

# Weiß und Fein

## Betriebssichere und effektive Puderzuckervermahlung



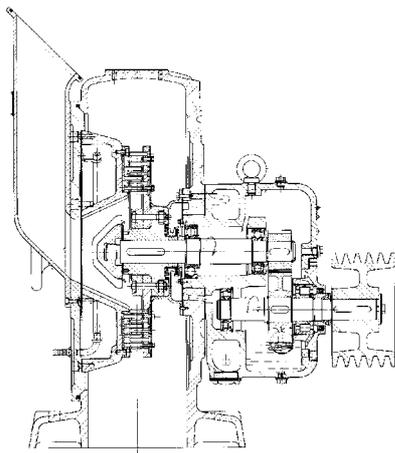
Egal ob als feine Glasur auf Kuchen und Keksen, zur Herstellung von Süßwaren und Getränken, oder auch nur zur optischen Abrundung von leckeren Nachspeisen, die weißen Zuckerkrystalle sind in unseren Breitengraden für die Süßung von Lebensmitteln nicht mehr wegzudenken. Außer dem hauptsächlich verwendeten „groben“ Kristallzucker bzw. der Zuckerraffinade wird für viele Anwendungen in Haushalt und Industrie die deutlich feinere Form des Zuckers (Puderzucker) benötigt. Die Herstellung dieses feinen Zuckers erfolgt auf dem Wege der mechanischen Zerkleinerung von Zuckerkrystallen auf modernen Prallmühlen.

Heute wird etwas über die Hälfte des weltweit erzeugten Zuckers aus Zuckerrohr gewonnen, das in tropischen und in subtropischen Gebieten wächst. Zu den größten Zuckerlieferanten, die Zucker aus Zuckerrohr herstellen, zählen Brasilien, Kuba, Kasachstan, Mexiko, Indien, Australien, Thailand, China und die USA. Der Rest des Zuckers stammt fast ausschließlich aus der Zuckerrübe, die in gemäßigttem Klima gedeiht. Im größten Teil Europas gewinnt man den Zucker aus der Zuckerrübe, der chemisch, als auch geschmacklich absolut identisch ist. Zu den Hauptezeugerländern gehören Russland, die Ukraine, Deutschland, Frankreich und Polen. Bevor die

eigentliche Puderzuckervermahlung überhaupt beginnen kann, liegt aber der Prozess der eigentlichen Zuckergewinnung:

Die Rüben werden nach dem Ernten gewaschen und kleingeschnitten. Mit heißem Wasser wird der Zucker aus den Rüben extrahiert und es entsteht der sogenannte Rohsaft. Dieser wird gereinigt und eingekocht bis Zuckerkrystalle entstehen. Wird dieser Rohzucker noch einmal dem sogenannten Kristallationsverfahren unterzogen und damit eine weitere Reinigung durchgeführt, entsteht der Raffinadezucker (Haushaltszucker).

**NETZSCH**



Grafik 1

Puderzucker wird durch Mahlen der Zuckerkristalle hergestellt. Dabei wird die Raffinade so fein vermahlen, dass die Kristalle mit bloßem Auge nicht mehr erkennbar sind. Die gebrochenen Kristalle bewirken eine vielfache Lichtbrechung; dadurch erscheint Puderzucker besonders rein weiß. Puderzucker löst sich schnell auf und wird zur Herstellung von Glasuren verwendet sowie zum Bestäuben und Dekorieren von Süßspeisen und Backwaren. Von der gesamten Produktion des Raffinadezucker werden ca. 5 - 10% zu Puderzucker vermahlen, wobei auch hier wiederum der geringere Anteil in die Haushalte geht.

