

So setzen sich die tatsächlichen Kosten für Ihre Lebensmittel-Dosierung zusammen

Ein effizientes Dosiersystem kann trotz höherer Investitionskosten eine erhebliche Anlagenrendite generieren, wenn es dafür eine höhere Genauigkeit und bessere Steuer- und Regelmöglichkeiten bietet.

Einführung

Bei der Festlegung geeigneter Methoden für die Zugabe und Dosierung einzelner Lebensmittelzutaten oder das Chargieren von Vormischungen für Lebensmittel fällt die Wahl oft auf Einfach- und Doppelschneckendosierer, wie in Abbildung 1 zu sehen. Gravimetrische wie auch volumetrische Geräte werden für eine Vielzahl verschiedener Aufgaben in der Lebensmittelherstellung eingesetzt, so zum Beispiel für das chargenweise Beschicken von Mischern, die Speisung von Siebmühlen sowie die Zuführung von Produkten zu den Verpackungslinien. Hochgenaue gravimetrische Dosierer werden oft als das „Herz“ eines kontinuierlich arbeitenden Extrusions- oder Mischprozesses bezeichnet. Die Grundpreise der meisten herkömmlichen Dosierer bewegen sich zwischen \$6,000-10,000 für volumetrische Anwendungen. Jedoch muss bedacht werden, dass gerade für Schneckendosierer zur Zutatendosierung viele Optionen verfügbar sind, welche wiederum eigene Kostenpunkte darstellen. Der vorliegende Artikel umreißt einige der Optionen, die für Anwendungen von Lebensmitteldosierern verfügbar sind, zeigt die jeweiligen Vorteile im Prozess auf und beschreibt auch ihren zu erwartenden Einfluss auf die Kosten.

Volumetrisch oder gravimetrisch

Wie oben ausgeführt, sind Schneckendosierer sowohl in volumetrischer wie auch in gravimetrischer Ausführung erhältlich, wobei die gravimetrische Ausführung nach dem Loss-in-Weight (LIW) Prinzip arbeitet, dem Prinzip der Gewichtsabnahme. Grundsätzlich gilt, dass ein gravimetrischer Dosierer aufgrund der zusätzlichen Kosten für Steuerung und Waage oder Wägezellen auf einem höheren Preisniveau liegt, als ein volumetrischer Dosierer. Ein volumetrischer Dosierer dosiert ein bestimmtes Materialvolumen pro Zeiteinheit (zum Beispiel Kubikdezimeter oder Liter pro Stunde) einem Prozess zu. Der gleichmäßige Austrag des Schüttguts aus dem Dosiertrichter mit einem konstanten Volumen pro Zeiteinheit wird durch die Regulierung der Dosierergeschwindigkeit erreicht. In



Abbildung 1: Doppel- und Einzelschneckendosierer werden für das Dosieren verschiedenster Rohmaterialien eingesetzt.

der Regel ist die Dosiergenauigkeit jedes volumetrischen Dosierers abhängig von den gleichbleibenden Flieseigenschaften des Schüttguts sowie dessen Schüttdichte. (Abbildungen 2 und 3 veranschaulichen den Unterschied zwischen volumetrischem und gravimetrischem Dosierprinzip.)

Abhängig von den Anwendungen können in manchen Fällen volumetrische Dosierer die Technologie der Wahl sein. Beispielsweise werden in vielen Anwendungen in der Zerkleinerungstechnik oder manchmal

auch bei der Mischerbeschickung volumetrische Dosierer anstelle von gravimetrischen eingesetzt, wenn ein gleichmäßiger volumetrischer Austrag ausschlaggebend ist und nicht eine hohe Genauigkeit des Massenflusses. Um den gleichmäßigen volumetrischen Austrag optimieren zu können, sollten Hersteller berücksichtigt werden, die in ihren Steueralgorithmus die Modulation der Dosierschnecken implementiert haben. Die Schneckenmodulation ist eine Methode zur Optimierung

