

Partikelgrößenanalyse Sichtanalyse mit Schwerkraft-Gegenstromsichter

DIN 66 119

Particle size analysis; size analysis by air classification with gravitation-counterflow elutriator
Granulométrie; analyse granulométrique par élutriation avec séparateur contre-courant par gravité

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich und Zweck	1	6 Ermitteln der Sichtdauer und der Trenngrenze	5
2 Begriffe	1	7 Formelzeichen	6
3 Grundlagen und Arbeitsweise	1	Zitierte Normen und andere Unterlagen	7
4 Geräte	2	Weitere Normen	7
5 Probenvorbereitung	4		

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm gilt für das Verfahren zur Ermittlung von Verteilungskurven (Verteilungssummen- oder Verteilungsdichtekurven, siehe DIN 66 141) disperser Feststoffe im Bereich der Partikelgrößen von etwa 5 bis etwa 40 µm¹⁾ durch Schwerkraft-Gegenstromsichter. Diese Geräte können auch zur Herstellung von Fraktionen bestimmter Größenklassen verwendet werden.

2 Begriffe

Für die Definition von Begriffen gilt DIN 66 142 Teil 2.

3 Grundlagen und Arbeitsweise

3.1 Grundlagen

Für die Grundlagen der Sichtanalyse gilt DIN 66 118 (z. Z. Entwurf).

3.2 Arbeitsweise²⁾

3.2.1 Trennung in einer lotrechten Gasströmung konstanter Steiggeschwindigkeit

Bei der Sichtanalyse wird die Feinheit eines Einzelpartikels durch seine Sinkgeschwindigkeit (siehe DIN 66 111, z. Z. Entwurf) in einem ruhenden Gas, meist Luft, bestimmt. Die Sinkgeschwindigkeit ist deshalb das gemeinsame Feinheitsmerkmal aller Verfahren der Sichtanalyse. Bei Schwerkraft-Gegenstromsichtern findet die Trennung des dispersen Aufgabegutes in zwei Sinkgeschwindigkeitsklassen in einem lotrechten, von unten nach oben strömenden Luftstrom von theoretisch konstanter Geschwindigkeit v statt.

In die Strömung eingebrachte Feststoffpartikel mit Sinkgeschwindigkeiten w_g , die kleiner sind als die Geschwindigkeit v , folgen der Strömung und verlassen die Trennzone mit der Geschwindigkeit $v_p = v - w_g$. Partikel mit $w_{gt} = v$ schweben in der Trennzone, während Partikel mit größeren Sinkgeschwindigkeiten w_g als die Geschwindigkeit v der Strömung entgegen (Gegenstrom) nach unten aussedimentieren.

¹⁾ Bezogen auf eine Feststoffdichte von 2,5 g/cm³

²⁾ Gilt für den Zick-Zack-Sichter nach F. Kaiser nur bedingt (siehe Abschnitt 4.6)

Die Geschwindigkeit v bestimmt demnach die Trennung. Der der Trennzone zugeordnete Sinkgeschwindigkeits-Äquivalentdurchmesser x_{tw} läßt sich für die Bewegung in Luft, sofern die Reynoldszahl $Re \leq 0,25$ ist, anhand von Gleichung (1) errechnen:

$$x_{tw}^2 = \frac{18 \eta}{\rho_s \cdot g} \cdot v \quad (1)$$

Wegen $\rho_s \gg \rho_L$ wurde die Luftdichte ρ_L in Gleichung (1) vernachlässigt.

Für Reynoldszahlen $Re \leq 10$ läßt sich der Sinkgeschwindigkeits-Äquivalentdurchmesser der Trenngrenze x_t mit der Approximationsformel für den Widerstandsbeiwert

$$c_w = (24/Re) + 2 \quad (2)$$

nach Gleichung (3) berechnen:

$$x_t = \frac{3 \rho_L v^2}{4 g \cdot \rho_s} + \sqrt{\left(\frac{3 \rho_L \cdot v^2}{4 g \cdot \rho_s} \right)^2 + \frac{18 \eta \cdot v}{g \cdot \rho_s}} \quad (3)$$

3.2.2 Trennung in einem lotrechten, von unten nach oben durchströmten Rohr

Die Trennzone eines Schwerkraft-Gegenstromsichters besteht aus einem lotrechten, zylindrischen Rohr, das von einem konstanten Luftstrom von unten nach oben durchströmt wird.