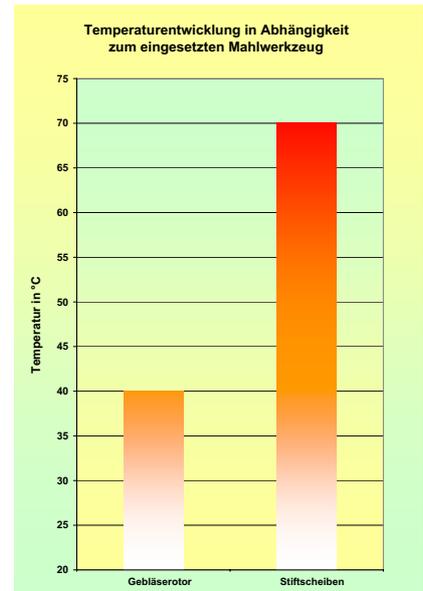
Die Puderzuckerermahlung erfolgte von jeher mechanisch. Wurden früher fast ausschließlich konventionelle Stiftmühlen (Grafik 1) eingesetzt, erreicht man heutzutage mit sogenannten Gebläsemühlen deutlich höhere Durchsätze bei vergleichbarer Mühlengröße. Die üblichen Puderzuckerfeinheiten liegen bei 80 – 95% < 100 µm (Grafik 2), mit deutlicher Tendenz zur höheren Feinheit. Wichtiger noch als hohe Mühlen-

durchsätze und Produktfeinheiten sind bei Einsatz der Gebläsemühle die höheren Produktqualitäten durch geringeren Invertzuckergehalt zu bewerten, die sich durch eine prinzipiell niedrigere Mahltemperatur ergeben. Konstruktionsbedingt erzeugt der in der Mühle eingebaute Gebläserotor ein höheres Luftvolumen gegenüber den früher eingesetzten Stiftscheiben, was zu einer ca. 30°C geringeren Temperatur führt. Vergleichsversuche mit beiden Mahlsystemen im NETZSCH-CONDUX-Technikum in Hanau auf einer Universalmühle Typ CUM zeigten für das Gebläserotorsystem eine Temperatur von 30 - 40°C zu 60 - 70°C mit Stiftscheiben (Grafik 3).

Ein weiterer Vorteil der großen Luftmenge ist die Möglichkeit die Mühle selbstansaugend zu betreiben, d. h. den Zucker über eine Ansaugrohrleitung pneumatisch der Mühle zuzuführen. Sich hierdurch ergebende flexiblere Aufstellungsvarianten kommen insbesondere dem Betreiber der Mahlanlage zu Gute. Spart er doch evtl. erforderliche zusätzliche mechanische Aggregate oder Pneumatiken um den Zucker erst auf eine Höhe oberhalb des Mühleneinlaufes zu fördern. Die Aufstellung von Zuckersilo und Mahlanlage auf einer Ebene nebeneinander ist so die einfachste Variante!

Die Funktion der Universalmühle CUM in Verwendung als Gebläsemühle wird anhand der Grafik 4 deutlich: Die Aufgabe des Zuckers erfolgt direkt im Zentrum der Maschine.

Ein massiver Rotor ist mit einer Vielzahl auswechselbarer Schlagleisten bestückt und wird mit einer Umfangsgeschwindigkeit von bis zu 110 m/sec betrieben. Die Produktbeanspruchung erfolgt durch ein Prall- und Scherzerkleinerung. Während des Mahlvorganges prallt der aufgegebene Kristallzucker auf die Schlagleisten des Rotors und