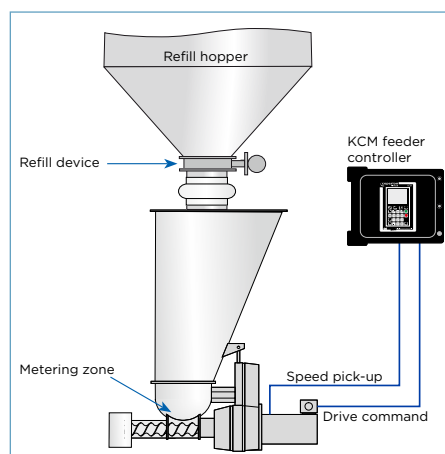


Abbildung 2 - Volumetrisches Dosierprinzip: Ein volumetrischer Schneckendosierer führt einem Prozess ein bestimmtes Materialvolumen pro Zeiteinheit zu.

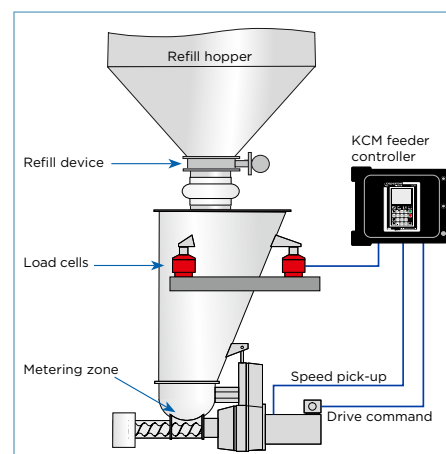


Abbildung 3 - Gravimetrisches LIW-Dosierprinzip („Loss-in-Weight“, nach der Methode des Gewichtsverlusts): Ein LIW-Dosierer ist ein gravimetrisches Gerät, welches direkt das Gewicht des Schüttguts misst, um eine vordefinierte Dosierleistung, gemessen in Gewichtseinheiten pro Zeit, zu erreichen und zu halten.

der Gleichmässigkeit des Materialaustrags, bei der die Pulsationen minimiert werden, die beim Austrag durch die Schnecke auftreten können.

Im Gegensatz zu volumetrischen Schneckendosierern sind LIW-Dosierer gravimetrische Dosierer, welche direkt das Schüttgutgewicht wägen, um eine voreingestellte Dosierleistung zu erreichen und zu halten, welche in Gewichtseinheiten pro Zeit gemessen wird. Während das Material aus dem Trichter ausgetragen wird, wird das zu dosierende Material gewogen und die Geschwindigkeit des Geräts entsprechend reguliert. Das Wägesystem mit Steuerung kompensiert allfällige Unregelmässigkeiten im Fliessverhalten sowie in der Schüttdichte und stellt so eine sehr hohe Dosiergenauigkeit sicher. Die Dosierer steuern und bestimmen den Gesamtmassenfluss in den anschliessenden Prozess. Aus diesem Grund sind gravimetrische Dosierer die richtige Wahl für kontinuierliche Prozesse wie in der Lebensmittelextrusion und werden oft als das „Herz“ des kontinuierlichen Produktionsprozesses bezeichnet.

Weiter ist hervorzuheben, dass bei Schüttgütern, welche zu Brücken- oder Kaminbildung („Ratholing“) im Dosiertrichter neigen, ein LIW-Dosierer diese Vorkommnisse schnell anhand des verzögerten Gewichtsverlustes im Trichter feststellt. Ein volumetrischer Dosierer hingegen, wird auch in solchen Fällen weiter mit der vorgegebenen Geschwindigkeit arbeiten, was dazu führen kann, dass zeitweise wenig oder gar kein Material dem nachfolgenden Prozess zugeführt wird. Aus diesem Grund können sich die höheren Kosten eines gravimetrischen Dosierers in Fällen, wo eigentlich ein volumetrischer Dosierer passend wäre, als lohnende Investition erweisen, wenn der gravimetrische Dosierer im Gegenzug hohe Prozesszuverlässigkeit und Endproduktqualität garantiert.