Einige der herkömmlichen Schwerkraft-Gegenstromsichter besitzen Sichtrohre mit einem Längen(L)-Rohrdurchmesser(D_s)-Verhältnis $L/D_s \gg 1$, um ein vollausgebildetes Laminarprofil der Strömungsgeschwindigkeiten am oberen Rohrende zu erzielen. Die vielfach am Rohreinlauf vorhandene Gleichverteilung der Strömungsgeschwindigkeiten ändert sich in diesen Sichtrohren in Abhängigkeit von der Rohrlänge, es bildet sich ein Strömungsprofil mit beschleunigten Stromfäden in der Rohrmitte und verzögerten Stromfäden in Wandnähe aus.

Die größte Strömungsgeschwindigkeit tritt in der Rohrachse am oberen Rohrende auf und beträgt:

$$v_{\max} = 2 \bar{v} \quad (4)$$

Längs eines einzelnen Stromfadens bestimmt die kleinste Strömungsgeschwindigkeit die Trennung. Ist die kleinste Strömungsgeschwindigkeit am unteren Ende eines Strom-

Fortsetzung Seite 2 bis 7

Normenausschuß Siebböden und Kornmessung (NASK) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

fadens vorhanden, so sind höhere Strömungsgeschwindigkeiten in zeitlich nachfolgenden Positionen für die Trennung unmaßgeblich, sie sind jedoch von Vorteil, da sie wegen $v_p = v - w_g$ Feingut schneller aus dem Strömungsröhr entfernen. Die örtliche Strömungsgeschwindigkeit v wird bei der praktischen Anwendung des unter Abschnitt 3.1 angegebenen Prinzips in einem lotrechten, zylindrischen Röhr meist durch die über den Röhrquerschnitt A (A = Querschnitt der Trennzone) gemittelte, aus dem Luftvolumenstrom $\dot{V}$ errechnete Strömungsgeschwindigkeit $\bar{v}$ ersetzt.

$$\bar{v} = \dot{V}/A \quad (5)$$

Der für die Einstellung eines derartigen Sichters auf eine vorgegebene Trenngrenze x_{tw} erforderliche Luftvolumenstrom $\dot{V}$ errechnet sich bei Gültigkeit von Gleichung (1) für ein kreiszylindrisches Röhr vom Durchmesser D_S wie folgt aus:

$$\dot{V} = \frac{Q_s \cdot g \cdot A}{18 \eta} \cdot x_{tw}^2 = \frac{\pi \cdot g \cdot D_S}{72 \eta} \cdot x_{tw}^2 \cdot Q_s \quad (6)$$

Für den Bereich $Re \leq 10$ errechnet man den Luftvolumenstrom $\dot{V}$ aus:

$$\dot{V} = \bar{v} \cdot A = \frac{\pi}{4} \cdot D_S \left(\sqrt{\frac{36 \eta^2}{x_t^2 \cdot \rho_L^2} + \frac{2 g \cdot x_t \cdot Q_s}{3 \rho_L}} - \frac{6 \eta}{x_t^2 \cdot \rho_L} \right) \quad (7)$$

4 Geräte

4.1 Prinzipieller Aufbau eines Schwerkraft-Gegenstromsichters

Der prinzipielle Aufbau eines Schwerkraft-Gegenstromsichters ist in Bild 1 dargestellt. Die diskontinuierlich betriebenen Geräte bestehen beispielsweise aus folgenden Einzelelementen:

- a) einer Einrichtung zum Erzeugen des Luftstromes, z. B. Gebläse, Anschluß für Druckluft
- b) bei einem Ventil oder einer Düse zum Einstellen des Luftstromes
- c) einer Einrichtung zum Konditionieren des Luftstromes (Trocknen, Befeuchten, Temperieren usw.)
- d) einem Gerät zum Messen des Luftvolumenstromes
- e) einer der Trennzone vorgeschalteten Dispergierzzone zum Desagglomerieren des in die Dispergierzzone eingewogenen Aufgabegutes³⁾
- f) einem lotrechten, zylindrischen Sichtrohr (Trennung)⁴⁾
- g) einem Feingutabscheider (Filter, Absetzkammer) zum Abscheiden des im Luftstrom aus der Trennzone ausgehenden Feingutes.

