

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

Wissenschaftlicher Film C 731/1957

Aus dem Forschungsinstitut Verfahrenstechnik
an der Technischen Hochschule Aachen

Vorgänge in Schwingmühlen

Von

Priv.-Doz. Dr.-Ing. W. BATEL

Mit 3 Abbildungen

GÖTTINGEN 1959

Vorgänge in Schwingmühlen

Von Priv.-Doz. Dr.-Ing. W. BATEL

Zur Verfolgung der Bewegungsvorgänge in Schwingmühlen sowie zur Beobachtung der davon abhängenden Art der äußeren Beanspruchung des Mahlgutes ist der Forschungsfilm besonders geeignet. So hat sich aus den Aufnahmen ergeben, daß der Mahlbehälterinhalt durch die Wurfvorgänge stark aufgelockert wird und daher nicht in Form eines Schüttelgutes vorliegt, sondern mehr aerosolartig verteilt ist. Ferner zeigt der Film, daß durch die Wurfbewegungen Luftströmungen entstehen, die das durch Zerkleinerung erzeugte feinste Korn von den Stoßstellen zwischen den Mahlkörpern teilweise forttransportieren und damit aus den Bereichen entfernen, wo die Zerkleinerung stattfindet. Hierdurch wird die Zerkleinerung verschlechtert. Durch ausreichende Drucksenkung im Mahlbehälter läßt sich dieser Transport- oder Sichtvorgang ausschalten.

I. Allgemeine Vorbemerkungen

Die Zerkleinerung gehört zu den wichtigsten Verfahrensgängen bei der Verarbeitung unserer Verbrauchsgüter. Man unterscheidet bei diesem Verfahren auf Grund des Stoffverhaltens zwischen Hart- und Weichzerkleinerung. Die zuletzt genannte Zerkleinerungsart, bei der im wesentlichen das Schneiden, Spalten und Quetschen zur Anwendung gelangen, beruht fast ausnahmslos noch auf rein empirischen Erkenntnissen, weil sich die weichen meist organischen Stoffe auf Grund ihres unterschiedlichen Aufbaues bei äußerer Beanspruchung sehr verschiedenartig verhalten. Harte Stoffe zeigen dagegen weitgehend ein einheitliches Verhalten, für das man physikalisch begründete Gesetzmäßigkeiten (SMEKALS Bruchtheorie spröder Körper) finden konnte. Die Zerkleinerung dieser harten Stoffe wird fast ausschließlich in Rohrmühlen und in letzter Zeit zunehmend auch in Schwingmühlen durchgeführt.

Schwingmühlen bestehen im allgemeinen aus einem zylindrischen oder trogähnlichen Gefäß, in dem sich das Mahlgut zwischen Mahlhilfskörpern befindet. Durch umlaufende Unbalanz oder auch durch Exzenterantrieb führt das Mahlgefäß Kreisschwingungen und der Inhalt bei

ausreichender Schwingungsbeschleunigung periodische Wurfbewegungen aus. Hierdurch wird das Mahlgut zerkleinert. Die ersten recht umfangreichen und grundlegenden Untersuchungen stammen von D. Bachmann [1]¹⁾. Diese Erkenntnisse wurden durch Arbeiten von S. Kießkalt [2], G. Linke [3], R. Herrmann [4], R. Liebold [5], W. Gründer [6]²⁾ u. a. erweitert. Von diesen Autoren wird hinsichtlich der Einwirkungen der Mahlkörper auf das Mahlgut u. a. mitgeteilt, daß die Zerkleinerung durch Stoß- und Reibungsvorgänge erfolgt. Es ist sicher, daß diese äußeren Beanspruchungen vorliegen. Für den Betrieb und die Konstruktion dieser Maschinen ist es wichtig zu wissen, wie groß die einzelnen Anteile unter verschiedenen Betriebsbedingungen sind. Eine Beantwortung dieser Fragestellung auf meßtechnischem Wege allein ist schwierig. Hier bietet sich der Forschungsfilm zur weiteren Klärung an, weil sich damit die Vorgänge in der Schwingmühle und vor allem die Art der äußeren Mahlgutbeanspruchung feststellen und verfolgen lassen. Die vorliegenden Untersuchungen beziehen sich nur auf die Trockenmahlung.

