

## Kurzbeitrag

DK 666.189.4:666.112.4:621.926.9

### Eisenfreie Feinstzerkleinerung von Glas in einer Gegenstrahlmühle

Von Ulrich Haese, Köln

(Mitteilung aus dem Institut für Mechanische Verfahrenstechnik im Ingenieurwissenschaftlichen Zentrum Köln-Deutz)

(Eingegangen am 21. Januar 1980)

#### Iron-free fine grinding of glass in a counter flow mill

#### Pulvérisation fine du verre sans contamination par le fer dans un broyeur à jets croisés

##### 1. Arbeitsweise und Eigenschaften der Gegenstrahlmühle

Strahlmühlen werden zur Feinzerkleinerung eingesetzt. Auf Grund der Arbeitsweise werden Spiralstrahlmühlen, Ovalrohrstrahlmühlen und Gegenstrahlmühlen unterschieden. Über Spiral- und Ovalrohrstrahlmühlen wurde von Muschelknautz u. a. [1] ausführlicher berichtet. Detaillierte Angaben über Arbeitsweise und Anwendung von Gegenstrahlmühlen finden sich bei Muschelknautz und Rink [2 bis 4] sowie bei Haese [5 und 6].

Alle Strahlmühlen sind dadurch gekennzeichnet, daß sie keine bewegten Teile besitzen. Gegenstrahlmühlen zerkleinern durch zwei gegeneinander gerichtete Gasstrahlen hoher Geschwindigkeit (z. B. je 200 m/s), die mit dem zu zerkleinernden Material beladen sind. Bild 1 zeigt die Trost-Gegenstrahlmühle. Die Bewegungsenergie der Gasstrahlen wird weitgehend auf die Partikel übertragen, so daß beim Zusammenprall der Körner in der Mahlkammer eine hohe Aufprallenergie zur Verfügung steht. Da nach diesem Prinzip Korn auf Korn prallt, ist ein Verschleiß der Mahlkammer- und Mühlenwände sehr gering. Das bestätigen Verschleißuntersuchungen an Edelstahlaukleidungen von Trost-Gegenstrahlmühlen von Huwald und Clement [7 und 8]. Darüber hinaus kann die Trost-Gegenstrahlmühle mit Kunststoffen, wie Urethan oder Teflon, ausgekleidet werden. Auch Aufgabetrichter und Strahldüsen können aus Kunststoff gefertigt werden, so daß das Zerkleinerungsgut auf dem ganzen Weg durch die Mühle nicht mit Metall in Berührung kommt.

Der Weg durch die Mahlanlage verläuft von dem Vibrationsaufgeber über den Aufgabetrichter und den Injektor mit Mischrohr in die Prallkammer (Bild 2). Im Injektor mit Mischrohr findet die Vermischung von Treibstrahl und Zerkleinerungsgut statt. Der Durchmesser des Mischrohres beeinflusst den Durchsatz der Mühle und die Mahlfeinheit des Produktes. Je kleiner der Durchmesser ist, desto geringer wird der Durchsatz und desto feiner wird das Mahlgut.

Der Weg durch die Mahlanlage verläuft von dem Vibrationsaufgeber über den Aufgabetrichter und den Injektor mit Mischrohr in die Prallkammer (Bild 2). Im Injektor mit Mischrohr findet die Vermischung von Treibstrahl und Zerkleinerungsgut statt. Der Durchmesser des Mischrohres beeinflusst den Durchsatz der Mühle und die Mahlfeinheit des Produktes. Je kleiner der Durchmesser ist, desto geringer wird der Durchsatz und desto feiner wird das Mahlgut.

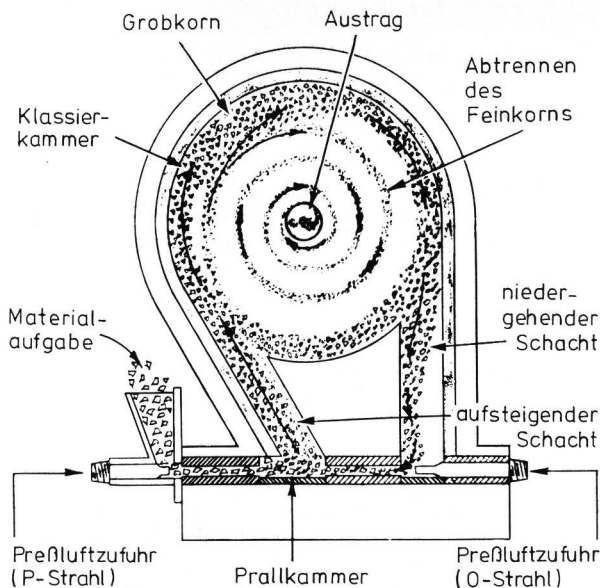


Bild 1. Prinzipische Skizze der Trost-Gegenstrahlmühle.

