

Messung und Regelung des Materialflusses

Prinzip

Bei der Messung des Materialflusses / der Fließgeschwindigkeit handelt es sich um ein dynamisches Messverfahren.

Die Fließgeschwindigkeit des Materials wird aus der Änderung des Gewichtes im Dosierbehälter errechnet. Um den Materialfluss berechnen zu können muss das Gewicht in einer bestimmten Zeit sich um einen Wert verändern. Als Zeitbasis wurde eine Sekunde festgelegt. Da jedoch die Waage über eine begrenzte Auflösung des Messbereiches verfügt, sind kurze Zeiten für die Erfassung der Gewichtsunterschiede nur bei großen Fließgeschwindigkeiten geeignet.

Beispiel:

Meßbereich der Waage: 50.00 kg, Auflösung: 5000 Skalenteile => 0,01 kg, Flusswert: 20 kg / Min.

Zu Beginn der Flusswertberechnung stand die Waage auf 40.00 kg.
Daraus ergeben sich folgende (theoretische) Werte:

Zeit [Sek.]	Anzeige [kg]	Zeitdifferenz = 1 Sek.			Zeitdifferenz = 2 Sek.			Zeitdifferenz = 5 Sek.			Zeitdifferenz = 10 Sek.			Berechnungsart "AuTeSe"		
		kg / Sek.	kg / Min.	kg / Std.	kg / Sek.	kg / Min.	kg / Std.	kg / Sek.	kg / Min.	kg / Std.	kg / Sek.	kg / Min.	kg / Std.	kg / Sek.	kg / Min.	kg / Std.
0	40.00	0,000	00,00	0000,0	0,000	0,00	0000,0	0,000	0,00	0000,0	0,000	00,00	0000,0	0,000	00,00	0000,0
1	39.67	0,330	19,80	1188,0	0,165	9,90	0594,0	0,066	3,96	0237,6	0,033	01,98	0118,8	0,130	07,80	0468,0
2	39.33	0,340	20,40	1224,0	0,335	20,10	1206,0	0,134	8,04	0482,4	0,067	04,02	0241,2	0,230	13,80	0828,0
3	39.00	0,330	19,80	1188,0	0,335	20,10	1206,0	0,200	12,00	0720,0	0,100	06,00	0360,0	0,288	17,30	1038,0
4	38.67	0,330	19,80	1188,0	0,330	19,80	1188,0	0,266	15,96	0957,6	0,133	07,98	0478,8	0,315	18,90	1134,0
5	38.33	0,340	20,40	1224,0	0,335	20,10	1206,0	0,334	20,04	1202,4	0,167	10,02	0601,2	0,330	19,80	1188,0
6	38.00	0,330	19,80	1188,0	0,335	20,10	1206,0	0,334	20,04	1202,4	0,200	12,00	0720,0	0,333	19,96	1197,6
7	37.67	0,330	19,80	1188,0	0,330	19,80	1188,0	0,332	19,92	1195,2	0,233	13,98	0838,8	0,333	20,00	1200,0
8	37.33	0,340	20,40	1224,0	0,335	20,10	1206,0	0,334	20,04	1202,4	0,267	16,02	0961,2	0,333	20,00	1200,0
9	37.00	0,330	19,80	1188,0	0,335	20,10	1206,0	0,334	20,04	1202,4	0,300	18,00	1080,0	0,333	20,00	1200,0
10	36.67	0,330	19,80	1188,0	0,330	19,80	1188,0	0,332	19,92	1195,2	0,333	19,98	1198,8	0,333	20,00	1200,0
11	36.33	0,340	20,40	1224,0	0,335	20,10	1206,0	0,334	20,04	1202,4	0,334	20,04	1202,4	0,333	20,00	1200,0
12	36.00	0,330	19,80	1188,0	0,335	20,10	1206,0	0,334	20,04	1202,4	0,333	19,98	1198,8	0,333	20,00	1200,0
13	35.67	0,330	19,80	1188,0	0,330	19,80	1188,0	0,332	19,92	1195,2	0,333	19,98	1198,8	0,333	20,00	1200,0
14	35.33	0,340	20,40	1224,0	0,335	20,10	1206,0	0,334	20,04	1202,4	0,334	20,04	1202,4	0,333	20,00	1200,0
15	35.00	0,330	19,80	1188,0	0,335	20,10	1206,0	0,334	20,04	1202,4	0,333	19,98	1198,8	0,333	20,00	1200,0
16	34.67	0,330	19,80	1188,0	0,330	19,80	1188,0	0,332	19,92	1195,2	0,333	19,98	1198,8	0,333	20,00	1200,0
17	34.33	0,340	20,40	1224,0	0,335	20,10	1206,0	0,334	20,04	1202,4	0,334	20,04	1202,4	0,333	20,00	1200,0
18	34.00	0,330	19,80	1188,0	0,335	20,10	1206,0	0,334	20,04	1202,4	0,333	19,98	1198,8	0,333	20,00	1200,0
19	33.67	0,330	19,80	1188,0	0,330	19,80	1188,0	0,332	19,92	1195,2	0,333	19,98	1198,8	0,333	20,00	1200,0
20	33.33	0,340	20,40	1224,0	0,335	20,10	1206,0	0,334	20,04	1202,4	0,334	20,04	1202,4	0,333	20,00	1200,0