Die Aufnahmen liefern folgende Erkenntnisse:

- a. Durch die Wurfbewegungen sowie durch die dadurch ausgelösten Stoßvorgänge wird der Mahlbehälterinhalt aufgelockert. Infolge dieser mehr aerosolartigen Verteilung treten reibende Beanspruchungen (Zerkleinerungen durch Abrieb) in nur untergeordnetem Maße auf. Das Mahlgut wird wegen der periodischen Relativbewegungen zwischen den Mahlkörpern gegeneinander und zwischen diesen und dem Mahlbehälter durch Stoß und Schlag beansprucht. Der Umlauf des Mahlbehälterinhalts resultiert aus vielen Wurfbewegungen, wobei sich Mahlgut und Mahlkörper (bzw. Behälterwand) im wesentlichen nur im Augenblick des Stoßes, wie geschildert, berühren.
- b. Aus den Bewegungsvorgängen läßt sich abschätzen, daß die Stoßkräfte zwischen den Mahlkörpern und der Behälterwand in dem verwendeten Modell größer sind als diejenigen zwischen den Mahlkörpern unter sich.
- c. Durch die Wurfbewegungen des Mahlbehälterinhalts entstehen Luftströmungen. Diese transportieren das feinste Korn teilweise von den Stoßstellen fort (Abb. 1). Dieser als Transport- oder auch Sichteffect zu bezeichnende Vorgang verschlechtert die Zerkleinerung. Der Einfluß der Luftströmungen auf grobes Material ist gering.
- d. Der Sichteffect läßt sich z. B. durch ausreichendes Evakuieren beseitigen.

Dieses unter Punkt d genannte Ergebnis wurde u. a. meßtechnisch verfolgt. Abb. 2 zeigt die Oberfläche des Mahlgutes als das Vielfache der Oberfläche des Aufgabegutes in Abhängigkeit von der Mahldauer. Die in der Zeiteinheit erzeugte Oberfläche ist unter Vakuum aus oben genannten Gründen wesentlich größer.

¹⁾ Siehe Literaturverzeichnis am Ende des Textes.

²⁾ W. Gründer, Bewegung der Mahlkörper in Schwingmühlen. Wiss. Film C 205 d. Inst. f. d. Wiss. Film, Göttingen, Berlin 1937.

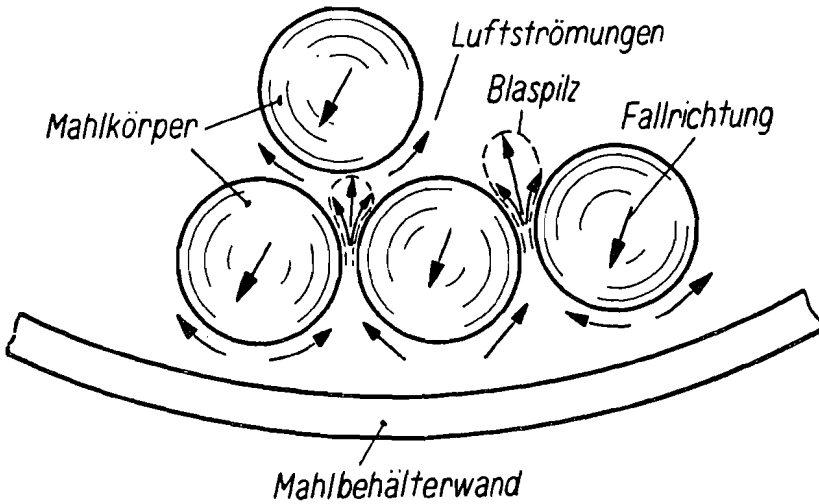


Abb. 1. Luftströmungen nach den Filmaufnahmen zwischen sich abwärts bewegenden Mahlkörpern