Die Einrichtung zur Erzeugung des Luftstromes (siehe Bild 1) z. B. Gebläse, Druckluftanlage, wird mit einem nachgeschalteten Ventil oder einer Düse auf einen bestimmten Luftdurchsatz einreguliert. Dies kann mit einem geeigneten Durchflußmeßgerät (z. B. Schwebekörperdurchflußmesser) gemessen und abgelesen werden.⁵⁾ Je nach Bedarf empfiehlt es sich, die Luft z. B. zu temperieren oder zu befeuchten. Zum Ausgleich von Druckschwankungen kann ein Druckausgleichgefäß in die Luftleitung eingebaut werden; ebenso ein Druckbegrenzer, der den Überdruck vor dem Ventil nicht über einen eingestellten Wert steigen läßt.

Die Luft strömt vom Durchflußmeßgerät in ein Dispergiergefäß, in das eine bestimmte Aufgabegutmenge m_A eingewogen wurde.

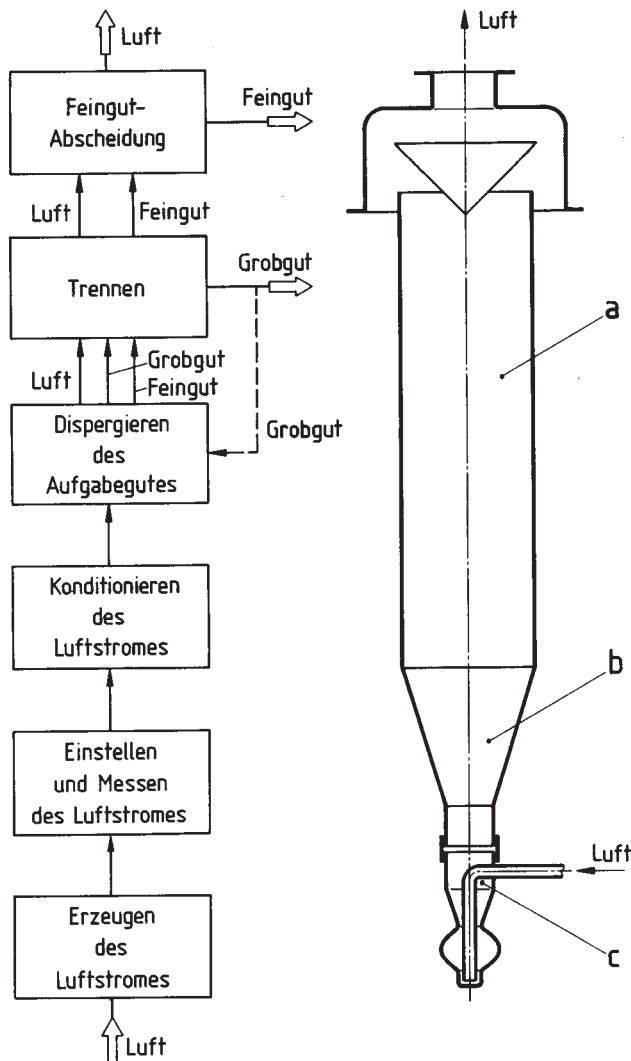


Bild 1. Verfahrensschritte einer Schwerkraft-Gegenstromsichtung

Bild 2. Schwerkraft-Gegenstromsichter nach R. W. Gonell

Es muß sichergestellt sein, daß wenigstens eine der anfallenden Fraktionen, meist das Grobgut, quantitativ wiedergewonnen werden kann.