Aus dieser Tabelle ist abzulesen, dass bei der Festlegung der Zeitdifferenz auf eine Sekunde der Flusswert in der Darstellung in kg/Min. zwischen den Werten 20,40 und 19,80 springen würde. Wird die Zeitdifferenz auf zehn Sekunden festgelegt, so würde der Flusswert noch zwischen den Werten 20.04 und 19,98 kg/Min. springen. Der Mittelwert würde zwar in allen Fällen genau bei 20 kg/Min. liegen, jedoch diese Berechnungsmethode ist für die Praxis nur bedingt brauchbar.

Noch deutlicher wird das Problem, wenn aus demselben Behälter Material mit einer Fließgeschwindigkeit von 0,1 kg/Min. gefördert werden sollte. Dann würden wir Flusswerte erhalten wie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Zeit [Sek.]	Anzeige [kg]	Zeitdifferenz = 1 Sek.			Zeitdifferenz = 2 Sek.			Zeitdifferenz = 5 Sek.			Zeitdifferenz = 10 Sek.			Berechnungsart "AuTeSe"		
		kg / Sek.	kg / Min.	kg / Std.	kg / Sek.	kg / Min.	kg / Std.	kg / Sek.	kg / Min.	kg / Std.	kg / Sek.	kg / Min.	kg / Std.	kg / Sek.	kg / Min.	kg / Std.
0	40,00	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	0,0	0,000	0,00	0,0	0,000	0,00	0,0
1	40,00	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	0,0	0,000	0,00	0,0	0,001	0,04	2,3
2	40,00	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	0,0	0,000	0,00	0,0	0,001	0,07	4,1
3	40,00	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	0,0	0,000	0,00	0,0	0,001	0,09	5,2
4	39,99	0,010	0,60	36,0	0,005	0,30	18,0	0,002	0,12	7,2	0,001	0,06	3,6	0,002	0,09	5,7
5	39,99	0,000	0,00	00,0	0,005	0,30	18,0	0,002	0,12	7,2	0,001	0,06	3,6	0,002	0,10	5,9
6	39,99	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	00,0	0,002	0,12	7,2	0,001	0,06	3,6	0,002	0,10	6,0
7	39,99	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	00,0	0,002	0,12	7,2	0,001	0,06	3,6	0,002	0,10	6,0
8	39,99	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	00,0	0,002	0,12	7,2	0,001	0,06	3,6	0,002	0,10	6,0
9	39,99	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	0,0	0,001	0,06	3,6	0,002	0,10	6,0
10	39,98	0,010	0,60	36,0	0,005	0,30	18,0	0,002	0,12	7,2	0,002	0,12	7,2	0,002	0,10	6,0
11	39,98	0,000	0,00	00,0	0,005	0,30	18,0	0,002	0,12	7,2	0,002	0,12	7,2	0,002	0,10	6,0
12	39,98	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	00,0	0,002	0,12	7,2	0,002	0,12	7,2	0,002	0,10	6,0
13	39,98	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	00,0	0,002	0,12	7,2	0,002	0,12	7,2	0,002	0,10	6,0
14	39,98	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	00,0	0,002	0,12	7,2	0,001	0,06	3,6	0,002	0,10	6,0
15	39,98	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	0,0	0,001	0,06	3,6	0,002	0,10	6,0
16	39,97	0,010	0,60	36,0	0,005	0,30	18,0	0,002	0,12	7,2	0,002	0,12	7,2	0,002	0,10	6,0
17	39,97	0,000	0,00	00,0	0,005	0,30	18,0	0,002	0,12	7,2	0,002	0,12	7,2	0,002	0,10	6,0
18	39,97	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	00,0	0,002	0,12	7,2	0,002	0,12	7,2	0,002	0,10	6,0
19	39,97	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	00,0	0,002	0,12	7,2	0,002	0,12	7,2	0,002	0,10	6,0
20	39,97	0,000	0,00	00,0	0,000	0,00	00,0	0,002	0,12	7,2	0,001	0,06	3,6	0,002	0,10	6,0

In diesem Fall wird bei jeder Darstellung zwar der Mittelwert bei 0,10 kg/Min. bzw. 6 kg/Std. liegen, jedoch der momentane Wert wird wegen der großen Sprünge für den Anwender unbrauchbar sein.