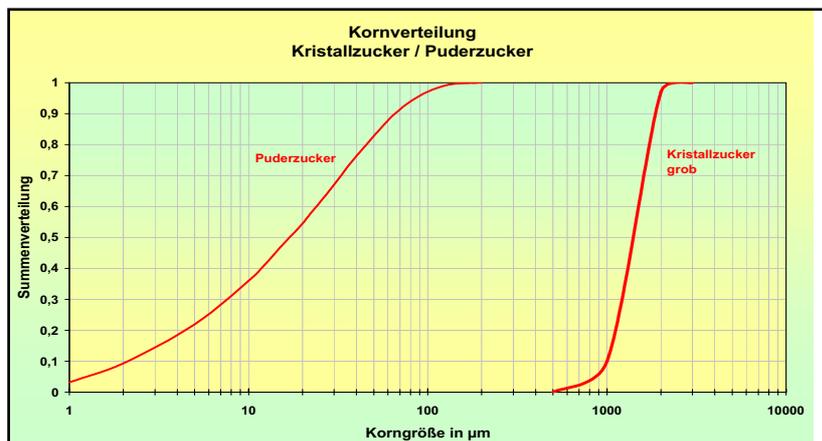
Grafik 3

wird von diesen radial nach außen auf den Statorkorb geschleudert. Im Windschatten der Schlagleisten wird das Teilchen wieder angehoben und erneut von den nachfolgenden Schlagleisten erfasst. Die Anpassung der Puderzuckerfeinheit wird durch verschiedene Statorbestückung und/oder Drehzahlvariation des Rotors möglich. Für die Herstellung von Puderzucker wird der Stator üblicherweise mit einem durchgehenden Siebkranz bestückt. Die Durchsatzleistung der Mühle ist in Abhängigkeit zur gewünschten Feinheit zu betrachten (Grafik 5). Je nach Zielfeinheit werden verschiedene Sieblochungen und Siebausführungen (Querschlitze- oder „Conidur“-Siebe) eingesetzt und/oder die Rotordrehzahl angepasst.

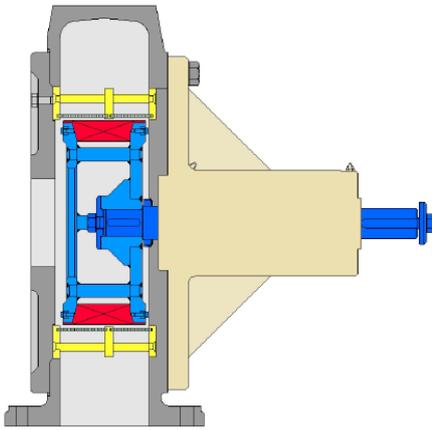
Nach heutigem Erkenntnisstand eignet sich die Universalmühle CUM mit Gebläserotor am besten zur Herstellung handelsüblicher Puderzuckersorten. Aufgrund ihrer Vorteile hat sie sich auf dem Markt durchgesetzt.

Bis vor wenigen Jahren war es in der Zuckerverarbeitung durchaus üblich die „Pudermühle“ in Normalstahl einzusetzen. Mittlerweile setzen sich aber die in der Lebensmittelindustrie üblichen Edelstahl Ausführungen auch hier durch. Alle produktberührten Teile der Mühle bzw. der gesamten Mahlanlage werden in Werkstoffen 1.4301, 1.4541 oder sogar 1.4571 gefertigt.

Entscheidend geprägt wurde die Entwicklung der „Puderzuckerermahlung“ aber auch in der Maschinen- und Anlagentechnik durch neue Erkenntnisse in der Theorie der Staubexplosionen, und der damit verbundenen Umsetzung moderner Sicherheitskonzepte.



Grafik 2



Grafik 4

Der immer höher anzuwendende Sicherheitsstandard erforderte neue Konzepte bei der Aufstellung und Anordnung der Mahlanlage. Bei der mechanischen Zerkleinerung von Zucker (Staubexplosionsklasse: St1; max. Explosionsüberdruck 9 bar; KSt-Wert 140 bar m/s) kann die Gefahr einer Staubexplosion nicht ausgeschlossen werden, da Fremdkörper innerhalb des Mahlraums sowie ein Siebruch zur Funkenerzeugung und damit zu einer Explosion führen können. Hinzu kommen evtl. äußere Einflüsse wie z. B. statische Entladungen usw. Eine Explosion ließe sich dann nur unter inerten Bedingungen (Stickstoffinertisierung) vermeiden, was jedoch in der Lebensmittelindustrie aufgrund der Betriebskosten nur sehr selten eingesetzt wird. Aus diesem Grund sind andere geeignete konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen notwendig. Für die Verarbeitung von Zucker setzt man im Regelfall zwei unterschiedliche Sicherheitskonzepte ein.