4.2 Schwerkraft-Gegenstromsichter nach R. W. Gonell [1]

Ein handelsüblicher Sichter ist in Bild 2 dargestellt. Er besteht aus mehreren lotrechten, zylindrischen Röhren (a) unterschiedlicher Durchmesser mit einem Konus (b) und einem Grobgutsammelgefäß (c) aus Glas am unteren Rohrende. In das Grobgutsammelgefäß wird durch ein dünnes Glasrohr Sichtluft mit hoher Geschwindigkeit eingeblasen. Diese wirbelt den eingewogenen Feststoff auf, dispergiert ihn und trägt ihn in das Sichtrohr aus. Um Wandansätze zu vermeiden, sind längs des Sichtrohres Klopfer angebracht.

³⁾ Bei einigen Geräten sind Trennzone und Dispergierzzone nicht getrennt ausgebildet.

⁴⁾ Gilt nicht für den Zick-Zack-Sichter nach F. Kaiser (siehe Abschnitt 4.6).

⁵⁾ Der Einfluß des Luftzustandes auf die Messung des Volumenstromes der Luft ist zu berücksichtigen.

Das Feingut wird am oberen Rohrende ausgetragen und unter einer Glasglocke, die für den Luftaustritt oben mit einer Öffnung versehen ist, abgeschieden.

Ein handelsübliches Gerät besteht aus drei Sichtrohren mit unterschiedlichen Innendurchmessern von 14,7 und 3,5 cm und einem Gebläse, dessen Luftvolumenstrom etwa zwischen 30 und 400 cm³/s verändert werden kann.

4.3 Schwerkraft-Gegenstromsichter nach P. S. Roller [2]

Der in Bild 3 dargestellte Roller-Windsichter besteht aus vier lotrechten, an einem drehbaren Gestell angeordneten etwa 300 mm hohen gleichlangen Sichtrohren (a), deren Durchmesser sich wie 1 : 2 : 4 : 8 verhalten. Der Feststoff wird in ein U-förmig gebogenes Glasrohr (b) eingewogen, das an einem Ende beweglich mit dem konischen, unteren Ende des Sichtrohres verbunden ist. Die Sichtluft wird in dieses Glasrohr durch ein zweites, dünnes Glasrohr (c) eingeblasen. Der Luftstrahl dispergiert den Feststoff im Rohr und trägt ihn in das Sichtrohr aus. Eine zusätzliche Dispergierung wird durch einen periodisch das U-förmige Glasrohr auf und ab bewegendes Exzenter erreicht. Die oberen Enden der Sichtrohre bestehen ebenfalls aus einem Konus (d), durch den die mit Feingut beladene Sichtluft aus dem Sichtrohr austritt und in einem kleinen nachgeschalteten Filter abgeschieden wird.

Ein in der Britischen Norm B.S. 3406: Part 3: 1963 genormter Analysensichter nach P. S. Roller besitzt 4 lotrechte, zylindrische Sichtrohre mit Durchmessern von 22,9, 11,4, 5,7 und 2,9 cm. Der von einem Gebläse erzeugte Luftvolumenstrom wird mit zehn Düsen unterschiedlicher Durchmesser eingestellt. Er läßt sich damit zwischen etwa 40 und 580 cm³/s verändern.

