

## Das 1 x 1 der optimalen Siebanalyse

### Einleitung

Viele in der Natur vorkommende oder in der Technik produzierte Materialien liegen in disperser Form vor, d.h. sie bestehen aus Partikeln verschiedener Form und Größe. Die Partikelgrößenverteilung innerhalb einer Materialmenge, also die Anzahl der Partikel unterschiedlicher Größe, ist verantwortlich für wichtige physikalische und chemische Eigenschaften wie zum Beispiel:

- Mechanisches Schüttgutverhalten
- Oberflächenreaktion
- Geschmack
- Mischbarkeit
- Filtrationsvermögen
- Leitfähigkeit

Die Liste ließe sich beliebig fortführen. Diese Beispiele machen deutlich, wie wichtig die Kenntnis der Kornverteilung gerade im Rahmen der Qualitätssicherung von Schüttgütern in der Produktion ist. Verändert sich während des Produktionsprozesses die Kornverteilung, so verändert sich auch die Qualität des Endproduktes. Nur eine ständige Kontrolle der Kornverteilung gewährleistet eine gleichbleibende Produktqualität.

### Messverfahren zur Korngrößenbestimmung

Für die Messung der Kornverteilung gibt es unterschiedliche Methoden. Die Auswahl der jeweiligen Methode hängt überwiegend vom Dispersitätszustand, d.h. vom Feinheitsgrad des Probengutes ab.