Daraus folgt: um mit dieser Berechnungsmethode den Flusswert auf 1% genau berechnen zu können, ist es notwendig eine Zeitdifferenz festzulegen, in der das Gewicht um 100 Skalenteile verändert wird.

Bei einem Flusswert von 20 kg/Min. würden es 3 Sekunden, bei einem Flusswert von 0,1 kg/Min würden es 600 Sekunden, also 10 Minuten sein.

Die Anzeige würde zu träge sein und in bestimmten Fällen wird der Flusswert sogar zunehmen, obwohl in Wirklichkeit der Wert bereits abnehmen wird. Für eine Regelung des Flusswertes vollkommen ungeeignet. Zusätzlich wird während der Anlaufzeit von 10 Min. der Flusswert erst aufgebaut werden.

Um lange Zeitdifferenzen und damit träge Anzeigen zu vermeiden, wurde ein Berechnungsalgorithmus „AuTeSe“ entwickelt, der unabhängig vom Flusswert und Meßbereich die Fließgeschwindigkeit bzw. deren Änderung innerhalb von 6 Sek. (wenn die innerhalb einer Sek. gemessene Gewichts-differenz unterhalb der Rauschgrenze liegt) auf ca. 1% genau berechnen kann. Längere Berechnungszeiten führen zu noch größerer Genauigkeit.

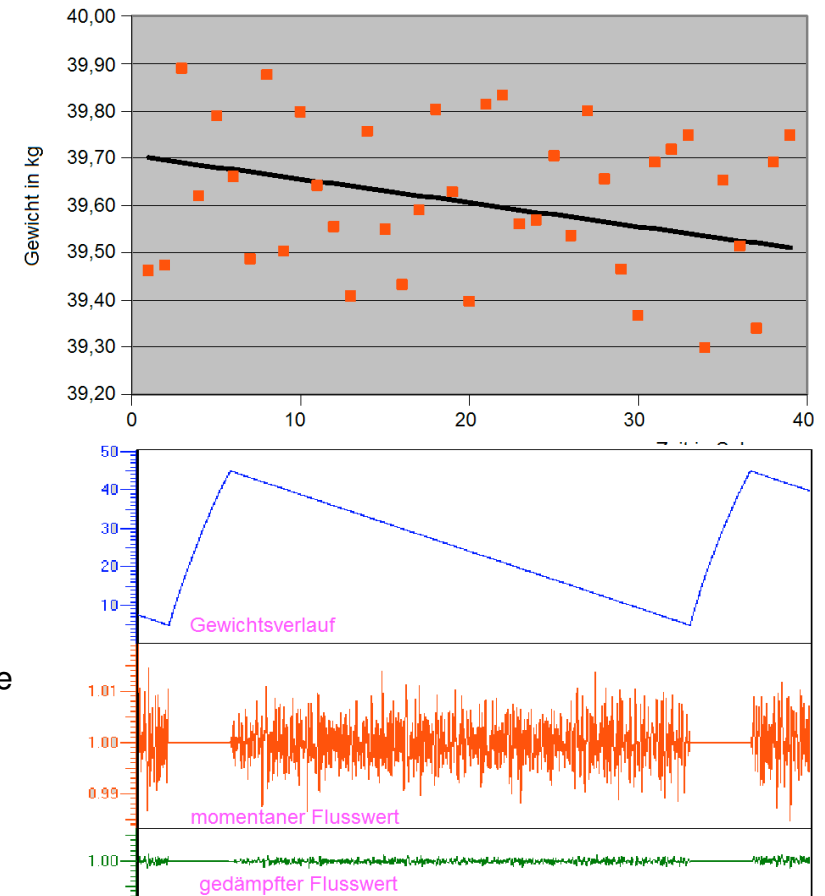
Diese rasche Genauigkeit wird bei einem sehr gleichmäßigen Materialfluss und störungsfreiem Betrieb erreicht z.B. wenn Flüssigkeit aus einem Behälter über ein Proportionalventil dosiert wird. In der Praxis werden für die Materialförderung jedoch meistens Pumpen, Zellenradschleusen, Schnecken, Rüttelrinnen,... gebraucht. Sie fördern das Material nicht sehr gleichmäßig bzw. verursachen Schwankungen des Gewichtes (obere Zeichnung). Damit wird auch der momentane Flusswert schwanken.

