

Elektronische Druckkompensation für Differentialdosierer als zuverlässige und kostensparende Alternative zu traditionellen mechanischen Kompensationssystemen

Einführung

Bei gravimetrischen Dosierern in einem geschlossenen System können Druckschwankungen im Dosiererrichter oder am Auslauf falsche Gewichtssignale bewirken, die zu einem fehlerhaften Durchsatz und mangelnder Dosiergenauigkeit führen. Traditionell werden diese problematischen Druckschwankungen mechanisch kompensiert (Abb. 1). Jedoch können Faktoren wie bauliche Toleranzen, Anordnung und Alter der flexiblen Faltenbälge etc. die mechanische Druckkompensation beeinträchtigen. Die aufgrund der Druckschwankungen wirkenden Kräfte können somit nicht vollumfänglich ausgeglichen werden und machen diese teure Lösung unwirksam.

Das effiziente und trotzdem einfache elektronische Druckkompensationssystem EPC ist die Antwort von Coperion K-Tron auf diese Problemstellung. Diese Lösung verbessert massgeblich die Dosiergenauigkeit von Differentialdosierern in geschlossenen Systemen und kann kostengünstiger sein, als traditionelle mechanische Lösungen. Dazu ist EPC effektiver und zuverlässiger, wartungsfrei und auf bestehenden Systemen leicht nachzurüsten.

In diesem Dokument wird die Notwendigkeit von Druckkompensation für Differentialdosierer diskutiert, das Funktionsprinzip des EPC-Systems veranschaulicht und seine Wirksamkeit anhand von echten Felddaten nachvollzogen.

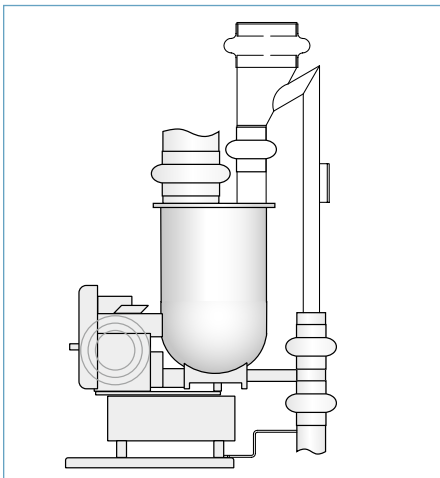


Abbildung 1 - Dosierer mit traditioneller mechanischer Druckkompensation auf dem Dosiererrichter und am Dosiererauslauf

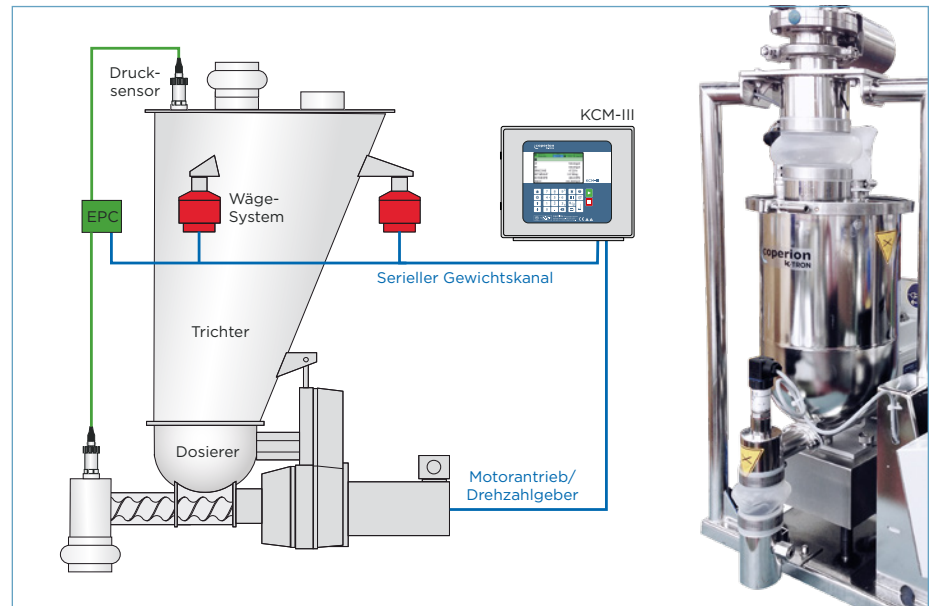


Abbildung 2 - Elektronische Druckkompensation EPC

Wozu Druckkompensation

In einem komplett von der Umgebung isolierten Druckbehälter wirken Druckkräfte gleichmässig nach allen Seiten und beeinträchtigen die Gewichtsmessung nicht. Der Dosierer hat jedoch in seinem Deckel eine Nachfüllöffnung und ist vom darüberliegenden, fix montierten Nachfüllventil mittels flexiblem Faltenbalg entkoppelt.