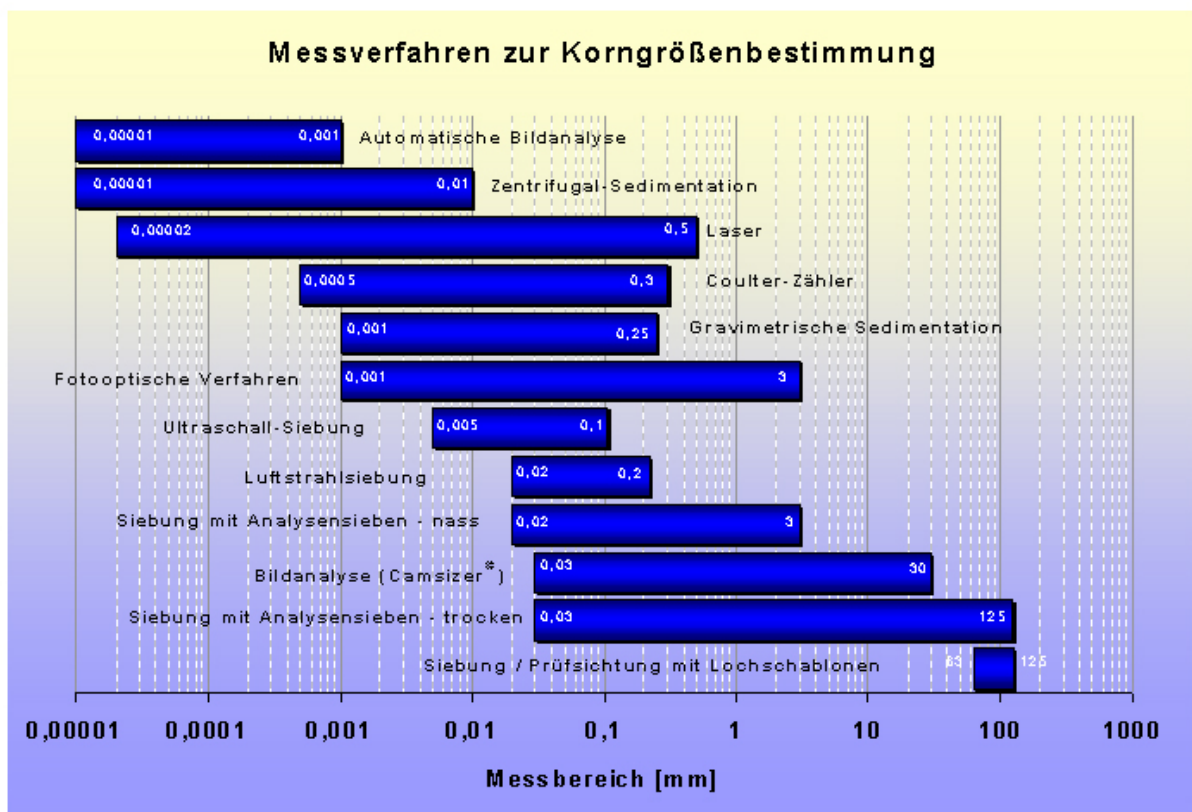


Abb. 1: Messverfahren zur Korngrößenbestimmung

**Die älteste und bekannteste Methode ist die Korngrößenbestimmung durch Siebanalyse.** Dabei wird die Partikelgrößenverteilung über die Masse oder das Volumen definiert. Die Aufgabe der Siebanalyse besteht darin, das körnige Material in Kornklassen aufzuteilen und deren Masse zu bestimmen. So kann ein relativ breites Kornspektrum schnell und zuverlässig analysiert werden.

## Was passiert bei der Siebanalyse?

Bei der Siebung wird das Siebgut entsprechend des angewandten Verfahrens in horizontale bzw. vertikale Bewegung versetzt. Dabei kommt es zu einer Relativbewegung zwischen den Partikeln und dem Siebboden wobei sich die einzelnen Partikeln mit den Siebmaschen vergleichen und je nach Größe durchfallen bzw. auf dem Sieb verbleiben. Die Durchgangswahrscheinlichkeit der Partikeln durch den Siebboden wird bestimmt vom Verhältnis der Teilchengröße zur Sieböffnung, der Orientierung des Partikels und der Anzahl der Vergleichsmöglichkeiten zwischen Partikel und Masche.

Wie später noch erläutert wird, ist die Durchgangswahrscheinlichkeit und der damit verbundene Aussiebgütegrad auch abhängig von den Parametern der Siebbewegung und der Siebzeit.

## Die verschiedenen Siebmethoden

In Abhängigkeit vom Material und den Anforderungen an das Siebergebnis kommen unterschiedliche Methoden der Siebung in Frage, um Partikelgröße und -verteilung zu bestimmen. Im Wesentlichen unterscheidet man dabei folgende Verfahren:

### 1. Hand- und Maschinensiebung

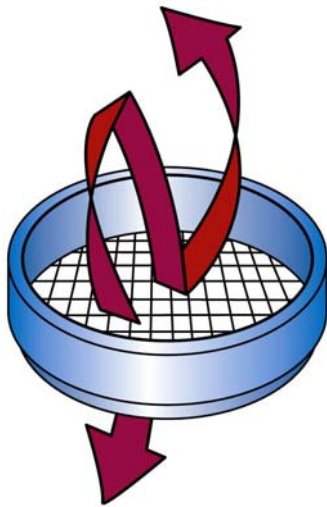
Die Handsiebung wird heute nur noch da durchgeführt, wo man unabhängig von elektrischer Energie sieben muss, z.B. bei einer schnellen Stichprobensichtung von Unter- bzw Überkorn vor Ort. Sie dient nur noch orientierenden Zwecken.

Siebanalysen im Labor und bei der Qualitätssicherung werden dagegen mit Siebmaschinen durchgeführt. Moderne Siebmaschinen zeichnen sich dadurch aus, dass die Maschinenparameter, wie Siebzeit und Schwingweite bzw. Drehzahl, exakt reproduzierbar ablaufen. Dabei unterscheidet man im Labor zwischen Plan- und Wurfsiebmaschinen.



*Abb.2: Retsch Siebmaschinen AS 200 und AS 300 control*

### 1.1 Wurfsiebung



Die Wurfsiebmaschinen sind auch unter dem Begriff Vibrationsiebmaschinen bekannt. Ein elektromagnetischer Antrieb setzt ein Feder-Masse-System in Bewegung und überträgt die Schwingungen auf den Siebturm. Das Siebgut führt dabei eine dreidimensionale Bewegung aus und wird gleichmäßig über die gesamte Fläche des Siebbodens verteilt. Die Schwingungsweite ist im Allgemeinen stufenlos in Bereichen von 0-2 mm bzw. 0-3 mm einstellbar.