Genauigkeit und Auflösung von Wägezellen

Jede LIW-Prozesssteuerung ist auf eine genaue Hochgeschwindigkeits-Messung von Veränderungen im Materialgewicht angewiesen, um eine optimale Steuerung und Leistung des Dosiergeräts sicherstellen zu können, insbesondere bei sekundengenaue Wägung. Das Wägesystem muss also in der Lage sein, fehlerhafte Messungen aufgrund von Anlagenvibrationen oder Störungen auszufiltern und muss unempfindlich gegenüber Veränderungen der Raum- oder Schüttguttemperatur sein. Je höher die Auflösung der Gewichtsmessungen ist und je schneller diese Messungen erfolgen, desto hochwertiger ist die Information, die dem Steueralgorithmus zugeführt wird und desto besser funktioniert jegliche Art von Filteralgorithmus

für Vibrationen. Fast alle Wägesysteme verfügen über eine Temperaturkompensation. Der genaue garantierte Temperaturbereich sollte jedoch verifiziert werden, da dieser die Langzeitstabilität der Dosierleistung beeinflussen kann.

Bei der Evaluation von gravimetrischen Dosiertechnologien ist es wichtig, sowohl die Auflösung der Wägetechnologie zu verstehen als auch die Ansprechzeiten des Steuer- und Regelsystems. Beide haben grossen Einfluss auf die Genauigkeit eines Dosierers, welche wiederum einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtmenge der verbrauchten Zutaten und die resultierenden Kosten und/oder die Qualität des Endproduktes hat. Beide Eigenschaften sind ebenfalls bei kleinen Dosierleistungen ausschlaggebend, wie sie zum Beispiel beim Dosieren von kleinteiligen Zutaten oder hochwertigen und teuren Zutaten wie Stärkungsmitteln, Vitaminen oder Probiotika angewendet werden.

Konstruktionsmaterialien und Oberflächenbeschaffenheiten

Die meisten Dosierer für Lebensmittelanwendungen sind mit Edelstahloberflächen für alle produktberührenden Teile ausgestattet. Abhängig von den in der Lebensmittelproduktion eingesetzten Reinigungsmitteln können auch besonders korrosionsfeste Stähle als Konstruktionsmaterialien verwendet werden. In einigen Fällen kommt der preisgünstigere lackierte Normalstahl für nicht produktberührende Teile in Frage. Bestehen Sie darauf, mit dem Hersteller Ihres Dosierers nicht nur die für Ihre Produktionsanlage akzeptablen Mindestanforderungen zu besprechen, sondern auch die langfristigen Auswirkungen, die preisgünstige Optionen für das Konstruktionsmaterial auf die zukünftigen Kosten für Wartung und Reinigung haben können.

Es sind verschiedene Oberflächenfeinheiten erhältlich - von einfachen gebürsteten Oberflächen bis zu 0.8 Mikron Ra polierten Oberflächen für alle produktberührenden Teile. Klären Sie unbedingt mit dem Hersteller die verfügbaren Optionen für Oberflächenfeinheit wie auch -behandlung (zum Beispiel elektropoliert), da diese mittlerweile nur gegen Aufpreis erhältlich sind. Weiter müssen mit dem Hersteller die Flieseigenschaften der zu verarbeitenden Schüttgüter besprochen werden sowie die möglichen Einflüsse der verschiedenen Oberflächenbeschaffenheiten auf ihr Fliessverhalten im Dosierer. Tatsächlich kann ein hochwertigeres Oberflächenfinish (typischerweise unter 0.2 Mikron Ra) den Materialfluss verschlechtern, da sich die Oberflächenspannung des Edelstahls verändert. Für sehr schlecht fliessende Schüttgüter können für die Oberflächenbehandlung auch Optionen wie zum Beispiel

eine PTFE-Beschichtung verfügbar sein.

Da Konstruktionsmaterialien und Oberflächenstandards von Hersteller zu Hersteller variieren können, ist es unerlässlich, dass der Endkunde alle erhältlichen Optionen und Preisklassen mit dem Hersteller bespricht. Ein Hersteller wie Coperion K-Tron, der über umfangreiche Erfahrungen im Umgang mit schwerfliessenden Zutaten verfügt, wird Ihnen problemlos die beste und kosteneffizienteste Konfiguration für Ihre Anwendung empfehlen können.