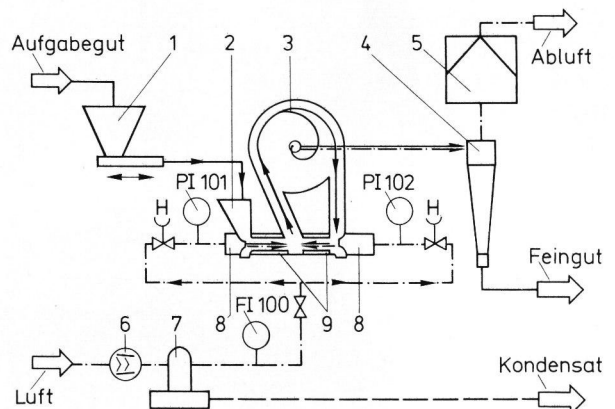


Bild 2. Fließschema und Apparatestammbaum einer Gegenstrahlmahl-anlage.

- |                                    |                    |
|------------------------------------|--------------------|
| 1: Vibrationsaufgeber              | 5: Staubabscheider |
| 2: Aufgabetrichter der Strahlmühle | 6: Kompressor      |
| 3: Strahlmühle                     | 7: Kühlfalle       |
| 4: Zyklon                          | 8: Strahldüse      |

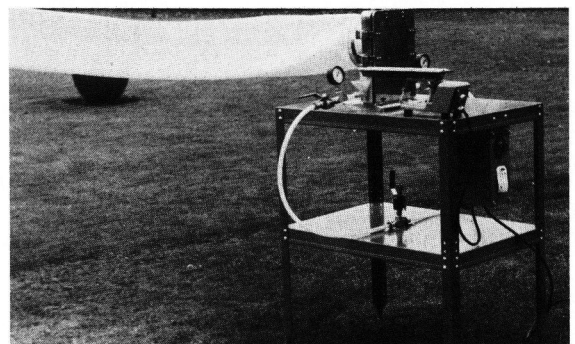
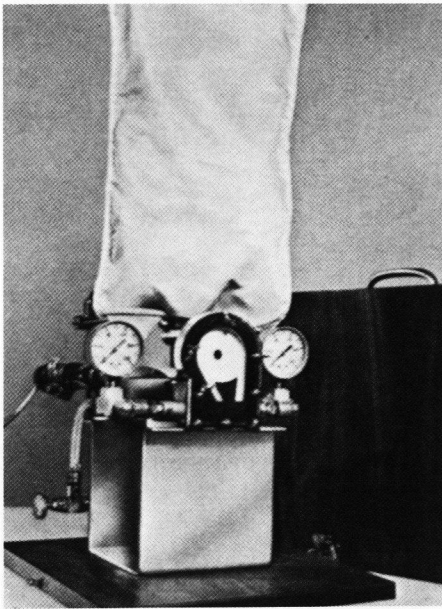
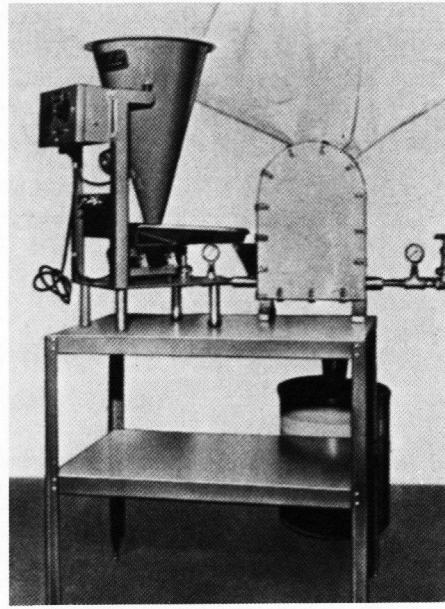