Moderne Geräte wie die AS 200 control und AS 300 control von Retsch ermöglichen darüber hinaus die digitale Vorgabe der gewünschten Schwingungsweiten. Durch ein integriertes Messsystem und eine Regeleinheit findet während der Siebung ein laufender Abgleich zwischen Soll- und Istwert der Schwingungsweite statt. Damit sind optimale Voraussetzungen für reproduzierbare Siebparameter gegeben.

Abb.3 :Bei der Wurfsiebung führt das Siebgut eine dreidimensionale Bewegung aus.

### 1.2 Plansiebung

Bei einer Plansiebmaschine (z.B. Retsch AS 400 control) schwingen die Siebe horizontal-kreisend in einer Ebene. Plansiebmaschinen werden vorzugsweise für nadel-, plättchenförmige, längliche oder faserige Siebgüter eingesetzt, da durch die horizontale Orientierung nur wenig Klemmkorn in die Maschen gelangt und das Sieb weniger verstopft wird. Die AS 400 control erlaubt den Einsatz von Analysensieben bis 400 mm Durchmesser. Aufgrund der größeren Siebflächen ist es möglich, größere Siebgutmengen aufzugeben, wie sie z.B. bei der Kornanalyse von Bau- und Zuschlagstoffen anfallen.

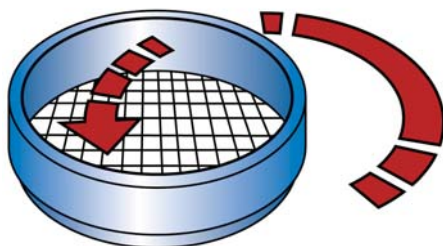


Abb. 4: Bei der Plansiebung wird das Siebgut horizontal-kreisend bewegt.

Für besondere Anwendungen im Feinkornbereich und zur Einzelfraktionierung werden darüber hinaus auch Ultraschall- und Luftstrahlsiebung eingesetzt.

## 2. Einzel- und Satz-siebung

Eine Einzelsiebung, häufig auch Siebschnitt genannt, dient nur zur Ermittlung des prozentualen Anteils von Unter- und Überkorn. Eine Korngrößenverteilung im eigentlichen Sinne wird nicht ermittelt. Bei einer Einzelsiebung wird nur ein einzelnes Analysensieb mit einer definierten Maschenweite in Verbindung mit einem Auffangboden der Siebbewegung ausgesetzt. Sie dient in der Regel nur orientierenden Zwecken.

Von einer Satz-siebung spricht man bei der Verwendung von mehreren Sieben und einem Auffangboden. Dabei werden die Analysensiebe mit aufsteigender Maschenweite

übereinander zu einem Siebturm angeordnet. Das zu prüfende Gut wird auf das oberste Sieb gegeben.

### 3. Trocken- und Nasssiebung

Die meisten Siebungen werden in trockenem Zustand durchgeführt. Es gibt aber viele Anwendungen, bei denen eine Nasssiebung unumgänglich ist, z.B. wenn das zu prüfende Material bereits als Suspension vorliegt oder wenn ein sehr feines, zur Agglomeration neigendes Gut gesiebt wird.

Wie bei der Trockensiebung wird ein Siebturm auf einer Siebmaschine aufgebaut. Die Siebung wird zusätzlich zur Siebbewegung über eine Sprühdüse, die sich im Deckel über dem obersten Sieb befindet, mit Wasser unterstützt. Die Siebgutmenge wird als Suspension auf das oberste Sieb gegeben. Es wird solange gespült, bis die austretende Siebflüssigkeit (Siebboden mit Auslauf) keine Trübung durch Feststoffteilchen mehr aufweist. Bei einer Nasssiebung darf die Siebflüssigkeit das Siebgut weder physikalisch noch chemisch verändern.