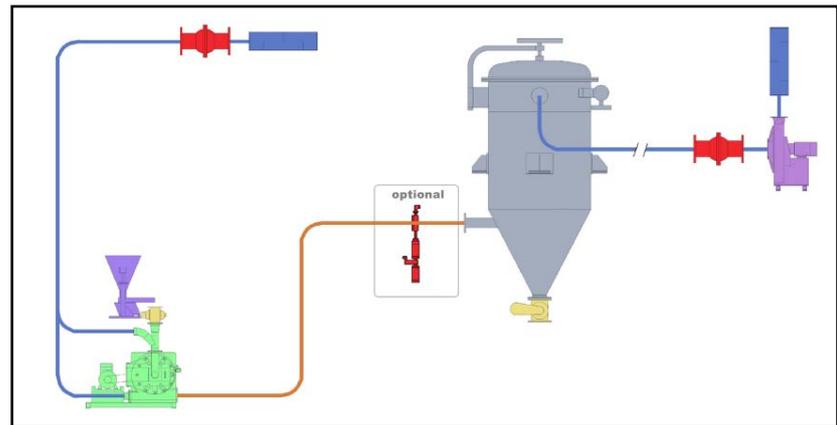
**explosionsdruckstoßfeste Bauweise bis 10 bar (ü)**

Die komplette Mahlanlage (Grafik 6) wird vor den Auswirkungen einer Explosion geschützt, indem sie für den maximalen Explosionsdruck ausgelegt wird. Eine solche Anlagenkonzeption bedeutet, dass die Mühle, der Filter sowie alle Rohrleitungen und Komponenten für einen Explosionsdruck von 10 bar (ü) ausgelegt sein müssen. Zusätzlich muss in der Ansaug- und Abluftrohrleitung jeweils ein „Ventex“-Ventil vorge-sehen werden. Der Produktein- und -austrag wird jeweils mit einer druckstoß- und flammendurchschlagsicheren Zellenradschleuse entkoppelt.

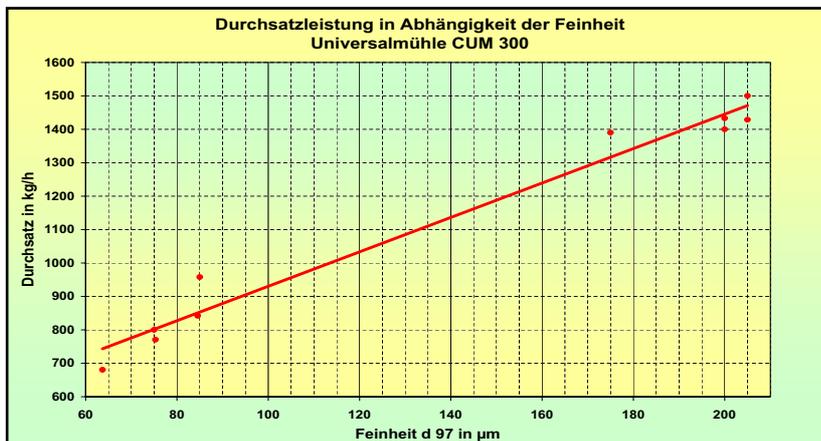
Wichtig hierbei ist außerdem der räumliche Abstand zwischen einzelnen größeren Komponenten, die aus explosionstechnischer Sicht als „Behälter“ zu betrachten sind. Die komplette Mahlanlage gilt hiernach als „ein Behälter“ wenn der Abstand

zwischen den Komponenten, also der eigentlichen Mühle und dem üblicherweise eingesetzten Staubfilter kleiner als 3 m beträgt. Im Falle einer stattfindenden Explosion nimmt man an, dass diese dann praktisch gleichzeitig im gesamten System stattfindet.

