

# Energie: Eintrag und Bedarf

Ökonomische Strahlmahlung anorganischer Stoffe & Trockenmahlung bis in den Nanobereich

Die ökonomische Aufbereitung hochwertiger Produkte und die Trockenvermahlung von Pulvern bis in den Submikron-Bereich sind zwei Themen von höchster Bedeutung für Hersteller von mineralischen Pulvern und anderer anorganischer Stoffe. Im Hinblick hierauf wurden zwei neue Strahlmahlprozesse entwickelt. Der vorliegende erste Teil dieses Artikels wird sich mit dem Konzept des diskreten Energieeintrags und des Gesamtenergieeintrags in Strahlmahlssystemen befassen und damit, wie eine effiziente Entwicklung der diskreten Energie den Gesamtenergieeintrag optimieren und den Energiebedarf von Strahlmahlung erheblich verringern kann.

## Konventionelle Produktionsverfahren

Trockenmahlverfahren können verwendet werden um industrielle Mineralien und andere anorganische Stoffe mit Korngrößen um die 2 µm herzustellen. Dies erfolgt in der Regel in einer Kugelmühle mit nachgeschal-

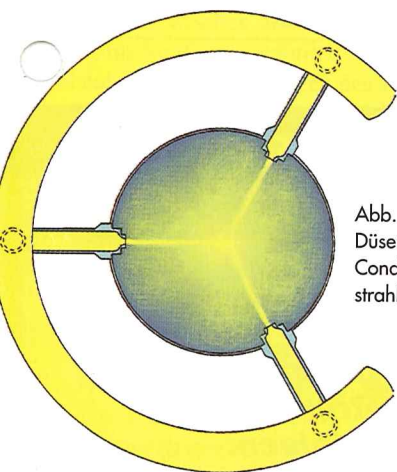


Abb. 1: Das Düsenprinzip der Condux-Fließbettstrahlmühle CGS

teter Sichter, oder für hochwertige Stoffe, in einer Strahlmühle. Bis heute war es jedoch nur möglich Korngrößen im Nanobereich durch Nassmahlung zu erzielen. Allerdings ist der Nachteil bei vielen Anwendungen die Notwendigkeit das Produktpulver mit erheblichem Kostenaufwand anschließend zu trocknen. Deswegen ist die Herstellung feinsten Korngrößen durch Trockenmahlung anzustreben. Die Schlüsselfrage bleibt, wie kann man dieses auf ökonomische Weise erreichen?

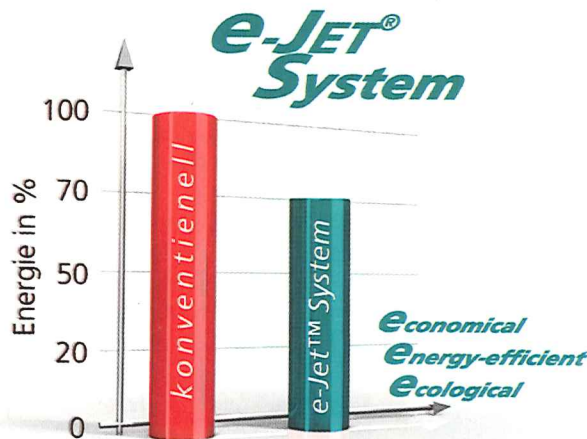
## Der Energiefluss in einer Strahlmühle: Druckluft ökologischer erzeugen

Adiabate Energie ist die Energie, die überwiegt in dem Moment, in dem das Mahlgut zwischen zwei oder mehr Energieströme zu feineren Partikeln zertrümmert werden. In der Vergangenheit wurden zweistufige Kompressoren für die ideale Methode gehalten um adiabate Energie zu erzeugen. Dies ist jedoch nicht unbedingt die beste Nutzung von Energie.