### Wie führt man eine optimale Siebanalyse durch?

Für eine reproduzierbare und aussagekräftige Siebanalyse müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein sowie die Einstellparameter der jeweiligen Aufgabenstellung angepasst werden. Die wichtigsten Kriterien werden im Folgenden kurz beschrieben.

#### Repräsentative Siebgutmenge

Grundvoraussetzung für eine reproduzierbare Siebanalyse ist die Gewinnung einer repräsentativen Teilprobe aus der zu prüfenden Gesamtmenge eines Schüttguts.

Repräsentativ bedeutet, dass die Eigenschaften der Teilprobe, in diesem Fall die Kornverteilung, mit den Eigenschaften der Gesamtmenge übereinstimmen. Wenn diese Voraussetzung nicht gegeben ist, kann das Ergebnis der Siebanalyse nur auf die jeweilige Siebgutmenge bezogen werden.

Die Aufgabemenge hängt im Wesentlichen von der maximalen Korngröße, der Anzahl der Siebe im Siebturm und deren Öffnungsweiten ab. Dabei sollten die Siebe nicht überladen werden. Bei einem Sieb mit einem Durchmesser von 200 mm und 2 mm Maschenweite sollte die Aufgabemenge das Volumen von 200 ml (z.B. 300 g Sand) nicht überschreiten. Bei 0,5 mm Maschenweite liegt die Grenze bei 80 ml, bei einem 0,125 mm Sieb bei 40 ml. Weiterführende Hinweise hierzu können der DIN 66165 entnommen werden.

#### Kalibrierte und zertifizierte Analysensiebe

Zur Siebanalyse sind generell normgerechte Siebe nach ISO 3310 bzw. ASTM E11 einzusetzen. Hier sind die technischen Anforderungen und Prüfungen der Analysensiebe beschrieben.

Die Auswahl der Analysensiebe (Durchmesser und Maschenweite) hängt in erster Linie von der Siebgutmenge und deren Kornverteilung ab. Die Anzahl der Siebe und die Abstufungen der nominalen Öffnungsweiten sollten so gewählt werden, dass möglichst das gesamte Kornspektrum der Probe in Fraktionen aufgeteilt wird. Hinweise dazu geben auch die Haupt- und Nebenreihen der ISO 3310 bzw. ISO 565.

Neben den überwiegend verwendeten Analysensieben mit einem Durchmesser von 200 mm werden auch Siebdurchmesser von 100 bis 400 mm eingesetzt.

Auf Wunsch des Kunden kann der Hersteller ein Abnahmeprüfzeugnis oder ein Analysensieb-Kalibrierungszertifikat ausstellen. Letzteres ist dann besonders wichtig, wenn die Analysensiebe im Rahmen einer Prüfmittelüberwachung kalibriert werden sollen.

### Optimale Siebzeit und Schwingweite bzw. Drehzahl

Die Einstellungen der Siebzeit und der optimalen Schwingweite bzw. Drehzahl ist abhängig vom Material, das gesiebt werden soll. Nationale und internationale Normen, interne Vorschriften und Standards geben i.d.R. ausführlich Auskunft über produktspezifische Siebanalysen und die damit verbundenen Siebparameter. Nicht zuletzt sollte die Bedienungsanleitung der Siebmaschine diesbezügliche Richtwerte enthalten.

Sind diese Grundlagen nicht vorhanden, müssen Siebzeit und Schwingweite bzw. Drehzahl experimentell ermittelt werden. Hierzu nimmt man zunächst bei einer relativ kurzen Siebzeit (z.B. 5 Min.) Siebungen mit verschiedenen Drehzahlen bzw. Schwingweiten vor und stellt so fest, bei welchem Wert der größte Durchgang an Siebgut stattfindet (optimaler Ausbiegütegrad). Ein erster Anhaltswert für die Schwingweite ergibt sich aus der Beobachtung der Siebgutbewegung. Diese sollte nicht zu schwach (das Siebgut wird nicht genügend aufgelockert) und nicht zu stark sein (die Partikel „schweben“ und haben keine Möglichkeit, sich mit den Maschen zu vergleichen).