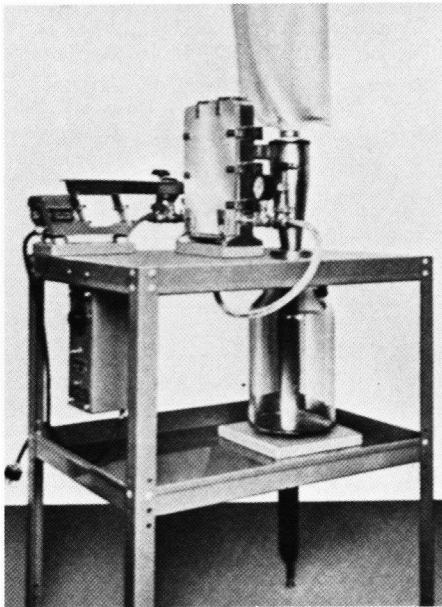
Bild 3. Gegenstrahlmühle Typ LABOR TX ohne Zyklon.



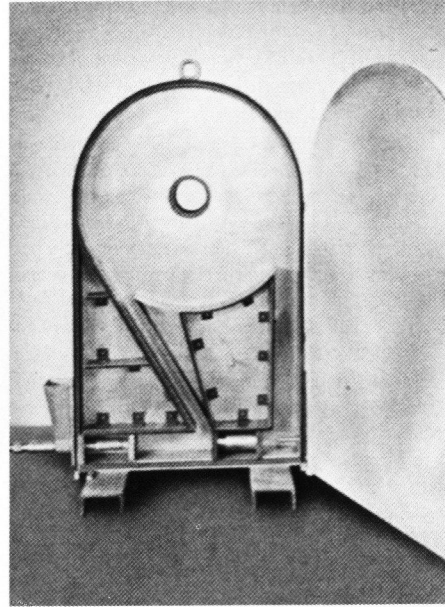
a)



b)



c)



d)

Bilder 4a bis d. Gegenstrahlmühlen. a) Typ Forschung GEM-T, b) Typ LABOR TX, c) Typ T-15, d) Typ T-30.

Nach dem Zusammenprall der Körner in der Prallkammer, in welcher der Aufgabestrahle (P) und der ebenfalls beladene Gegenstrahl (O) zusammentreffen, strömt das Gas-Feststoffgemisch über den aufsteigenden Kanal tangential in den Spiralwindsichter ein (Bilder 1 und 2). Im Sichter findet die Trennung von Körnern statt, die bereits eine hohe Kornfeinheit erreicht haben und solchen, die einer weiteren Zerkleinerung bedürfen. Die letzteren, das Grobkorn, gelangt über den niedergehenden Kanal in den Gegenstrahl und wird mit diesem erneut in die Prallkammer eingespeist (Bild 1). Dieser Vorgang wiederholt sich so lange, bis das Zerkleinerungsgut die notwendige Feinheit erreicht hat.

Das Feingut im Sichter wird mit dem Gas aus dem zentralen Austrittsloch des Sichters ausgetragen und gelangt in den Zyklon (Bild 2). Im Zyklon werden Trägergas und Feingut voneinander getrennt. Das Feingut sammelt sich in einem Behälter am Unterlauf des Zyklons. Das Gas verläßt den Zyklon oben durch das Tauchrohr. Es wird in einem anschließenden Filtersack entstaubt (Bild 2).

Ist beabsichtigt, das Feingut auch im Zyklon nicht mit Metall in Berührung kommen zu lassen oder auch den abgeschiedenen Staub im Filtersack zu gewinnen, so kann der Zyklon aus dem Verfahrensgang herausgenommen werden. Dann wird der Filtersack direkt an den Sichteraustrag angeschlossen (Bild 3), oder das Feingut-Gas-Gemisch wird zur Weiterverarbeitung direkt einem nachfolgenden Apparat zugeführt. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, den Zyklon ebenfalls in Kunststoff, z. B. in Vulkollan, auszuführen und ihn dann im Verfahrensgang zu belassen.