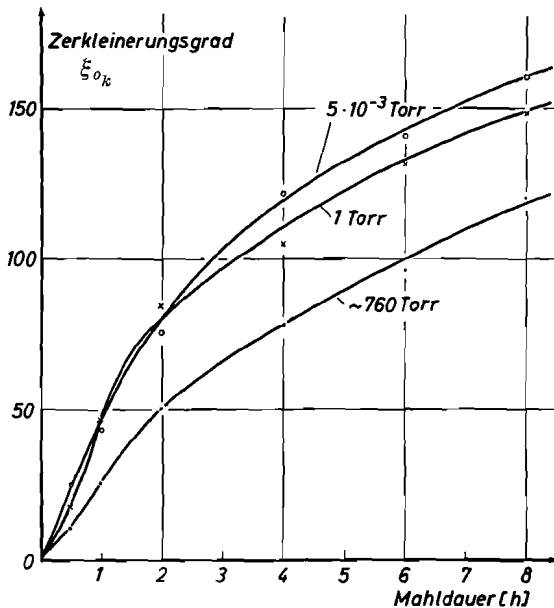


Abb. 2. Zerkleinerung von Quarz (0,5 bis 0,7 mm; Oberfläche = 110 cm²/g) in einer Kreisschwingmühle bei 1425 U/min.; einer Beschleunigungsziffer $z = 3,3$ und verschiedenen Drucken im Mahlgefäß

15 mm Mahlkugeln; Füllungsgrad $\approx 70\%$; ξ_{0k} = Zerkleinerungsgrad = Oberfläche des Mahlgutes / Oberfläche des Aufgabegutes

Um die interessierenden Erscheinungen bei der Trockenmahlung qualitativ erfassen zu können, wurde eine Modellmühle nach Abb. 3 gewählt. In einem zylindrischen Gefäß a von 110 mm Innendurchmesser und 25 mm Breite befinden sich Walzen aus Stahl. Diese besitzen einen Durchmesser von 15 bis 20 mm und eine Länge von etwa 24 mm. Die vordere Seite des Mahlbehälters, der in allen Fällen Kreisbewegungen mit einem Radius von 2,5 mm und 2200 U/min ausführt, ist durch eine leicht auswechselbare Hartglasscheibe abgeschlossen. Die Blindmasse c ist sowohl massen- als auch schwerpunktmäßig so ausgeführt, daß die geforderten Kreisschwingungen entstehen.

II. Erläuterungen zum Film

Modellschwingmühle mit walzenförmigen Mahlkörpern Mahlen von Quarz¹⁾

Der Film zeigt zunächst in einer Übersichtsaufnahme die Bewegungen des Mahlbehälterinhalts (Walzen und Quarzsand 1,2 bis 2,5 mm) bei normaler Geschwindigkeit und 50facher Zeitdehnung, anschließend die Vorgänge in den in Abb. 3 angegebenen Bildausschnitten 1 bis 4 in 80facher Zeitdehnung.

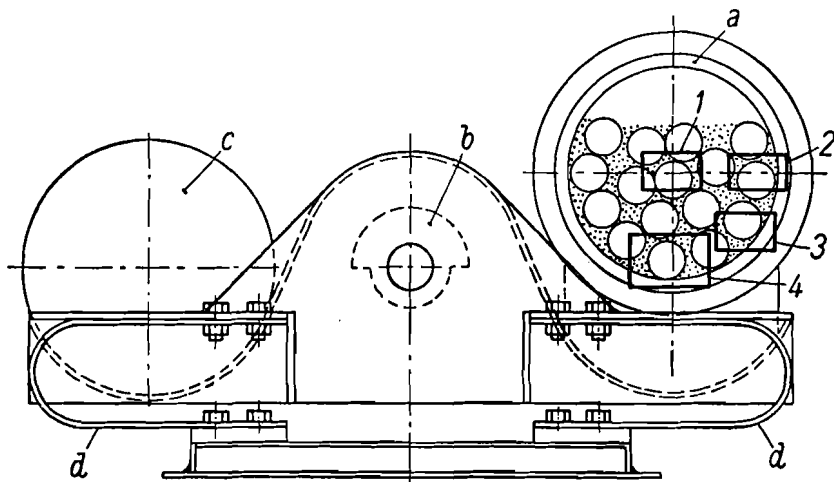


Abb. 3. Modellanlage zur Verfolgung von Vorgängen in der Schwingmühle mit Hilfe von Filmaufnahmen

