Aufprallwinkel 20°. Modellkörperdurchmesser 50 mm, Modellkörperlänge 100 mm



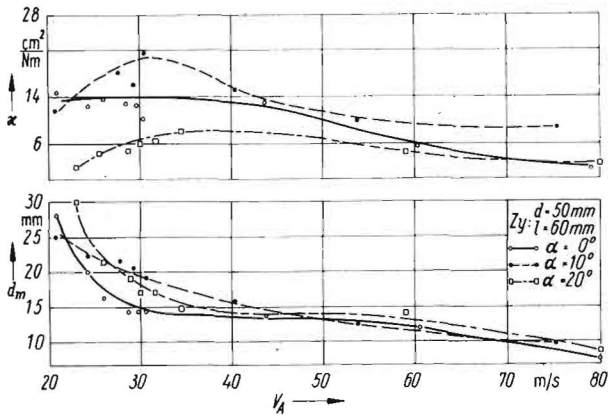


Bild 2. Zerkleinerungserfolg  $\kappa$  und mittlerer Durchmesser  $d_m$  in Abhängigkeit von der Prallgeschwindigkeit der Zuckerrübenmodellkörper; Zy Zylinderform, d Durchmesser der Modellkörper, l Länge der Modellkörper,  $\alpha$  Aufprallwinkel

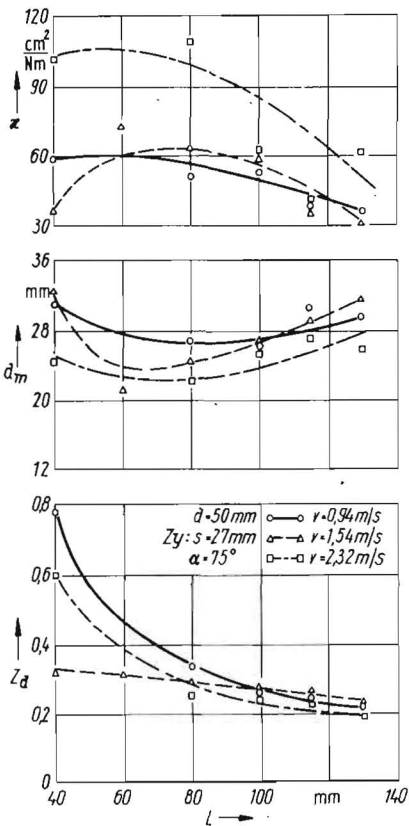


Bild 3. Zerkleinerungserfolg  $\kappa$ , mittlerer Korndurchmesser  $d_m$  und Zerkleinerungsgrad  $Z_d$  in Abhängigkeit von der Modellkörperhöhe L beim Zerkleinern durch Mahlen; Zy Zylinderform der Zuckerrübenmodellkörper, d Durchmesser des Modellkörpers, s Spaltweite, v Beanspruchungsgeschwindigkeit,  $\alpha$  Beanspruchungswinkel

Festigkeitsverhaltens der zu zerkleinernden Körper unter konstanten Bedingungen nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit eintritt. Von einer bestimmten Aufprallgeschwindigkeit an ist keine nennenswerte weitere Zerkleinerung mehr zu beobachten. Hinsichtlich Zerkleinerungserfolg und -grad lag der Bereich der günstigsten Prallgeschwindigkeit zwischen 25 und 45 m/s, wobei sich Aufprallwinkel  $> 20^\circ$  als ungünstig erwiesen (Bilder 1 und 2). Voruntersuchungen der Mahlzerkleinerung von Hackfrüchten

zwischen gekrümmten Flächen führten zu dem Ergebnis, daß die Zerkleinerung durch Einleiten von Druck- und Schubkräften wesentlich von den Einzugsbedingungen zwischen landtechnischem Stoff und Arbeitselement abhängen. Die Energieeinleitung zur Mahlzerkleinerung zwischen geraden Arbeitselementen erwies sich als wesentlich günstiger. Die Ergebnisse der Mahlzerkleinerung weisen darauf hin, daß diese Zerkleinerungsmöglichkeit auch bei Hackfrüchten prinzipiell möglich ist. Dabei wirkt sich eine zunehmende Druckkräfteinleitung günstiger auf den Zerkleinerungserfolg aus (Bild 3).

## 5. Zusammenfassung

Aus dem Stand der Erkenntnisse zur Zerkleinerung von Hackfrüchten werden Detailprobleme abgeleitet, die experimentell untersucht werden. Dabei interessiert, welche funktionalen Beziehungen zwischen Zerkleinerungserfolg bzw. Zerkleinerungsgrad und den Stoff-, Betriebs- und Konstruktionsparametern bestehen. Es werden Beispiele für die gewonnenen Ergebnisse dargelegt, woraus sich Schlußfolgerungen für weitere theoretische Betrachtungen sowie für die Konstruktion von Prall- und Mahlzerkleinerungseinrichtungen ergeben.

## Literatur

- [1] Schubert, H.: Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe 1. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1968.
- [2] Ries, H.-B.: Verfahrenstechnische und technologische Probleme bei der Zerkleinerung weicher bis mittelharter Stoffe. Aufbereitungstechnik (1964) H. 4, S. 166—176.
- [3] Ehlert, D.: Zerkleinern von Hackfrüchten. Universität Rostock. Sektion Landtechnik, Studie 1972 (unveröffentlicht). A 9910

# ORANO



**Mühlensleine  
in allen Größen  
Rationell**

durch weiches Herzstück  
Vorschrotbahn  
Feinmahlbahn und  
halbweiche Luftfurchen

**Deshalb der  
Schrotstein von höchster  
Wirtschaftlichkeit**

Referenzen stehen zur Einsicht zur Verfügung.  
Rechtzeitige Bestellung sichert baldige  
Erledigung Ihres Auftrages

**Neu: Hartvermahlungsstein mit weichen  
Furchen und mit weichem Herz.**

Reparatur und Herstellung

## ORANO-MÜHLENBAU

Norbert Zwingmann, Mühlenbaumeister  
5821 Thamsbrück (Thüringen)  
Telefon: Bad Langensalza 28 14