Mit der ermittelten Schwingweite bzw. Drehzahl werden nun in einem nächsten Schritt Siebungen mit verschiedenen Siebzeiten vorgenommen. Wenn sich die Masse des Siebdurchganges in einer Minute um weniger als 0,1% der Aufgabemenge verändert (DIN 66165), ist die optimale Siebzeit erreicht.

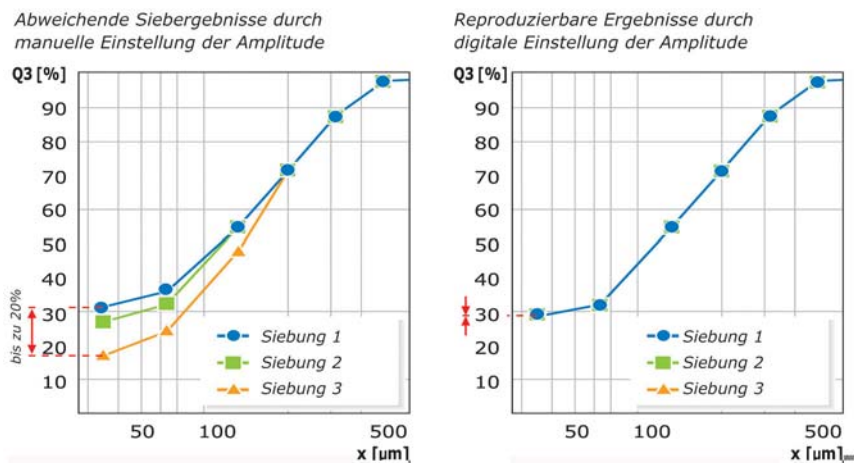


Abb. 5: Siebergebnisse bei manueller und digitaler Einstellung der Amplitude

### Siebhilfen

Siebhilfen kommen bei sehr feinen, zu Anhaftung neigenden Gütern zum Einsatz. Sie sollen das Siebgut siebfähig machen. Hierbei unterscheidet man mechanische Siebhilfen (z.B. Gummiwürfel, Bürsten, Kugeln, Ketten) zur Aufhebung von molekularen Haftkräften und Zusätze (z.B. Talkum, Aerosil®) bei fettigen, klebrigen und ölhaltigen Produkten. Antistatiksprays reduzieren elektrostatische Aufladungen, Tenside vermindern Oberflächenspannungen bei Nasssiebungen.

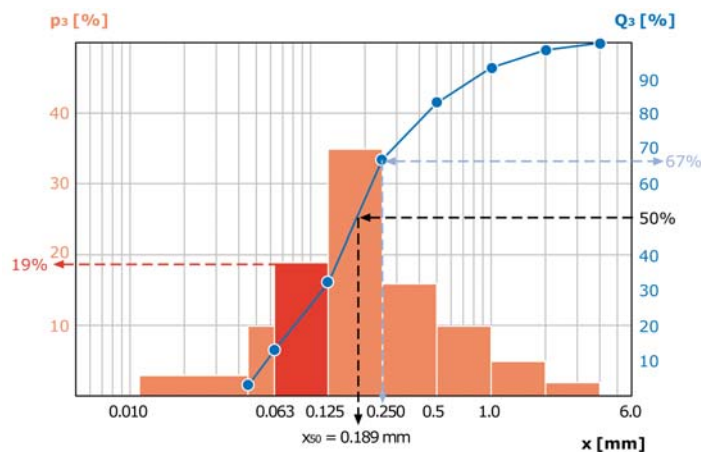


Abb.6 : Kettenring und Gummiwürfel sind typische Siebhilfen

### Fehlerfreie Auswertung

Nach Abschluss der Siebung erfolgt die Auswertung. Dabei werden die Rückstände des Siebgutes je Analysensieb durch Wägung erfasst und prozentual zur Summe der Einzelfraktionen zugeordnet. Die Differenz zwischen Einwaage und Summe der Einzelfraktionen ergibt den Siebverlust. Ist dieser größer als 1 %, so ist laut DIN 66165 der Siebvorgang zu wiederholen.