Druckschwankungen im Trichter

Der schlagartige Eintrag von Material in den Dosiererrichter bei einer Nachfüllung erhöht den Luftdruck im Trichter. Der ansteigende Druck dehnt sich gleichmässig nach allen Seiten aus und wirkt so auch aufwärts auf den Trichterdeckel und das Nachfüllventil. Weil der Druck im Bereich der Nachfüllöffnung nicht auf den Trichterdeckel wirkt, sondern auf das darüberliegende Nachfüllventil, balancieren sich die im Trichter wirkenden Kräfte nicht aus. Aufgrund der Öffnung im Trichter sind die aufwärts wirkenden Kräfte kleiner als diejenigen, welche entgegengesetzt auf den Trichterboden wirken. Die grösseren, nach unten wirkenden Kräfte erhöhen das Gewichtssignal. Die Differentialsteuerung interpretiert in diesem Fall das erhöhte Gewichtssignal als reduzierten Durchsatz und reagiert fälschlicherweise mit einer

Erhöhung des Dosiererausstrags, was zu einem Istwertfehler führt.

Luftdruckprobleme im Trichter können auch andere Ursachen haben, wie z.B. ein verschmutzter Filter, eine Staubabsaugung via Trichterbelüftung oder eine Stickstoffüberlagerung. Wenn Staubabsaugung oder Stickstoffüberlagerung über mehrere Dosierer querverbunden sind, treten bei der Nachfüllung eines Dosierers in allen Dosiererrichtern Druckveränderungen auf.

Druckschwankungen am Auslauf

Eine Druckveränderung am Dosiererauslauf verfälscht ebenfalls das Gewichtssignal, wenn der Auslauf luftdicht verschlossen ist. Der ansteigende Druck im Auslaufrohr drückt nach oben gegen den Verschluss, der, wenn am Dosierer befestigt, diesen aufwärts drückt und das gewogene Gewicht reduziert.

Eine mechanische Druckkompensation am Dosiererauslauf gleicht Druckschwankungen aus, indem der Deckel fix an einer Aussenstruktur montiert und mittels flexiblem Faltenbalg vom Dosierer entkoppelt wird.

Druckkompensationsprobleme am Auslauf können entstehen durch Gegendruck vom Extruder, Pulsation der Extruderschnecke, Stickstoffüberlagerung, etc.

Berechnungsbeispiel

Das folgende Beispiel geht von einem Dosierer aus mit einer runden, 15.24 cm [6"] grossen Nachfüllöffnung im Trichterdeckel und der mittels flexiblem Faltenbalg von der umliegenden Konstruktion entkoppelt ist. Unter der Annahme, dass der Druck im Trichter um 0.007 bar [0.1 PSI] ansteigt, erhöht sich das Dosierergewicht um 1.28 kg [2.8 lb].

Formeln:

$$A = \pi \times R^2 \quad (\text{Kreisfläche} = \pi \times \text{Radius im Quadrat})$$

$$F = p \times A \quad (\text{Kraft} = \text{Druck} \times \text{Fläche})$$

Englische Einheiten:

$$F = 0.1 \text{ PSI} \times 3.14 \times 3 \text{ in} \times 3 \text{ in}$$

$$F = 2.83 \text{ lb}$$

Metrische Einheiten:

$$F = 0.007 \text{ bar} \times 3.14 \times 7.62 \text{ cm} \times 7.62 \text{ cm}$$

$$F = 1.28 \text{ kg}$$

Dieses einfache Beispiel vernachlässigt die Belüftungsöffnung im Deckel aber veranschaulicht, wie bereits kleine Druckdifferenzen einen grossen Einfluss auf das gewogene Dosierergewicht haben können.

Die Technik hinter EPC

Eine Druckkompensation kann auf dem Dosiererrichter, am Dosiererauslauf oder an beiden Orten erforderlich sein. Die elektronische Druckkompensation von Coperion K-Tron basiert auf einem hochpräzisen Drucksensor, der auf dem Trichterdeckel und/oder am Auslaufrohr installiert ist und fortwährend den Druck misst. Das Sensorsignal wird via EPC-Board an die KCM Dosierersteuerung übermittelt, wo es für die dynamische Kompensation der Druckschwankungen und somit zur Korrektur von Wägefehlern verwendet wird.