Für die Erzeugung ölfreier Druckluft bei 10 bar(ü), beispielsweise, kann ein zweistufiger Kompressor gewählt werden. In der ersten Stufe bedeutet dies, dass die Luft auf 3,5 bar(ü) bei einer Temperatur von 180°C verdichtet wird. Eine zweite Stufe wird benötigt um 10 bar(ü) Verdichtungsdruck zu erreichen. Da die mechanische Umgebung einer Belastung von 180°C nicht standhalten kann, muss mittels Zwischenkühler zuerst die Temperatur auf 40°C gesenkt werden, mit der Folge dass die dadurch entnommene Wärme für immer verloren geht. Oft wird nach der zweiten Verdichtungsstufe eine zweite Kühlstufe eingesetzt um die Temperatur des Gases auf 30°C zu reduzieren. (manche Mühlausführungen können hohen Temperaturen ebenfalls nicht standhalten.) Letztendlich wird die gesamte Verdichtungswärme verschwendet.

## Erheblicher Kostenfaktor: Abwärme

Die Abwärme ist nicht nur ein Verlust erzeugter Energie, sie schlägt sich auch in den



Netzsch Condux  
auf der  
**ACHEMA**  
Halle 6.0  
Stand F 36-G 40

Was 1924  
begann...

Mit einer hochspezialisierten Produktpalette und einem kundenorientierten Service bietet Ihnen NARA Machinery seit über 80 Jahren für jede Aufgabe bei einer Verarbeitung von pulverförmigen Feststoffen eine maßgeschneiderte Lösung. Vereinbaren Sie doch einfach einen Besuchstermin bei Ihnen oder bei uns in Frechen.



Abb. 2: Die Condux-Fließbettstrahlmühle CGS

Betriebskosten des Kompressors nieder. In unserem Beispiel wird nur ungefähr 58 % der Energiezufuhr zum Kompressor (Kompressor-effizienz) von der Mühle genutzt.

Eine effizientere Alternative ist der Einsatz eines einstufigen Niederdruckkompressors. Damit wird die Luft in einer einzigen Verdichtungsstufe auf maximal 3,5 bar(ü) verdichtet bei einer Temperatur von bis zu 225 °C. Eine Zwischenkühlung ist nicht notwendig, wodurch die Energie erhalten bleibt und auch völlig genutzt werden kann. Eine Kühlung der Luft nach dem Kompressor ist ebenfalls nicht notwendig. Das Ergebnis ist eine verbesserte Effizienz von ca. 78 %.

Die erhöhte Effizienz des einstufigen Niederdruckverfahrens spart ca. 30% mehr Energie im Vergleich zum zweistufigen Hochdruckverfahren. Dies bedeutet jedoch nicht, dass dieses Verfahren (e-JET) das zweistufige Hochdruckverfahren für jede Anwendung ersetzt. Das neue e-JET System ist immer noch an bestimmte Voraussetzungen gebunden. Es muss bspw. sichergestellt werden, dass sich die Produkteigenschaften des Materials, welches dem Mahlprozess zugeführt wird, unter hohen Temperaturen nicht verändern (bis zu 225 °C). Zu dieser Kategorie gehören fast alle organischen Stoffe. Zusätzlich muss ge-

klärt werden, dass der Verbrauch der adiabaten Energie im e-JET Verfahren, den des Hochdruckverfahrens nicht übersteigt. Dies trifft bei vielen anorganischen Stoffen ebenfalls zu.

### Mehr Stoßkraft für den einzelnen Energiestrahl

Wie bereits erwähnt, findet die Zerkleinerung von Partikeln statt, wenn Sie zwischen zwei Energieströme geraten und zu vielen Klein- und Kleinstpartikeln zertrümmert werden. Die Geschwindigkeit bei der dieses stattfindet, spielt eine entscheidende Rolle. Die Korngröße, auf die das Mahlgut zerkleinert wird, wird letztendlich von der Umlaufgeschwindigkeit festgelegt. Der logische Rückschluss ist, dass dem einzelnen Energiestrahle mehr Stoßkraft (Stoßenergie) verliehen werden muss. Stoßenergie ist einfach gesagt die kinetische Energie oder die Hälfte der Partikelmasse multipliziert mit ihrer Umlaufgeschwindigkeit im Quadrat, auch „diskreter Energieeintrag“ genannt.

