

Einführung

Kalziumkarbonat (CaCO_3) ist einer der meist verwendeten Füllstoffe in der Kunststoffindustrie. Dieser Rohstoff ist überall auf der Erde verfügbar, kostengünstig, einfach auf die gewünschte Feinheit zu mahlen und geeignet zur Aufbereitung der meisten Thermoplaste. Dank seiner Wärmeleitfähigkeit wirkt sich CaCO_3 positiv auf den Aufbereitungsprozess des Kunststoffes aus, erhöht dessen Lichtdurchlässigkeit und verbessert seine mechanischen Eigenschaften. Insbesondere werden E-Modul und Druckfestigkeit erhöht.

Kalziumkarbonat wird in unzähligen Thermoplasten als Füllstoff eingesetzt, so zum Beispiel in Polypropylen. Es verbessert die Steifigkeit des Thermoplasts, was für Hochtemperaturprozesse vorteilhaft ist. Bei der PVC-Herstellung wird CaCO_3 für flexible Produkte verwendet, wie zum Beispiel Schläuche, Kabelisierungen, Latexhandschuhe und Abfallsäcke, aber

auch für festere wie zum Beispiel extrudierte Rohre, Leitungen und Fensterprofile.

Förderung von CaCO_3

Die Ausführung von Dosiersystemen sowie von pneumatischen Fördersystemen ist stark von der Partikelbeschaffenheit des Schüttguts abhängig: Form, Grösse, Seitenverhältnis und Korngrößenverteilung sind entscheidend. Auch Rauheit, Härte (Abrasivität) und Dichte müssen berücksichtigt werden. Bei Kalziumkarbonat sind diese Eigenschaften in hohem Masse von dessen Herkunft und Herstellprozess abhängig. Die unten gezeigte Siebanalyse verdeutlicht den Unterschied in Partikelform, -grösse und Korngrößenverteilung von zwei Kalziumkarbonatmustern.

Die komplexen Wechselwirkungen mineralischer Füllstoffpartikel (siehe Leiste auf Seite 2) machen die Festlegung einer klaren Korrelation zwischen den Partikeleigenschaften und dem Verhalten des Füllstoffes

als Schüttgut unmöglich. Daher lassen sich pneumatische Fördersysteme nicht von der Stange kaufen, sondern müssen individuell auf jede Anwendung abgestimmt werden. Die unterschiedlichen Schüttguteigenschaften wirken sich sowohl auf die Systemauslegung als auch auf die Wahl der Anlagenkomponenten aus. Häufig sind Labortests erforderlich, um Materialeigenschaften und -verhalten zu bestimmen.

Ein pneumatisches Fördersystem besteht in der Regel aus fünf Grundbausteinen: Druckquelle, Förderleitung, Aufgabevorrichtung, Material/Förderluft-Abscheider und Steuerungen.

Produktaufgabe

Bei der Auswahl der Aufgabevorrichtung ist zu beachten, dass einige CaCO_3 -Sorten leicht und fluidisierend sind, so dass sie einschieszen und Förderleitungen überfluten können. Hier helfen Zellenradschleusen zur Dosierung des Materials in die Leitung. Zellenradschleusen können zur Produktaufnahme in Druck- oder Vakuumfördersystemen verwendet werden. Mit steigendem Schüttgewicht und Feinheitsgrad des Schüttgutes nimmt die Tendenz zum Anhaften zu. Hier leisten verschiedene Antihafbeschichtungen Abhilfe, oder die Wahl einer Durchblaseschleuse. Bei der Durchblaseschleuse unterstützt der Förderluftstrom aktiv den Materialaustrag aus der Kammer. In schwierigen Fällen helfen Fließhilfen im Vorlagebehälter dabei, das Schüttgut sicher auszutragen.



Zellenradschleuse

CaCO_3 -Sorten können in der Förderleitung Schichten aufbauen. In solchen Fällen empfehlen wir flexiblen Förderschlauch. Durch leichte Eigenbewegung während der Förderung brechen beim Schlauch die Anhaftungen ab und werden im Förderluftstrom abtransportiert.

Bei sequenziell betriebenen Vakuumfördersystemen fällt nach Beendigung der Saugzeit das Fördergut aus dem Luftstrom aus und bleibt in der Leitung liegen, bis es mit dem folgenden Saugzyklus weitertransportiert wird. Um das Liegenbleiben zu verhindern, wird ein Leersaugventil zu Beginn der Vertikalen eingebaut. Ca. 3 bis 5 Sekunden vor Ende des Saugzyklus öffnet dieses Ventil und die entstehende Druckwelle spült die vertikale Leitung mit Luft, sodass kein Produkt darin verbleibt.