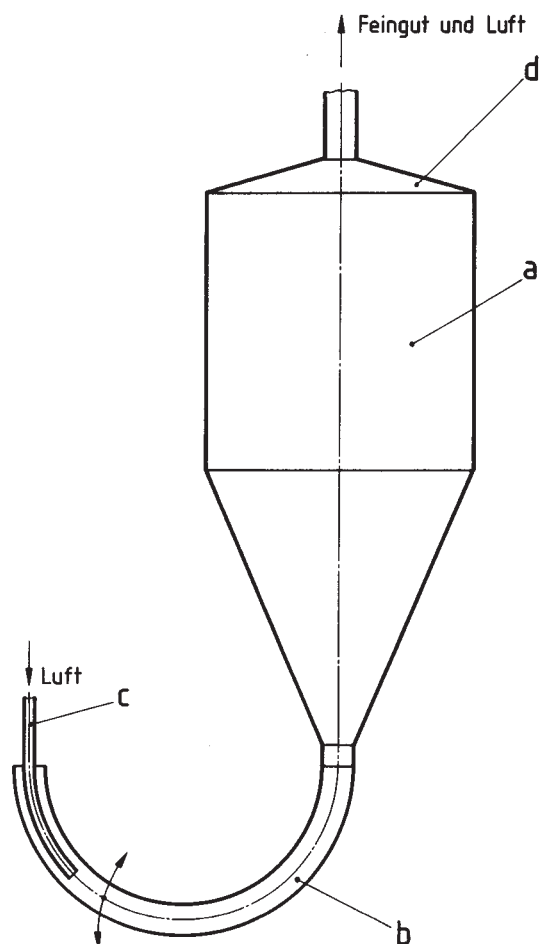


Bild 3. Schwerkraft-Gegenstromsichter nach P. S. Roller

4.4 Schwerkraft-Gegenstromsichter nach T. Guye und F. Kaiser [3] ⁶⁾

Der in Bild 4 dargestellte Analysensichter besteht aus zwei Sichtrohren (a) gleichen Innendurchmessers, die gleichzeitig und unabhängig voneinander betrieben werden können. Das Aufgabegut wird in ein Glasgefäß (b) eingewogen, das seitlich versetzt durch einen Klemmhebel an das untere Ende des konisch auslaufenden Sichtrohres angepreßt wird. Die Sichtluft wird exzentrisch in das Glasgefäß eingeblasen. Der Luftvolumenstrom kann durch acht auswechselbare Düsen (c) mit Innendurchmessern zwischen 0,63 und 3,15 mm bei einem konstanten Vordruck von 400 mm WS zwischen 25 und 630 cm³/s verändert werden. Ein Klopferwerk soll Feststoff-Wandansätze im Sichtrohr verhindern. Das am oberen Ende des Sichtrohres von der Luft ausgetragene Feingut wird im Raum (d), dem Filter (e) und der Glasflasche (f) abgeschieden. Die Sichtluft tritt durch den Filterschlauch (e) aus dem Analysensichter aus.

4.5 Schwerkraft-Gegenstromsichter nach H. Rumpf, K. Leschonski und M. Weilbacher [4] bis [6] ⁷⁾

Dieser Analysensichter ist in Bild 5 dargestellt. Er besitzt im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Sichtern ein zylindrisches Sichtrohr (a) von nur 1 cm Höhe, das unten durch ein Membranfilter oder ein Sieb abgeschlossen ist. An das Sichtrohr schließt sich eine konische Verengung (b) zur Beschleunigung der Sichtluft an. Das Feingut wird in die darüber angeordnete Kammer (c) ausgetragen und in

⁶⁾ Schwerkraftsichter 60 AN

⁷⁾ Analysette 8

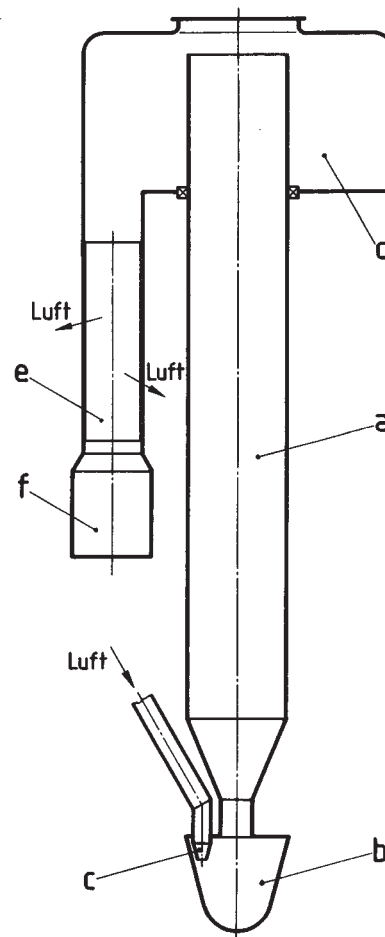


Bild 4. Schwerkraft-Gegenstromsichter nach T. Guye und F. Kaiser