Ist der Rohrleitungsabstand zwischen Zuckermühle und Filter größer als 3 m, führt dies unter Umständen zu einer Vorkompression in einem der beiden „Behälter“. Die nachlaufende Flamme mit Druckwelle führt dann zu der gefürchteten Sekundärexplosion, bei der unkalkulierbare Druckspitzen auftreten können. In diesem Fall müssen „beide Behälter“ explosionstechnisch entkoppelt werden auch wenn die Mahlanlage konstruktiv auf 10 bar (ü) ausgelegt ist. Hierzu werden Schnellschussschieber oder Löschmittelsperren verwendet.



Grafik 6



Grafik 5



Zuckermühlen CUM 680, 3 bar (ü)

### 3 bar druckentlastete Bauweise

Bei dieser Variante wird die Mühle auf einen reduzierten Explosionsdruck von 3 bar (ü) und der Staubfilter für einen reduzierten Explosionsdruck von 0,4 bar (ü) ausgelegt und mittels einer Berstscheibe „druckentlastet“. Die Fläche der Berstscheibe richtet sich nach dem Volumen des Filters (VDI 3673). Die über die Berstscheibe austretende Explosion wird über einen kurzen Explosionskanal ins „Freie“ geleitet. Hier muss ausreichend Freiraum außerhalb des Gebäudes zur Verfügung stehen.

Ist nicht ausreichend Platz für einen Explosionskanal vorhanden, oder lässt die vorgesehene Position des Staubfilters eine Entlastung in einen Außenbereich nicht zu, besteht die Möglichkeit anstelle eines Explosionskanal über ein sog. Quench-Rohr die Explosion auch innerhalb des Aufstellraumes zu entlasten. Bei Aufbau der Mahlanlage (Grafik 7) mit einer Förderrohrleitung zwischen Puderzuckermühle und Staubfilter von mehr als 3 m wird die Mahlanlage aus explosionstechnischer Sicht als „zwei, miteinander verbundene Behälter“ betrachtet. Hierbei müssen zwei Explosions-Szenarien betrachtet werden:

#### die Primär-Explosion in der Mühle die Primär-Explosion im Filter

Bei der in der Mühle zuerst stattfindenden Explosion erfolgt eine Entlastung über die pneumatische Förderleitung, so dass der maximale Explosionsdruck nicht entsteht. Aus diesem Grund ist eine reduzierte Festigkeit des Mühlengehäuses ausreichend. Die Explosion läuft weiter in den Filter und es kommt zu einer zweiten Explosion, die über die Berstscheibe des Filters entlastet

wird. Da das Volumen der Mühle im Vergleich zum Filter deutlich kleiner ist, muss die von der Mühle erzeugte Vorkompression des Filters nur bei der Auslegung der Berstscheibe mit beachtet werden.