Einfach- oder Doppelschneckendosierer

Schneckendosierer bieten für die allermeisten Schüttgüter die vielseitigste Dosiertechnologie. Für bestimmte Materialeigenschaften sind jeweils verschiedene Schneckenkonfigurationen geeignet, die sich in Steigung und Durchmesser unterscheiden und so eine breite Palette von Dosierbereichen abdecken. Dazu kann noch zwischen Einfach- und Doppelschnecken-Konfigurationen gewählt werden, wie in Abbildung 4 gezeigt.

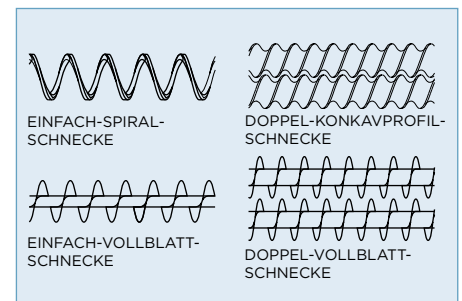


Abbildung 4 - Grundlegende Geometrie von Doppel- und Einzelschnecken

Besonderes Augenmerk gilt der Unterscheidung zwischen den Möglichkeiten des Materialhandlings von Einfach- und Doppelschnecken-Konfigurationen. Greifen zwei gleichdrehende Schnecken ineinander, entstehen relativ abgeschlossene, vorwärts getragene Materialtaschen. Somit arbeitet eine Doppelschnecke ähnlich einer Verdrängungspumpe, indem sie erst das schießende oder schlecht fliessende Material erfasst und dieses dann kontrolliert in Richtung Auslauf befördert.

Ein weiterer Vorteil ist der Selbstreinigungseffekt der Schnecken, der dazu beiträgt, die Schneckenoberflächen sauber und ablagerungsfrei zu halten. Einzelschnecken, ob in der Ausführung als Vollblatt- oder Spiralschnecken, bieten diese pumpenartige Förderung nicht und sind deshalb für schießende, kohäsive und schlecht fliessende Schüttgüter ungeeignet und nicht empfohlen. Dank des grossen Regelbereichs und des flexiblen Designs sind Schneckendosierer sogar für extrem niedrige Dosierleistungen wie

beispielsweise 20 g/h und mit kleinen Schneckendurchmessern von z.B. 12 mm erhältlich. Diese kleineren Schneckendosierer, wie zum Beispiel der Coperion K-Tron Mikrodosierer (Abbildung 5), sind ideal für das Dosieren von Mikroingredienzen, wie Probiotika oder Vitaminen.

Im Allgemeinen sind Einzelschneckendosierer bei gleicher Dosierleistung preisgünstiger als Doppelschneckendosierer. Für leichter fließende Schüttgüter sowie für höhere Dosierleistungen können Einzelschneckendosierer besser geeignet sein. Wie oben ausgeführt gilt es jedoch, die verbesserte Betriebsleistung zu berücksichtigen, die ein Doppelschneckendosierer aufweisen kann, was wiederum zu genaueren Dosierprozessen und somit zu Kosteneinsparungen bei den Zutaten führt.

Fliesshilfen für bessere Dosierleistungen

Es ist eine Tatsache, dass die Genauigkeit eines jeden Schneckendosierers massgeblich von der konstanten Schneckenfüllung abhängt. Um einen gleichmässigen Fluss von Schüttgut in das Dosiergerät sicherzustellen und somit eine konstante Schneckenfüllung zu gewährleisten, kann der Einsatz einer Fliesshilfe am oder im Dosiertrichter angezeigt sein. Wie bereits gesagt: je stabiler und gleichmässiger der Materialfluss, desto leichter kann das Wäge- und Regelsystem eine optimale sekundenge-

naue Dosierleistung herstellen. Es sind verschiedene Arten von Fliesshilfen erhältlich:

➤ **Mechanische Trichterrührwerke**, welche das Schüttgut umrühren und allfällige Materialbrücken oder -kamine aufbrechen. Es können horizontale Rührer im Bereich der Dosierschnecken angeordnet sein, die den Materialfluss in den Schneckenbereich unterstützen. Optionale vertikale Rührer bringen Bewegung in den darüberliegenden Bereich im Trichter. Üblicherweise sind horizontale Rührwerke im Grundpreis eines Dosierers enthalten. Vertikale Rührwerke benötigen meist einen eigenen Motor, erfordern mehr Kopfraum über dem Dosierer und schlagen mit zusätzlichen Kosten zu Buche. Noch dazu können sie den Reinigungsaufwand erhöhen.