Der EPC-Sensor misst die atmosphärische Druckdifferenz (relativ zum Atmosphärendruck). Dank Einsatz hochpräziser Drucksensoren ist das EPC in der Lage, Druckschwankungen im Bereich von ± 50 mBar zu messen und auszugleichen. Liegt die Druckdifferenz ausserhalb dieses Bereiches, wird ein Alarm ausgelöst.

EPC kann auf dem Dosiererrichter, am Dosiererauslauf oder an beiden Orten installiert werden. Ebenso ist es möglich, EPC auf dem Trichter einzusetzen und am Dosiererauslauf die traditionelle mechanische Druckkompensation zu verwenden. Es ist jedoch nicht möglich, am Dosiererauslauf gleichzeitig EPC und mechanische Druckkompensation anzuwenden.

EPC vs. traditionelle Lösung

Elektronische Druckkompensation wird eingesetzt, um Druckschwankungen inner-

halb eines Dosierers automatisch zu erkennen und das Gewichtssignal entsprechend anzupassen. EPC bietet für die Behebung von Problemen mit Druckdifferenzen in Differentialdosierern klare Vorteile gegenüber traditionellen mechanischen Druckkompensationslösungen, besonders bei Druckschwankungen im Dosiererrichter:

- einfaches, kostensparendes Design
- weniger Bauteile, einfache Installation und Reinigung
- höhere Effizienz und Zuverlässigkeit
- Wartungsfreiheit
- einfache Nachrüstung für bestehende Systeme
- gemessene Werte sind elektronisch verfügbar
- Alarme für Über-/Unterdruck

EPC auf dem Dosiererrichter

Die traditionelle mechanische Druckkompensation am Trichter ist recht komplex und muss fachmännisch installiert werden. Jede Abweichung, z.B. ein Versatz von Einlaufrohr und Füllöffnung, beeinflusst das Resultat negativ. Im Vergleich dazu ist EPC einfach zu installieren, selbstoptimierend und bedeutend kostengünstiger.

EPC am Dosiererauslauf

Bei einem luftdicht verschlossenen Dosiererauslauf, der mittels flexiblem Faltenbalg mit dem Folgeprozess verbunden ist, führen Druckschwankungen ebenfalls zu einem Gewichtsfehler. Dieser kann mit einem separaten Drucksensor, welcher am gleichen EPC-Klemmenkasten angeschlossen wird, korrigiert werden.

Traditionelle mechanische Druckkompensation am Dosiererauslauf ist meist sehr einfach und effektiv und deshalb oft eine gute Lösung. Andererseits erfordert auch ein relativ einfaches mechanisches Kompensationssystem regelmässige Wartung und periodisch die Nachjustierung oder den Ersatz der flexiblen Faltenbälge. Deshalb ist EPC in manchen Fällen doch die bessere Wahl, sogar im Vergleich zu einer einfachen mechanischen Lösung am Dosiererauslauf.

Ein Anwendungsbeispiel

Dieses Beispiel aus der Praxis zeigt, wie ein zugesetzter Filter zu Störungen führen kann, und repräsentiert gleichzeitig eine typische Situation, in der Probleme durch den Einsatz von EPC behoben werden können.

Ein Differentialdosierer in einem geschlossenen System zeigte nach jeder Nachfüllung Unregelmässigkeiten im Istwertsignal. Als Nachfüllorgan über dem Dosierer diente ein Vakuumabscheider mit motorbetriebenem Austragsventil. Um handfeste Daten für eine Diagnose zu sammeln, wurde ein EPC-Feldtestpaket von Coperion K-Tron eingesetzt, das den Druck während der Dosierelaufzeit mass. (Funktionen und Ein-

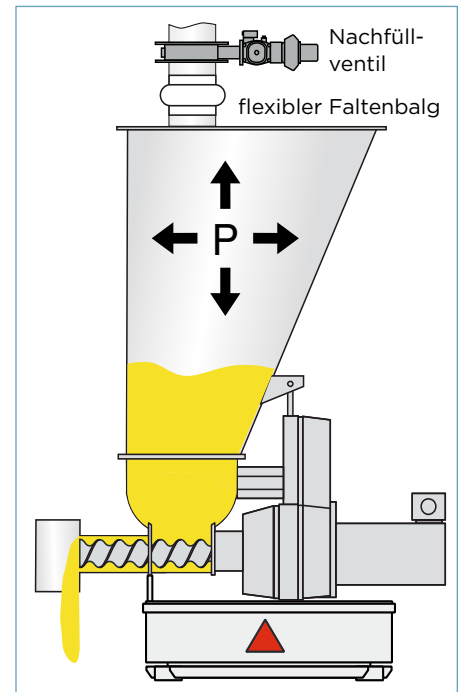


Abbildung 3 - Druckkräfte wirken gleichmässig nach allen Seiten

satz des Feldtestpakets werden am Ende dieses Dokuments beschrieben.)