## 2. Feinstmahlung von Glas

Die Mahlanlage zur Feinstmahlung von Glas wurde in einem Betrieb für Elektronik-Werkstoffe eingerichtet. Als Mühltyp wurde die Gegenstrahlmühle Typ LABOR TX gewählt (Bilder 4a bis d). Die Betriebsdaten dieser Mühle sind in Tabelle 1 aufgeführt. Daraus ist zu entnehmen, daß der Durchsatz dieser Mühle 0,25 bis 25 kg/h

Tabelle 1. Betriebsdaten von Gegenstrahlmühlen der Firma A. Bauermann & Co., Solingen

Modell	Laborgeräte			Produktionsanlagen		
	FORSCHUNG GEM-T	LABOR TX	T-15	T-30	T-40	T-60
Durchsatz in kg/h	bis 1,0	0,25 bis 25	2,5 bis 65	24 bis 225	140 bis 550	450 bis 3600
Abmessungen in cm (Höhe × Breite × Länge)	im Tragekasten 41 × 31 × 38	einschl. Tisch 117 × 50 × 70	einschl. Tisch 175 × 61 × 90	nur Mühle 102 × 79 × 26	nur Mühle wie T-30	nur Mühle 183 × 122 × 30
maximale Aufgabekorngröße in mm	0,9	1,7	3,1	8	16	16
Luftbedarf <sup>1)</sup> bei 7 bar in m <sup>3</sup> /min (Normalwerte in Klammern)	0,15 bis 0,2 (0,184)	0,57 (0,57)	1,7 bis 2,8 (2,8)	9,5 bis 14,4 (11,3)	7,4 bis 14,4 (11,3)	16,7 bis 62,5 (28,5)
Dampfverbrauch bei 10,5 bar, 288 °C in kg/h	7,7	20	112	406	406	1170
Mischrohrdurchmesser in mm	3,2	5,56; 6,35; 7,14; 7,94; 8,73	7,94; 8,73; 9,52; 10,32; 11,11	19,0	19,0	31,75
Durchmesser des Austrittsfutterringes in mm	11,2	25,4; 31,75; 34,92; 38,1;	34,92; 38,1; 41,27; 44,45; 50,8	88,0; (76)	88,0	114,3

<sup>1)</sup> Luft im Normzustand.

Tabelle 2. Korngrößen und spezifische Oberflächen von Bleiglaspulver nach Zerkleinerung in der Gegenstrahlmühle Typ LABOR TX

Aufgabematerial	maximale Korngröße d <sub>max</sub>	zentrale Korngröße d <sub>50</sub>	spez. Oberfläche S	
	in µm	in µm	mit N <sub>2</sub> -Adsorption in m <sup>2</sup> /g	nach Blaine in m <sup>2</sup> /g
Aufgabematerial	20	2,8	2,1	0,58
1. Zerkleinerungs-Stufe (2 Durchgänge)	10	1,8	2,5	0,71
2. Zerkleinerungs-Stufe (6 Durchgänge)	6	1,5	2,9	1,12

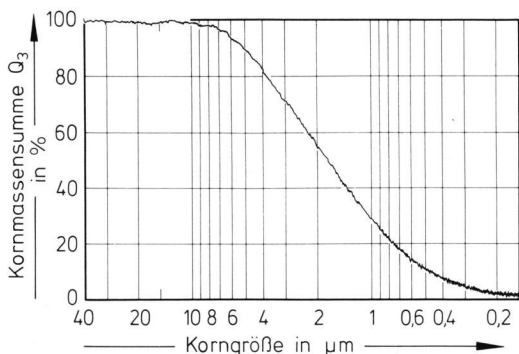


Bild 5. Kornsummenverteilung Q<sub>3</sub>(d) des strahlgemahlene Bleiglasses (m = 3,3 kg/h, p<sub>1</sub> = 12 bar).

betragen kann, je nach geforderter Feinheit und Materialeigenschaften.