a: Mahlbehälter, b: umlaufende Unbalanz, c: Blindmasse d: Federn

1—4: Bildausschnitte der Filmaufnahmen

¹⁾ Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.

Mahlen von Natriumthiosulfat — Kohle — Quarz

Danach wird, ebenfalls in 80 facher Zeitdehnung, die Zerkleinerung von Natriumthiosulfat, Steinkohle und wiederum Quarzsand im Ausschnitt 4 gezeigt. Aus diesen Aufnahmen folgt, daß der Mahlbehälterinhalt aerosolartig verteilt ist, und daß das Mahlgut durch Stoß bzw. Schlag beansprucht wird. Die Aufnahmen zeigen weiter, daß durch die Wurfbewegungen periodische Luftströmungen entstehen. Um die Auswirkungen dieser Erscheinung auf die Bewegungen des Mahlgutes besonders herauszustellen, wurde das Mahlgefäß mit Quarzsand von 40 bis 60 μ gefüllt. Unter diesen Bedingungen sind lebhafte Transportwirkungen durch Luftströmungen zu erkennen. Diese transportieren feines Mahlgut von den Stoßstellen fort (Abb. 1). Dieser für die Zerkleinerung nachteilige Vorgang läßt sich durch Verringern der Zähigkeit der Luft und damit der Schleppkraft vermindern. Besonders wirksam ist ein Evakuieren des Mahlgefäßes, falls der Druck soweit gesenkt wird, daß die freie Weglänge der Luftmoleküle die Größe der Mahlgutteilchen wesentlich übersteigt.

Mahlen von Quarz im Vakuum (0,1 Torr)

Der Film zeigt ferner die Zerkleinerung von groben (1,5 bis 2,5 mm) und auch feinen (40 bis 60 μ) Quarzteilchen bei einem Totaldruck von etwa 0,1 Torr (80fache Zeitdehnung). In diesem Zustand beträgt die mittlere freie Weglänge der Gasmoleküle etwa 450 μ , so daß die Fallgeschwindigkeit auch sehr feiner Körner bereits recht groß ist (starke Abnahme der Zähigkeit des Gases). Eine Transport- oder Sichtwirkung tritt daher kaum noch auf, wie an den nahezu gleichen Wurfbewegungen von Mahlkörpern und Mahlgut zu erkennen ist bzw. daran, daß der Blaspilz nach Abb. 1 fehlt.

Literatur

- [1] BACHMANN, D., Bewegungsvorgänge in Schwingmühlen mit trockener Mahlkörperfüllung. Z. V. D. I., Beiheft Verfahrenstechnik 1940, Nr. 2 S. 43—55.
- [2] KIESSKALT, S., Zur Verfahrenstechnik der Schwingmahlung. Z. V. D. I. 91 (1949) S. 313—15.
- [3] LINKE, G., Entwicklung der Schwingmühle für größere Mahlungen unter besonderer Berücksichtigung der Mahlkörperbewegung im schwingenden Behälter und der Form des Mahltroges. Diss. Bergak. Freiberg/Sa. 1943.
- [4] HERRMANN, R., Probleme der Feinzerkleinerung. Diss. Humboldt Univ. Berlin 1948
- [5] LIEBOLD, R., Die innere Kinetik von Schwingmühlen. Die Technik 7 (1952), S. 113—118.
- [6] GRÜNDER, W., 25 Jahre Schwingmühle. Staub 1957, H. 49 S. 214—234.

(Eingegangen am 23. 3. 1959)