Das Diagramm in Abb. 4 zeigt die Druckkurve, welche durch die Daten beschrieben wird, die mit dem Feldtestpaket während drei Nachfüllzyklen aufgezeichnet wurden. Das Diagramm in Abb. 5 zeigt den ersten Nachfüllzyklus im Detail.

Der Druck wurde vor Diagrammerstellung in Gramm umgerechnet. Der Sollwert des Dosierers betrug 150 kg/h und die Umschaltverzögerung (Verzögerung nach der Nachfüllung) war 5 Sekunden, so dass die gravimetrische Dosierersteuerung Unregelmässigkeiten während dieser Zeit ignorierte. Der Nachfüllzyklus bestand darin, dass das Ventil für 10 Sekunden geöffnet wurde und die Fluidisierungskissen während dieser Zeit aktiviert wurden. Die Fluidisierungskissen pumpten Luft in den Abscheider und unterstützten so den Pulveraustrag.

Der Pulveraustrag aus dem Abscheider und in den Dosierer dauerte ungefähr drei Sekunden (t22-t25) und erzeugte grosse Druckspitzen im Dosiererrichter, da sich die verdrängte Luft durch den zugesetzten BelüftungsfILTER sowie zurück in den Abscheider zwängte. Die Fluidisierungskissen blieben für weitere sieben Sekunden aktiv (t25-t32), bis das Nachfüllventil geschlossen wurde. Nachdem dieses geschlossen war, sank der Druck im Trichter während der folgenden 20 Sekunden kontinuierlich ab, bis er sich schliesslich auf einem leicht negativen Wert stabilisierte. (Der kontinuierliche Materialaustrag aus dem Dosierer zieht ein leichtes Vakuum im Trichter, da die Luft nicht frei nachströmen kann, um das ausgetragene Pulver zu ersetzen.)

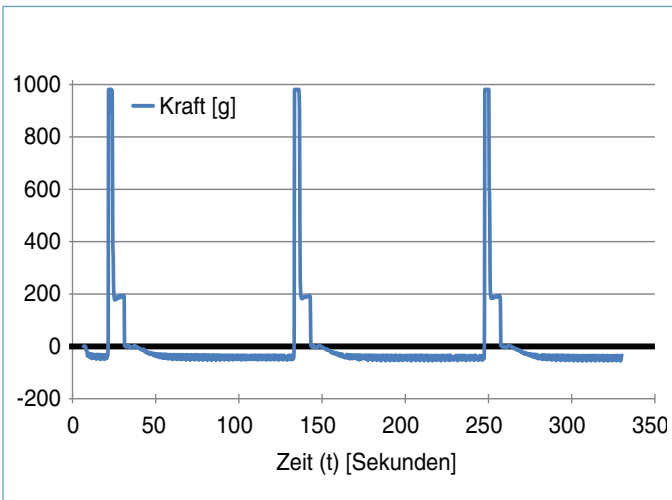


Abbildung 4 - Druckkurve basierend auf den mit dem Feldtestpaket gemessenen Werten