Filterabscheider

Welcher Filtertyp und welches Filtermaterial zum Einsatz kommen hängt davon ab, wie köhasiv das Produkt ist. Bei stark anhaftendem Kalziumkarbonat empfehlen wir PTFE-beschichtete Schlauchfilter zur besseren Abreinigung.

Das Fließverhalten des Produktes bestimmt auch die Geometrie des Abscheiders. So benötigen schlecht fließende Schüttgüter einen steileren Auslaufkonus und grösseren Auslaufquerschnitt.

Mit dem Einsatz von Fließhilfen

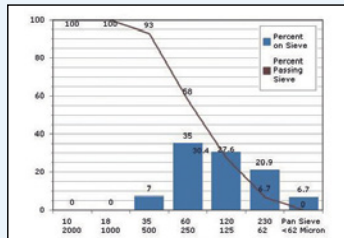
Kalziumkarbonat-Siebanalyse

CaCO_3 -Muster A

Ausgefälltes Kalziumkarbonat (PCC) mit einer Reinheit von 99%; Schüttgewicht 0,301 kg/dm^3 [18,8 lb/ft^3] lose bis 0,398 kg/dm^3 [24,9 lb/ft^3] verdichtet



GRID: .125" X .125"

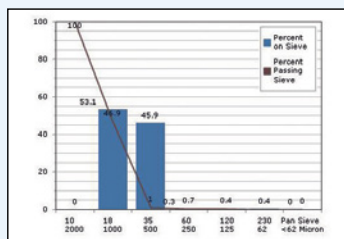


CaCO_3 -Muster B

Kalziumkarbonat-Granulat mit einer Reinheit von 95%; Schüttgewicht 1,378 kg/dm^3 [86 lb/ft^3] lose bis 1,474 kg/dm^3 [92 lb/ft^3] verdichtet



Grid: .125"x.125"

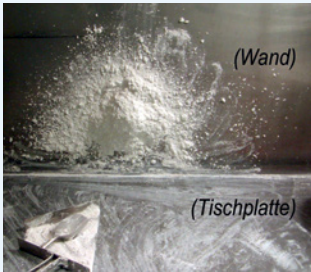


Wechselwirkungen der Partikel

Das Fliessverhalten von Füllstoffen wird von drei unterschiedlichen Wechselwirkungen beeinflusst: Zwischen Partikeln untereinander, zwischen Partikeln und Anlagenteilen und zwischen Partikeln und der Umgebung.

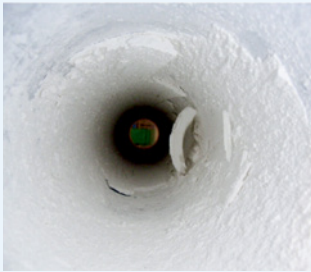
Wechselwirkungen zwischen Partikeln untereinander

Die Wechselwirkungen zwischen Partikeln hängen in erster Linie von der chemischen Zusammensetzung und den physikalischen Eigenschaften des Füllstoffs ab, weniger von Schütteeigenschaften. Als wichtigste Kräfte sind elektrostatische Anziehung und Van-der-Waals-Kräfte zwischen den Molekülen zu nennen. Mit zunehmendem Partikelabstand nehmen die Van-der-Waals-Kräfte ab – ein Effekt, den man sich bei der Zugabe von feinen Pulvern zur Verbesserung der Fliessfähigkeit zu Nutze macht. Weitere Wechselwirkungen zwischen Partikeln sind die Kapillar- und Sinterkräfte, die für die Ausbildung von Flüssigkeits- bzw. Feststoffbrücken verantwortlich sind. Kapillarkräfte entstehen, wenn in der Gasphase Wasserdampf vorhanden ist, während Sinterkräfte sich entwickeln, wenn Material aufgrund von Diffusion oder viskosem Fließen wandert. Die Wechselwirkungen zwischen den Partikeln tragen zu den Hafteigenschaften fein gemahlener Pulver ebenso bei wie zur Tendenz zur Aggregat- oder Agglomeratbildung.