Auf der anderen Seite steht der Gesamtenergieeintrag; der gesamte adiabate Energiestrahle, der an die Mühle weitergegeben wird und ein Faktor für die Gesamtkapazität der Mühle ist. Der Gesamtenergieeintrag berücksichtigt die Temperatur und Geschwindigkeit sowie das Gesamtvolumen.

Eine Erhöhung der Stoßenergie hängt von einer Erhöhung der Strahlgeschwindigkeit ab. Durch die „Saugkraft“ der Strömungsmechanik werden die Partikel von der Strahlenergie komplett angesaugt und in den Hochgeschwindigkeitsstrahl auf die Strahlgeschwindigkeit beschleunigt. Dies bedeutet auch, dass die Geschwindigkeit der Partikel von der Strahlgeschwindigkeit abhängig ist, das heißt dass die Umlaufgeschwindigkeit der Partikel nie die Strahlgeschwindigkeit übersteigen kann.

Vergleichen wir einmal die Stoßenergie der beiden oben beschriebenen Verfahren. Die Strahlgeschwindigkeit des zweistufigen Kompressors im ersten Beispiel beträgt 550 m/sec bei einem Ausgangsdruck von 10 bar(ü) und einer Temperatur von 30 °C.

Der zweite Teil dieses Artikels wird in der August-Ausgaben von CITplus beschreiben, wie Dampf als Mahlmedium einen signifikant höheren diskreten Energieeintrag liefert um die Zerkleinerungsfähigkeit von Strahlmühlen zu erhöhen und gleichzeitig die Eigenschaften des Dampfes zu nutzen um den Klassierungsprozess aufzuwerten und damit Produktfeinheiten zu erreichen, die mit einem Trockenmahlprozess bislang nicht möglich waren. Dieses neue Dampf-Mahlverfahren wird übrigens zur diesjährigen Achema erstmals vorgestellt und im Stammwerk des Herstellers (Nähe Frankfurt) live demonstriert! Nähere Info's hierzu unter [www.netzsch-grinding.com](http://www.netzsch-grinding.com).

#### ACHEMA-Vortrag

Dieser Beitrag basiert auf einem Vortrag, den der Autor während der ACHEMA am Montag den 11. Mai 2009 um 14:00 Uhr im Raum Spectrum des Kongresszentrums hält.

Verglichen damit beträgt die Strahlgeschwindigkeit des einstufigen Kompressors 572 m/sec bei einem Ausgangsdruck von 3,5 bar(ü) und einer Temperatur von 225 °C. Die kinetische Energie der Partikel vor dem Aufprall (diskreter Energieeintrag) und damit auch des Brechens, ist das Ergebnis der Strahlgeschwindigkeit, welche fast gleich ist, jedoch mit wesentlich weniger Druck.

**Autor Stephen Miranda,**  
Leiter Vertrieb von Netzsch-Condux

#### Kontakt

**Netzsch-Condux Mahltechnik GmbH,**  
Hanau  
Tel.: 06181/50601  
Fax: 06181/571270  
[info\(at\)ncx.netzsch.com](mailto:info(at)ncx.netzsch.com)  
[www.netzsch-grinding.com](http://www.netzsch-grinding.com)

Besuchen Sie uns auf der  
**ACHEMA 2009**  
Halle 6.0 - Stand F13-F17

TROCKNUNG

ZERKLEINERUNG

PARTIKEL DESIGN

...gilt auch heute: Maßgeschneiderte Lösungen  
in der Pulververarbeitung.



**NARA**