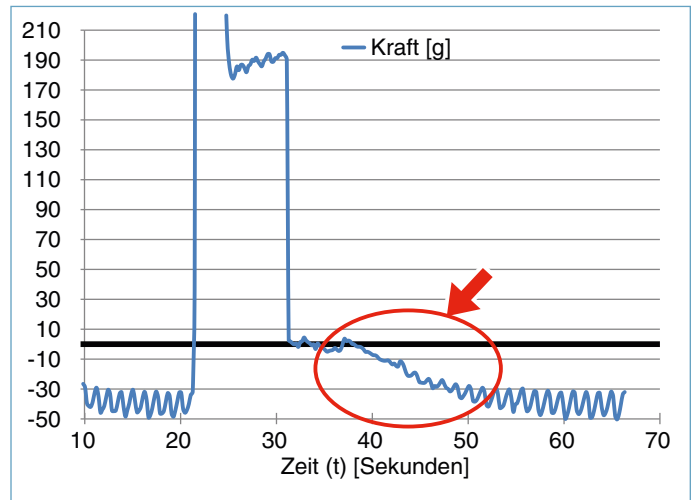


Abbildung 5 - 60-Sekunden-Detail der Druckkurve

Beurteilung

Der Dosierfehler trat in den zwanzig Sekunden auf, in denen sich der Druck langsam abbaute und sich schliesslich stabilisierte. Der allmähliche Druckabbau im Dosiertrichter über diese 20 Sekunden führte zu einer Reduktion des Dosierergewichts und einem scheinbaren Überdosierungszustand. Dies wurde durch das Ausschlagen der Istwert-Anzeige nach jeder Nachfüllung ersichtlich.

Noch bedeutender war jedoch die Reaktion der gravimetrischen Steuerung auf die scheinbare Überdosierung: sie drosselte die Motorgeschwindigkeit. Während also die Istwertanzeige den Anschein erweckte, als würde der Dosierer im Anschluss an die Nachfüllung überdosieren, geschah tatsächlich das Gegenteil.

Das Istwertdiagramm zeigt einen gefilterten Durchsatz mit einem 60-Sekunden-Exponentialfilter und einem Fehler von 40 Gramm, akkumuliert über eine Dosierspanne von 20 Sekunden.

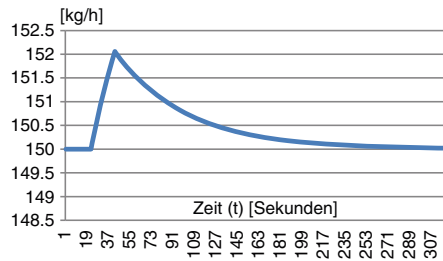


Abbildung 6 - Durchsatzdiagramm beschreibt Spitze nach jeder Trichternachfüllung

Das Detaildiagramm verdeutlichte einen weiteren interessanten Aspekt der gesammelten Druckwerte: gleichbleibende Pulsationen im Sekundentakt. Die genaue Betrachtung dieser Dosierdaten zeigte, dass die oszillierende Druckkurve mit der Schneckengeschwindigkeit korrelierte. Bei diesem Dosierer handelt es sich um einen Einzelschneckendosierer, der dazu tendiert, das Pulver stossweise auszutragen und

nicht gleichmässig wie ein Doppelschneckendosierer. Der sehr empfindliche Sensor war klar in der Lage aufzuzeigen, dass bereits sehr kleine Druckschwankungen das Dosierergewicht beeinflussen können.

Fazit

Dies ist eine typische Anwendung für das elektronische Druckkompensationssystem von Coperion K-Tron. Basierend auf der tatsächlichen Druckmessung durch den EPC-Sensor im Inneren des Dosiertrichters oder am Auslauf, werden Druckveränderungen auch als solche erkannt und nicht mehr als Veränderungen des Schüttgutgewichts fehlinterpretiert. Die über das EPC-Board übertragenen Daten versetzen die gravimetrische Dosiersteuerung in die Lage, den Durchsatz korrekt zu regulieren, was die Einhaltung der geforderten, hochgenauen Dosierleistung ermöglicht, sogar während und nach Nachfüllvorgängen.

Feldtestpaket

Das Feldtestpaket ist ein handliches Werkzeug, um Druckveränderungen in einem Trichter zu messen und aufzuzeichnen. Es dient dazu, handfeste Daten für die Einschätzung der aktuellen Drucksituation zu sammeln und das Ausmass von druckbedingten Dosierfehlern einzuschätzen.

Das Paket setzt sich zusammen aus einem Drucksensor mit USB-Interface, einem USB-Kabel für den Anschluss an einen PC oder Laptop, einem Silikon-Installationsadapter mit Schlauch und einer Datenerfassungssoftware. Der Silikon-Adapter schützt den Tyvek-Luftschlauch vor dem Zusammenquetschen, und ermöglicht den Wiederverschluss von Bandklemme und Faltenbalg.

Vor Ort wird ein PC/Laptop mit installierter Druckmesssoftware (Download via Internet) und USB-Anschluss benötigt, der während der Messung mit dem Feldtestpaket verbunden ist. Ein vorkonfiguriertes Excel-Sheet wird für die Auswertung der Messdaten zur Verfügung gestellt.

Das Feldtestpaket kann bei der Entscheidung darüber helfen, ob in die Eliminierung von möglichen Druckproblemen investiert werden soll.

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