Wechselwirkungen zwischen Partikeln und Anlagenteilen

Das Fliessverhalten von Feststoffteilchen in einem Behälter oder in einer Rohrleitung ist eine Funktion von zwei wichtigen Kenngrößen, der Wandreibung und der Scherfestigkeit. Die Wandreibung ist ein Mass für das Gleitvermögen der Partikel auf einer Kontaktfläche, während die Scherfestigkeit den Widerstand des Pulvers gegenüber Verformung beschreibt, oder wie die Partikel im Bezug aufeinander gleiten.



Wechselwirkungen zwischen Partikeln und Umgebung

Unter den Wechselwirkungen zwischen Partikel und Umgebung werden externe Einflüsse (wie Temperatur, relative Feuchte, Vibration, Schwerkraft, Belüftung usw.) zusammengefasst, die auf die Gesamtheit der Partikel wirken. Die relative Luftfeuchtigkeit (rF) und die hygroskopischen Eigenschaften des Füllstoffs gehen aufgrund von Flüssigkeitsbrücken zwischen den Partikeln oft mit einer erhöhten Kohäsionskraft einher. Die Temperatur beeinflusst das Kristallinitätsverhalten der Partikel und fördert das Zusammenbacken, während der Druck die Kontaktstellen zwischen Partikeln erhöht und zu einer Kompaktierung oder einer stärkeren Adhäsion zwischen den Partikeln führt.



im Abscheider, wie zum Beispiel Vibratoren oder Fluidisierungskissen, kann eine bessere und schnellere Entleerung des Abscheiders erreicht werden.

Anwendungsbeispiel

Die auf Seite 1 dargestellte Siebanalyse verdeutlicht den Unterschied in Partikelform, Partikelgrösse und Korngrößenverteilung von zwei Kalziumkarbonatmustern. Bei Muster A handelt es sich um ausgefälltes Kalziumkarbonat mit relativ niedrigem Schüttgewicht, während Muster B ein Kalziumkarbonat-Granulat mit wesentlich höherem Schüttgewicht ist.

Das vorliegenden Beispiel ist Teil einer Anlage für Kunststoff-Compoundierung. Das Fördersystem führt Kalziumkarbonat einem nachfolgenden PP-Extrusionsprozess zu. Die Anlage liegt auf 305 müM und die mittlere Tagestemperatur beträgt das ganze Jahr über 29.5°C.

Beide CaCO₃-Qualitäten sollen mittels Vakuumförderung kontinuierlich mit einer Leistung von 4500 kg/h (10,000 lb/h) gefördert werden (siehe Flussdiagramm auf Seite 3). Aus dem Vorlagebehälter (1) wird das CaCO₃ über eine Zellenradschleuse (3) in die Förderleitung (4) eingetragen. Der Förderweg bis zum Filterabscheider (2) beträgt 30 m horizontal, 15 m vertikal und enthält vier 90-Grad-Bögen. Im Filterabscheider separiert sich das Fördergut von der Luft und wird kontinuierlich über die Zellenradschleuse (3) in den Nachfolgeprozess ausgetragen. Die Vakuumpumpe

(5) ist über die Vakuumleitung (4) mit dem Filterabscheider verbunden. Um die Druckverluste in der Vakuumleitung in einer vernachlässigbaren Größenordnung zu halten, sollte die Pumpe in einer Entfernung kleiner als 15 m vom Abscheider installiert sein.

Die für die Förderung der extrem unterschiedlichen Kalziumkarbonat-Qualitäten resultierenden Systemparameter unterscheiden sich sehr stark im Hinblick auf Förderleitungsquerschnitte und Wahl geeigneter Systemkomponenten - siehe Tabelle 1. Beide Zellenradschleusen tragen 4500 kg/h CaCO₃ in die Förderleitung ein. Im Vergleich zu dem sehr schweren Produktmuster B muss die Zellenradschleuse für Muster A mit einem Schüttgewicht von 300 kg/m³ gut den vierfachen Volumenstrom in die Förderleitung eintragen. Wie zu erwarten benötigt man für das schwere Muster eine viel höhere Luftgeschwindigkeit am Absaugpunkt, als für das leichte, und es errechnen sich auch unterschiedliche Förderleitungsquerschnitte für die beiden Qualitäten.