➤ **Externe Vibratoren am Dosiertrichter**. Vibratoren können gut als Fliesshilfen an Trichtern von volumetrischen Dosierern dienen. Bei LIW-Dosierern hingegen können derartige Vibrationen das Gewichtssignal stören, wenn das Steuer- und Regelsystem die Vibrationen nicht ausfiltern kann. Ferner können andauernde unkontrollierte Vibrationen das Schüttgut im Trichter unnötig verdichten. Alternativ dazu sind einige neue, innovative Steuer- und Regeltechnologien auf dem Markt, welche auf einem externen Vibrationsantrieb aufbauen, der die

Vibrationen auf den Dosiertrichter überträgt und direkt in die Steuerung des Wägesystems eingebunden ist. Der Antrieb arbeitet mit variabler Frequenz und Amplitude, gestützt auf die vom Wäge- und Steuersystem über das Gewichtssignal detektierten Unregelmässigkeiten im Materialfluss. Dieses Echtzeit-Instrument aktiviert die externe Vibration nur wenn tatsächlich ein verändertes LIW-Signal vorliegt, so zum Beispiel im Fall der Bildung von Materialbrücken oder -kaminen im Trichter. Diese Technologie bietet zusätzliche Vorteile dadurch, dass kein grösserer Kopfraum benötigt wird, kein zusätzlicher Reinigungsaufwand entsteht und das Schüttgut nicht weiter verdichtet wird. Es wird nur das für einen gleichmässigen Materialfluss nötige Mass an Vibration angewendet. Abbildung 6 zeigt ein Beispiel dieser externen Echtzeit-Fliesshilfe auf Vibrationsbasis, das Coperion K-Tron ActiFlow™. Obwohl der Einsatz der ActiFlow Fliesshilfe die Initialkosten erhöhen kann, resultiert daraus dank einer Reduktion der Ausfallzeiten aufgrund von Materialflussfehlern schliesslich eine nicht zu unterschätzende Anlagenrendite.

➤ **Dosierer mit flexiblen Seitenwänden**, die das Schüttgut sanft anregen. Hier muss bedacht werden, dass es sich nicht um Oberflächen aus Edelstahl handelt und das verwendete Material einer Abnutzung unterliegen, sich leicht verfärben und/oder zu Problemen bei der Reinigung führen kann.



Abbildung 5: Mikrodosierer von Coperion K-Tron. Gravimetrischer Mikrodosierer K-CL-SFS-MT16 (links), volumetrischer Mikrodosierer K-CV-MT12 (rechts).



Abbildung 6: Coperion K-Tron Doppelschneckendosierer mit ActiFlow™ Schüttgut-Fliesshilfe. ActiFlow erfordert keinen grösseren Kopfraum über dem Dosierer und reduziert die benötigte Zeit für Reinigung und Produktwechsel, was wiederum die Gesamtbetriebskosten senkt.

Ergonomisches Design und Zugänglichkeit

Auf dem Markt sind verschiedene Optionen erhältlich, die eine bessere Zugänglichkeit zu den verschiedenen Teilen des Dosierers ermöglichen. Zumindest solche Lösungen mit integrierten Schnellverschlüssen (zum Beispiel Tri-Clamp-Verbindungen) anstelle von festen Flanschverschraubungen sollten in Betracht gezogen werden, wie auch solche mit Schnellkupplungen für elektrische Komponenten und mechanischen Schnellschraubverbindungen. Weiter sind Dosiererkonstruktionen erhältlich, welche mithilfe von Schnellwechselmodulen eine breite Palette von Dosierbereichen abdecken, ohne den Dosierantrieb oder das Wägesystem auswechseln zu müssen. Abbildung 7 zeigt einen Coperion K-Tron Quick-Change Dosierer mit Schnellwechsel-Modul.