Diese Schwankungen werden durch Dämpfung minimiert (untere Zeichnung). Die üblichen Dämpfungswerte sind vom Material, mechanischem Aufbau und Förderorgan abhängig. In der Praxis haben sich folgende Dämpfungswerte bewährt:

- Zahnradpumpe: 0 - 6 dB,
- Kolbenpumpe: 2 - 10 dB,
- Zellenradschleuse: 1 - 8 dB,
- Sacke: 5 - 20 dB,
- Rüttelrinne: 2 - 30 dB,

Auch ein stark gedämpfter Flusswert folgt mit seinem Trend innerhalb von wenigen Sekunden dem tatsächlichen Flusswert, den ein nachgeschalteter Regler konstant halten kann.

Nach genauer Kenntnis des Prozesses kann die Methode der Flussberechnung programmtechnisch optimiert werden.



Hardware



Die Aufgabe der Materialflusserfassung kann mit mehreren Wägecontroller einiger Hersteller (Beispiele) gelöst werden. Alle diese Controller sind sehr zuverlässig, sehr gut verfügbar, sehr genau. Es wird für Ihre Anwendung der optimale Controller eingesetzt. Die Hauptkriterien für die Wahl des Controllers sind: Art der Montage, Zahl der digitalen und analogen Ein- und Ausgänge, Art und Anzahl der Schnittstellen, Anzeige, Tastatur, Bedienungsfreundlichkeit ... Die Software arbeitet nach dem gleichen, oben beschriebenen Prinzip, und kann an Ihre Bedürfnisse angepasst werden.



Alle diese Wägecontroller arbeiten mit Wägezellen mit Dehnungsmessstreifen. Für besondere Ansprüche (teuer) können auch Lösungen mit Wägezellen, die nach dem Prinzip der elektromagnetischen Kraftkompensation funktionieren. Damit ist es möglich die Fließgeschwindigkeit in einem Zehntel der Zeit bzw. in gleicher Zeit eine Dezimalstelle genauer zu berechnen.

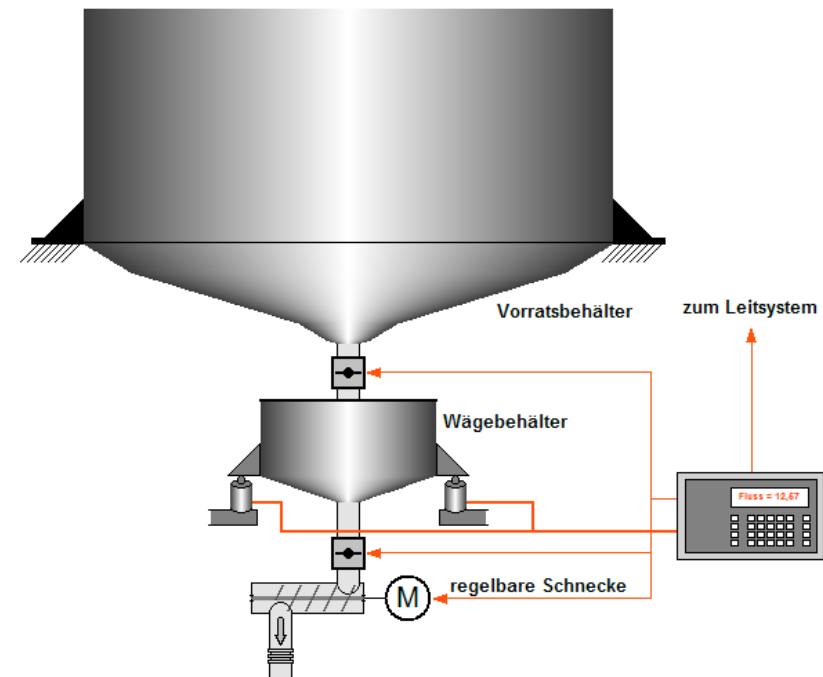
Materialflussregelung

In vielen Produktionsprozessen ist es nicht ausreichend die Fließgeschwindigkeit zu erfassen, sondern erforderlich flüssige, pulverförmige oder granulate Produkte kontinuierlich mit einer festgelegten Menge pro Zeiteinheit zuzuführen. In der hier dargestellten Applikation wird das in dem Wägebehälter sich befindende Material mit einem regelbaren Förderorgan gleichmäßig ausgetragen. Das Förderorgan kann über Profibus, eine analoge (0/4-20mA) oder serielle (RS232, RS422/485) Schnittstelle angesteuert werden. Nach dem Unterschreiten eines festgelegten Minimum-Gewichtes im Wägebehälter, wird der Wägebehälter automatisch aufgefüllt. In dieser Zeit wird das Material kontinuierlich weiter ausgetragen. So entsteht ein gleichmäßiger ununterbrochener Materialfluss.