Die Grösse der Filterabscheider ist durch die Luftgeschwindigkeiten definiert. Der Förderluftvolumenstrom bestimmt die Filterfläche, während der Durchmesser des Abscheiders sich aus der vertikalen Luftgeschwindigkeit errechnet, bei der > 90% des Fördergutes bereits alleine über die Schwerkraft abscheiden. Die Filterfläche ist materialspezifisch und basiert auf den Filtereigenschaften des jeweiligen Schüttgutmusters.

Tabelle 1: Unterschiede in der Anlagenauslegung

Gerät	Muster A	Muster B
Gebläse	16 kW [20 HP]	20 kW [25 HP]
Zellenradschleuse-Durchsatz	15 m³/h [531 ft³/h]	3.6 m³/h [128 ft³/h]
Zellenradschleuse-Effizienz	84%	92%
Netto Durchsatz	17.9 m³/h [632 ft³/h]	3.9 m³/h [139 ft³/h]
Durchmesser Filtereinheit	1.4 m [54 in]	0.9 m [36 in]
notwendige Filterfläche	17.7 m² [191 ft²]	7.5 m² [81 ft²]
Max. "Can Velocity"	21.3 m/min [70 ft/min]	keine Limite

Die Partikelgrösse spielt eine grosse Rolle bei der Bestimmung der erforderlichen Filterfläche. Mit zunehmender Partikelgrösse wird es immer einfacher, die Partikel aus dem Förderluftstrom abzuscheiden, und somit ist eine kleinere Filterfläche erforderlich.

Dosieren von CaCO_3

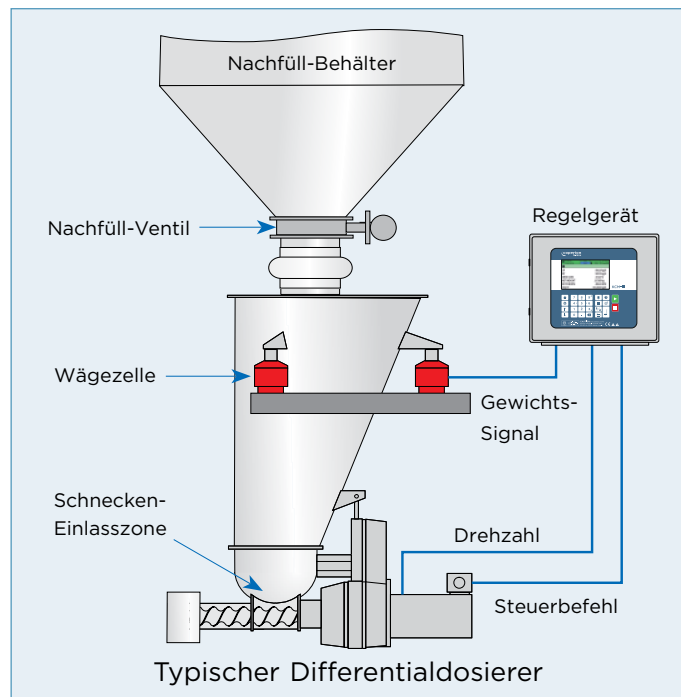
Für die Auswahl des geeigneten Dosiersystems für die hier besprochenen Kalziumkarbonatmuster sind zwei Variablen massgebend: die Eigenschaften des Mineralfüllstoffs (z. B. Partikelgrösse und -form, Gasdurchlässigkeit, Schüttgewicht und Schüttkegel) sowie die erforderliche Förderleistung.

Loss-in-Weight (LIW) Dosierer sind ein in sich geschlossenes System, das sowohl Rohmaterial als auch Staub komplett einschliesst und eine optimale Dosierleistung und damit eine hohe Qualität des Endprodukts gewährleistet. LIW-Dosierer sind in verschiedenen Konfigurationen verfügbar, in denen die Trichtergrösse, Dosiervorrichtung und Wägeinheit auf die spezifischen Eigenschaften, Fliessverhalten und Förderraten des Dosierguts abgestimmt sind.

Volumetrisch oder Gravimetrisch

Dosierer können allgemein in volumetrische und gravimetrische Systeme unterteilt werden. Volumetrische Dosierer liefern ein bestimmtes Materialvolumen pro Zeiteinheit und stellen die in der Anschaffung günstigste Dosierlösung dar. Volumetrische Schneckendosierer können jedoch keine Schwankungen im Schüttgewicht des Materials erkennen und lassen sich nicht daran anpassen. Daher eignen sich diese Dosierer primär für frei fliessende Materialien mit konstantem Schüttgewicht, wie zum Beispiel Pellets, und für Anwendungen, in denen eine garantierte Dosiergenauigkeit nachrangig ist.