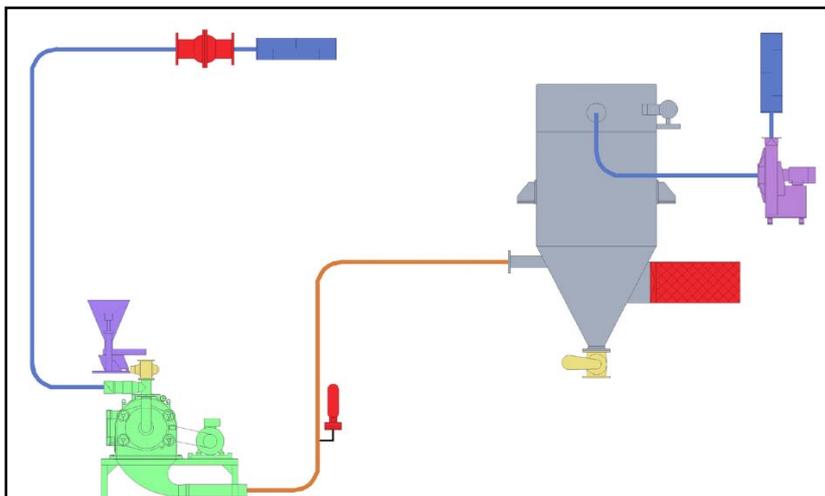
Etwas anders verhält sich dies bei einer im Staubfilter stattfindenden Primär-Explosion, welche üblicherweise die häufigere Art darstellt. Hier wird zunächst die Explosion im Filter über die Berstscheibe des Filters entlastet. Da aber das große Volumen des Filters im Explosionsfall eine Vorkompression der Mühle erzeugt, muss eine vom Filter weiterlaufende Flamme zur Mühle verhindert werden. Dies geschieht über einen Löschmittelbehälter, der mit einem Reißbleinenschalter der Berstscheibe am Filter verbunden ist. Spricht die Berstscheibe an, wird die Explosion sofort detektiert und automatisch der Löschmittelbehälter gezündet. Die Rohrleitung wird zwischen Mühle und Filter mit Löschpulver (Natriumbikarbonat) geflutet, so dass die ankommenden Flammen erstickt werden. Um ausreichend Zeit für die Zündung zu haben, muss der Löschmittelbehälter einen Mindestabstand von 5 m vom Filter haben. Vorteil der Detektierung über den Reißbleinenschalter ist die sehr geringe Wahrscheinlichkeit von Fehlauslösungen, wie sie den Betreibern generell bekannt und gefürchtet sind bei der Verwendung von Druckdetektoren. Der Löschmittelbehälter wird nur gezündet, wenn die Reißleine zerstört wird.

Bei konstruktiver Ausführung dieser „druckentlasteten Anlage“ sind die Mühle sowie alle Rohrleitungen und Komponenten bis zum Filter für einen reduzierten Explosionsdruck von 3 bar (ü) ausgelegt und der Filter sowie anschließende Komponenten für

einen reduzierten Explosionsdruck von 0,4 bar (ü). Auch in diesem Fall muss ein „Ventex“-Ventil in der Ansaugrohrleitung vorgesehen werden. Ein „Ventex“-Ventil nach dem Filter ist aufgrund der Druckentlastung nicht mehr notwendig. Der Produktein- und -ausstrag wird auch in diesem Fall mit einer druckstoß- und flammendurchschlagsicheren Zellenradschleuse entkoppelt.

Während der Projektierung der ersten druckentlasteten Zuckermahlanlage neuerer Generation wurde in Zusammenarbeit mit der Berufsgenossenschaft Zucker dieses Konzept entwickelt und zusätzlich durch ein externes Gutachten bestätigt!

Letztlich entscheidet selbstverständlich der Anwender über die beste Explosionsschutzlösung „seiner neuen Mahlanlage“. Neben baulichen „Zwängen“ oder firmeninternen Sicherheitsvorschriften kommen hier natürlich auch finanzielle Belange zur Wirkung. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass bei kleineren Mahlanlagen mit Durchsätzen von bis zu 2000 kg/h der konstruktive Aufwand zwischen der 3 bar und 10 bar druckstoßfester Bauweise gering ist, jedoch mit zunehmender Baugröße stark ansteigt. Größere Produktionsanlagen mit Puderzuckerleistungen ab 3000 kg/h sind als druckentlastete Version hinsichtlich der Investitionssummen klar im Vorteil und werden zukünftig von Betreiberseite sicher favorisiert werden.



Grafik 7

NETZSCH-CONDUX  
Mahltechnik GmbH  
Rodenbacher Chaussee 1  
D-63457 Hanau  
TEL: 0049 (0) 6181 / 506-01  
FAX: 0049 (0) 6181 / 571270  
e-mail: info@ncx.netzsch.com  
http://www.netzsch-condux.de

**NETZSCH**