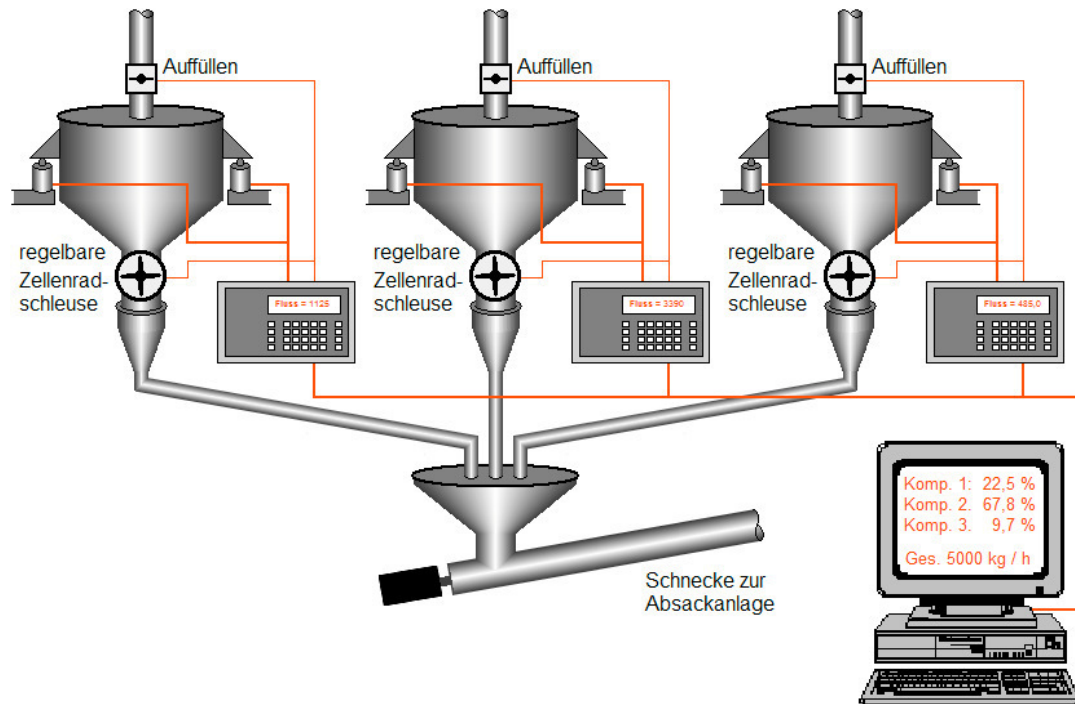
Merkmale:

- MPID-Regler
- Selbsteinstellung der MPID-Parameter
- zusätzliche Parameter für Materialflussregelung
- Anzeige des aktuellen Flusswertes, der ausgetragenen Materialmenge und des Stellwertes
- automatisches Auffüllen
- Alarmausgänge: Minimum, Maximum, Flusswert außerhalb des Toleranzbandes
- einfache Bedienung.

Die Genauigkeit und Gleichmäßigkeit der Austragung ist abhängig vom Förderorgan (Proportionalventil, Pumpe, Schnecke, Zellenradschleuse, Rüttelrinne...), dem mechanischen Aufbau und dem Material. In der Praxis liegt die mathematische Abweichung des Materialflusses zwischen 1,0% und 0,1% vom Sollwert.



Kontinuierliche Produktion



Mehrere Wägecontroller mit der Software "Materialflussregelung" können in einem Produktionsprozess von einem PC gesteuert werden. Der Bediener kann die Mengenverhältnisse in %-Angaben und die Gesamtleistung pro Zeiteinheit vorgeben. Die Austragsleistungen sowie das momentane und das gesamte Mischungsverhältnis werden überwacht und dokumentiert.

Im Vergleich zur diskontinuierlichen Produktion sind die Mengen nicht an bestimmte Chargengrößen gebunden und können im laufenden Prozess geändert werden. Die Anlage nimmt weniger Platz ein, die Mischzeit wird erheblich verkürzt, und in gewissen Fällen kann sogar auf einen Mischer verzichtet werden.