Bei der gravimetrischen Dosierung wird das trockene Schüttgut mit einem konstanten Gewicht pro Zeiteinheit in den Prozess zugegeben. Die gravimetrische Dosierung gestattet eine bessere Überwachung des Dosiervorgangs, der nach Gewicht und Geschwindigkeit geregelt wird und damit eine Bestimmung des tatsächlich eindosierten Gewichts in Sekundenintervallen ermöglicht.



Trichterauswahl

Nachdem Grösse und Art der Dosiervorrichtung festgelegt wurden, muss ein Trichter mit einer geeigneten Form und Grösse ausgewählt werden. Er muss die richtige Menge Füllstoff für den kontinuierlichen Kunststoff-Compoundingprozess aufnehmen. Behälter sind in zylindrischen, asymmetrischen und symmetrischen Formen und

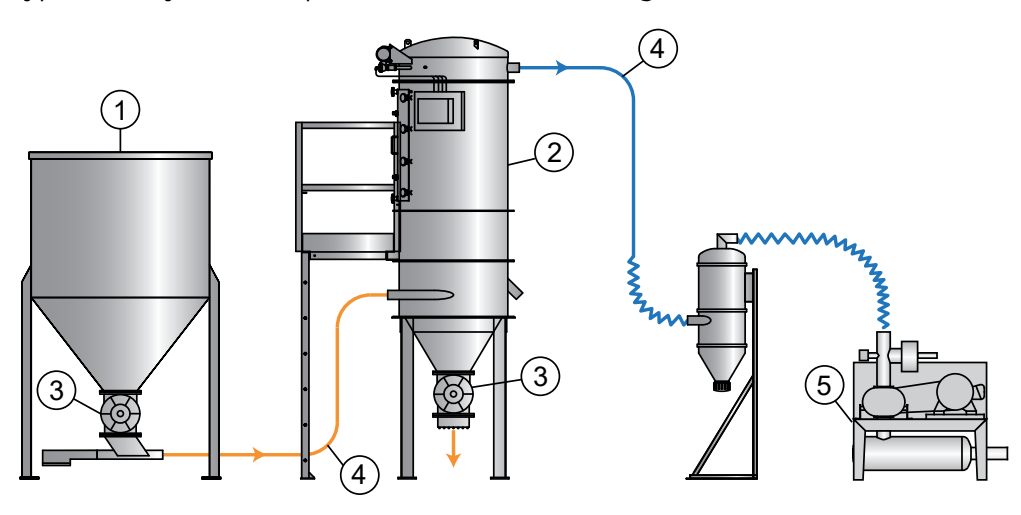


K2-ML-T60 Doppelschnecken-Dosierer

in Grössen von wenigen Litern bis hin zu mehreren Hundert Litern lieferbar.

Zur Dimensionierung des Dosiertrichters werden die erforderlichen Nachfüllraten und der zur Verfügung stehende Platz herangezogen. Als allgemeine Faustregel geht man von 12 Nachfüllvorgängen des Trichters pro Stunde mit einem maximalen Füllstand von 80 Prozent

Typisches System zur pneumatischen Förderung



Das Fördern und Dosieren von Kalziumkarbonat in Kunststoffprozesse

des Trichtervolumens aus. Ein zu gross ausgelegter Trichter sollte wegen der Mehrkosten, des Platzbedarfs und der möglichen, wechselwirkungsbedingten Materialkompaktierung vermieden werden. Die Trichtergrösse wird daher anfangs anhand der folgenden theoretischen Formel berechnet:

$$\text{Trichterkapazität} = \frac{\text{Förderrate}}{(\text{Schüttgewicht} \times 0,8 \times 12)}$$

Ausgefälltes Kalziumkarbonat zeigt eine Tendenz zum Verdichten im Behälter und kann zu Brücken- und Hohlraum-bildung führen. Die ActiFlow™ Schüttgut-Austragshilfe ist ein einfaches, effizientes Gerät, um das Schüttgut in Schwin-gung zu versetzen und so die Bildung hochdichter Materi-alansammlungen im Trichter zu verhindern. Darüber hinaus ist ActiFlow als extern ange-bautes Gerät raumsparend und reinigungsfreundlich, da keine mechanischen Rührwerke im Trichter erforderlich sind. Für extrem kohäsive Materialien sind mechanische Rührwerke verfügbar.