Abbildung 7: Coperion K-Tron Quick-Change Dosierer QC mit auswechselbarem Dosiermodul

Wann immer möglich sollte die Umkonfiguration eines einzelnen Dosierers zur Erfüllung der Funktion von zwei oder mehreren Dosierern immer einer Lösung vorgezogen werden, bei der mehrere Dosierer regelmässig ausgewechselt werden müssen, was zu erhöhten Anschaffungs- und Wartungskosten sowie zu längeren Ausfallzeiten während des Dosierertauschs führt.

Bei der Betrachtung der generellen Dosiererkonfiguration gibt es eine Reihe wichtiger Fragen betreffend vor- und nachgelagerter Prozesse, welche erörtert

werden müssen. Wie erfolgt zum Beispiel bei einer kontinuierlichen LIW-Dosierung die Nachfüllung? Welche Optionen sind erhältlich für das Interface zwischen dem Nachfüllgerät und dem Dosierer und ist sichergestellt, dass diese Optionen die Dosierleistung nicht beeinträchtigen? Welche Optionen sind für eine verbesserte Zugänglichkeit in einem System mit mehreren gruppierten Dosierern erhältlich? Die Antworten auf diese Fragen können die empfohlene Dosiererkonfiguration wie auch die Gesamtkosten beeinflussen. Konstruktionsmerkmale wie zum Beispiel ausschwenkbare Halterungen, Spezialkonstruktionen mit Schwerlastrollen oder Schlitzen sowie Anhebevorrichtungen verbessern die Ergonomie einer Dosiererkonfiguration und verringern die benötigte Zeit für Reinigung und Produktwechsel. Jeder kleine Effizienzgewinn bei der Reinigung wird sich im Laufe der Betriebszeit vervielfachen und so eine beträchtliche Verringerung der Betriebskosten bewirken. (Für mehr Informationen über Dosierernachfüllung siehe White Paper T-900017 "Smart Refill Technology in Loss-in-Weight Feeding")

Reinigungsmethode

Zusätzlich zu den oben angeführten mechanischen Konstruktionsmerkmalen existiert eine ganze Anzahl zusätzlicher Funktionen, über die ein Dosierer optional und in Abhängigkeit der Reinigungsmethode verfügen kann. Wenn zum Beispiel eine Nassreinigung in Frage kommt, muss erörtert werden, ob die Wash-in-Place oder die Rinse-in-Place Methode die für die Reinigung nötige Gesamtzeit verringern kann. In diesem Fall können Optionen wie einfahrbare Sprühdüsen und spezielle geneigte Rahmen für eine optimale Drainage des Dosierers sorgen, spezielle Reinigungsprotokolle optimieren die Waschzyklen bei der Initialreinigung. Auch bei der Trockenreinigung leisten die oben angeführten Optionen gute Dienste zur Minimierung der Ausfallzeiten aufgrund von Reinigungen.

Ein versierter Dosiererhersteller kann leicht die passenden Ausführungsoptionen für die Reduktion der benötigten Zeit für Reinigung und Wiedereinbau empfehlen.

Zusammenfassung

Gesamtdesign und Engineering eines Zutatendosierers in der Lebensmittelindustrie können eine ganze Anzahl verschiedener Optionen beinhalten, welche die Effizienz während des Betriebs steigern. Die Betrachtung dieser Optionen ist äusserst wichtig für die Evaluation der tatsächlichen Gesamtkosten einer Dosierung, die einerseits die Investitionskosten berücksichtigen muss und andererseits auch die Effekte der Optionen auf die Betriebs- und Materialkosten. Zu oft werden nur die offensichtlichen Anschaffungskosten berücksichtigt, während die Einsparungen, die ein effizientes Dosiersystem über seine Lebenszeit betrachtet einführt, und die inhärenten Prozessverbesserungen zum Zeitpunkt der Anschaffung nicht mit einkalkuliert werden.

Um zusätzliche Blätter aus dieser Serie herunterzuladen oder für weitere Angaben über die Produkte und Dienstleistungen der Coperion K-Tron, besuchen Sie

www.coperion.com