Als Zerkleinerungsgut diente ein Bleiglas mit etwa 65 % PbO, 34 % SiO<sub>2</sub> sowie 1 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Alkalioxide. Das spezifische Gewicht ergab sich zu ρ = 4,55 g/cm<sup>3</sup>. Für die Treibluft der Mühle wurde als Betriebsdruck p<sub>1</sub> = 12 bar gewählt. Als Aufgabegut diente ein bereits stark vorzerkleinertes Glaspulver mit einer Korngröße < 20 µm. Die mittlere Korngröße der Verteilung lag bei d<sub>50</sub> = 2,8 µm. Diese schon sehr feine Glaskörnung sollte in der Strahlmühle auf eine noch höhere Feinheit gebracht werden. Das Ergebnis der Vermahlung ist in Bild 5 bei einem Durchsatz von 3,3 kg/h gezeigt. Die Summenkurve wurde mit dem Sedigraph 5000 von Coulter Electronics aufgenommen. Sie zeigt eine Kornverteilung < 10 µm bei einem Zentralwert d<sub>50</sub> = 1,8 µm an. Bei mehrmaligem Durchgang des Materials durch die Mühle ist eine weitere Steigerung der Feinheit zu erzielen, z. B.

konnte die Feinheit des Glaspulvers bei sechsmaligem Durchgang auf  $< 6 \mu\text{m}$  gesteigert werden. Die mittlere zentrale Korngröße lag dann bei  $d_{50} = 1,5 \mu\text{m}$ .

Der Zerkleinerungsfortschritt nach sechsmaligem Durchgang erscheint gering, jedoch zeigt Tabelle 2, daß die gleiche Oberflächenvergrößerung erreicht worden ist wie im ersten Schritt, nämlich jeweils  $0,4 \text{ m}^2/\text{g}$  spezifische Oberfläche.

Die Bestimmung der spezifischen Oberfläche erfolgte nach der Stickstoffadsorptionsmethode mit dem Areameter von Ströhlein. Außerdem wurde die spezifische Oberfläche nach der Permeabilitäts-

methode nach Blaine bestimmt. Wie Tabelle 2 zeigt, vergrößert sich die spezifische Oberfläche nach dieser Meßmethode von  $0,58$  auf  $0,71 \text{ m}^2/\text{g}$  und bei sechsmaligem Durchgang auf  $1,12 \text{ m}^2/\text{g}$ , d. h. auf mehr als dreimal so viel wie bei zweimaligem Durchgang.

Hier zeigt sich, wie so häufig in der Praxis, daß die Blaine-Methode die tatsächlichen Verhältnisse oft besser wiedergibt als die  $\text{N}_2$ -Adsorption. Denn nach Rittinger ist die Oberflächenvergrößerung bei der Zerkleinerung proportional zur aufgewendeten Zerkleinerungsenergie und bei sechsmaligem Durchgang wurde dreimal so viel Zerkleinerungsenergie aufgewendet wie in der ersten Zerkleinerungsstufe.

### 3. Literatur

- [1] Muschelknautz, E.; Giersiepen, G. und Rink, N.: Strömungsvorgänge bei der Zerkleinerung in Strahlmühlen. Chem.-Ing.-Techn. **42** (1970) S. 6–15.
- [2] Muschelknautz, R. und Rink, N.: Neuere Untersuchungen an Strahlmühlen. Verfahrenstechn. **5** (1971) S. 225–230.
- [3] Rink, N.: Laval-Strahlrohre zur Strahlmahlung. Verfahrenstechn. **8** (1974) S. 273–277.
- [4] Rink, N.: Die Gutbeschleunigung in Laval-Strahlrohren und ihre Anwendung zur Strahlmahlung. Universität Karlsruhe, Diss. 1974.
- [5] Haese, U.: Die Zerkleinerung in Gegenstrahlmühlen. Chemie-Anlagen Verfahren (1970) S. 50–55, 99–97. Verfahrenstechn. **4** (1970) S. 346.
- [6] Haese, U.: Erzeugung feinsten Körnungen durch Gegenstrahlmahlung. Verfahrenstechn. **10** (1976) S. 368–378.
- [7] Huwald, E. und Clement, M.: Zerkleinerung und Verschleiß in einer Gegenstrahlmühle. Chem.-Ing.-Techn. **47** (1975) S. 299.
- [8] Clement, M. und Huwald, E.: Mahlung und Verschleiß in Trommel- und Strahlmühlen. In: Rumpf, H. und Schönert, K. (Hrsg.): Zerkleinern. Vorträge des 4. Europäischen Symposiums Zerkleinern, Nürnberg, 15.–17. Sept. 1975. Weinheim: Verl. Chemie 1976. S. 235–252. 80R1121