Diverse Doppelschneckenpaare

Dosiervorrichtung

Je nach Schüttgut können unterschiedliche Dosiervorrichtungen eingesetzt werden: Einzelschneckendosierer oder die Bulk Solids Pump™ für frei fließende Pulver und Granulate, Doppelschneckendosierer für schwer fließende Pulver und Vibrationsrinnen für Fasern und bröckeliges Material.

Auch wenn Einzelschneckendosierer grundsätzlich für frei fließende CaCO₃-Sorten einsetzbar sind, empfehlen wir im Allge-meinen einen Doppelschne-ckendosierer, um zuverlässige Ergebnisse zu erzielen. Passend für die jeweiligen Förderraten und Eigenschaften des Mine-ralfüllstoffs werden verschie-dene Schneckenkonstruktionen angeboten. Die gängigsten Schneckenprofile sind Konkav-, Vollblatt-, Spiral- und Doppel-spiralschnecken. Aufgabe der Schnecken ist ein gleichförmiger Materialaustrag des festen Schüttguts in den Kunststoff-Compoundingprozess. Aus-serdem sollen Schnecken den Materialfluss unterbinden, wenn

die Schnecke angehalten ist, und damit Überflutungseffekte bei schliessenden Schüttgütern unterbinden.

Die Tendenz von Kalziumkar-bonat zum Kompaktieren zeigt sich auch an Metallflächen wie den Schnecken des Dosierers. Daher sind zwei ineinander greifende, synchronisiert dre-hende Schnecken erforderlich, die das Material abstreifen, um die Oberflächen der Schnecken sauber und frei von Material-ablagerungen zuhalten.

Wägeeinheit

Das Wägesystem kann ver-schiedene Waagen beinhalten: von Plattformwagen mit kleiner Kapazität bis hin zu hängenden 3-Punkt-Wägesystemen für grosse Volumen. Alle Coperion K-Tron Wägesysteme beinhalten die modernste digitale Smart Force Transducer™ (SFT) Wä-ge-technologie mit einer Wä-geauflösung von 1:8.000.000 in 20 ms, die unempfindlich gegenüber Schwingungen und Temperaturschwankungen ist.

Muster-Dosiersystem

Tabelle 2 zeigt ein Beispiel der idealen Dosiersysteme für die beiden Kalziumkarbonatmuster.

Schlussfolgerung

Die korrekte Auslegung pneuma-tischer Förder- und/oder Dosier-anlagen für Kalziumkarbonate in Kunststoff-Compoundingpro-zessen ist keine triviale Aufgabe, da die Fliesseigenschaften des Pulvers von einer Reihe von Variablen beeinflusst werden. Die Rendite einer Kunststoff-Compoundinganlage steht und fällt mit der richtigen Auswahl der wirtschaftlichsten Förder- und Dosierlösung. Massgeblich beeinflusst wird diese Auswahl durch die Partikeleigenschaften, aber auch durch die Wechselwir-kungen der Partikel mit anderen Partikeln, Anlagenteilen und Umgebungseinflüssen. Cope-rior K-Trons erfahrene System Engineering-Gruppe verfügt über das nötige Knowhow zur Entwicklung intelligenter Lö-sungen für alle Anwendungen.

Der Coperion K-Tron-Vorteil

- Alle Lösungen von Coperion K-Tron basieren auf unserer umfassenden Erfahrung in der Entwicklung von Material-handhabungslösungen.
- Perfekt ausgestattete Ver-suchslabors an Standorten weltweit
- Umfangreiche Auswahl von Förder- und Dosieranlagen
- Die Coperion K-Tron Sys-tems Group liefert integrierte Systeme mit individuell pro-grammierten Steuerungen für Lösungen aus einer Hand.

Tabelle 2: Unterschiede in der Dosiererauslegung

Gerät	Muster A	Muster B
Dosierer	K2-ML-T60	K2-ML-D5-T35 / -S60
Trichter-Grösse	180 dm ³	50 dm ³
Fließhilfe	ActiFlow oder Rührwerk	keine
Austrageinheit	Doppelkonkav-schnecken	Einfachvollblatt-schnecke / Dop-pelvollblatt- oder -spiralschnecke
Wägebrücke	3 SFT-Lastzellen	D5 Plattformwaage