Die Ergebnisse der Auswertung lassen sich tabellarisch und grafisch darstellen. Wie aus der Abbildung 5 ersichtlich, werden dabei i.d.R. die Fraktionen ( $p_3$ ) als Histogramm (Balkendiagramm) und die aus den prozentualen Massenanteilen kumulierte Summenkurve ( $Q_3$ ) über den nominalen Sieböffnungsweiten ( $x$ ) aufgetragen. So haben in diesem Beispiel 19 % des gesiebten Materials eine Korngröße zwischen 0,063 mm und 0,125 mm. Aus der Summenkurve wird z.B. ersichtlich, dass 67 % des Materials kleiner als 0,250 mm sind.



Kornklasse [mm]	$p_3$ [%]	$Q_3$ [%]
< 0,045	3,0	3,0
0,045 - 0,063	10,0	13,0
<b>0,063 - 0,125</b>	<b>19,0</b>	<b>32,0</b>
0,125 - 0,250	35,0	67,0
0,250 - 0,500	16,0	83,0
0,500 - 1,000	10,0	93,0
1,000 - 2,000	5,0	98,0
2,000 - 4,000	2,0	100,0
> 4,000	0,0	100,0

$x_{50} = 0,189 \text{ mm}$

Abb. 7: Fraktionen  $p_3$  (linke y-Achse) und Summenkurve  $Q_3$  (rechte Y-Achse)

Aus dem Ergebnis lassen sich auch häufig verwendete Kenngrößen berechnen. So zum Beispiel der  $x_{50}$ -Wert, der den mittleren Korndurchmesser der gesiebten Kornfraktion definiert; er bedeutet im abgebildeten Beispiel, dass 50% des Probengutes größer bzw. kleiner sind als  $x=0,189 \text{ mm}$ .

PC-gestützte Programme zur Auswertung von Siebanalysen arbeiten sehr schnell und zuverlässig, schließen Rechen- und Grafikfehler aus und erfüllen die Anforderungen moderner Qualitätsmanagementsysteme (DIN EN ISO 9000ff). Im Gegensatz dazu ist die manuelle Auswertung sehr zeitaufwändig, außerdem ist die Gefahr von persönlichen und zufälligen Fehlern groß.

Komfortable Auswertungen bietet z.B. die Software EasySieve® von Retsch. Sie kommuniziert mit Waage und Siebmaschine und gibt dem Bediener leicht verständliche Anweisungen für die jeweiligen Arbeitsschritte. Die Berechnung des Siebergebnisses liegt unmittelbar nach Abschluss der Siebung vor. Das Ergebnis wird in einem übersichtlichen, normgerechten Messprotokoll dargestellt.

## **Schlussbemerkung**

Die Analysensiebung wird in den Bereichen Forschung & Entwicklung, Qualitätskontrolle von Rohstoffen, Zwischen- und Endprodukten sowie zur Produktionsüberwachung eingesetzt. Trotz neuer Entwicklungen im Bereich optischer Partikelmessgeräte gehört sie immer noch zu den bewährten, zuverlässigen und vergleichsweise kostengünstigen Verfahren zur Korngrößenbestimmung. Das Ergebnis einer Siebanalyse ist nur dann aussagekräftig und reproduzierbar, wenn die beschriebenen Voraussetzungen gegeben sind. Moderne Siebmaschinen mit digitalen Einstellmöglichkeiten wie die AS-control Serie von Retsch sowie eine leistungsfähige Auswertesoftware ermöglichen exakte Siebergebnisse, die weltweit reproduzierbar sind.

### **Retsch GmbH**

Retsch-Alle 1-5

D – 42781 Haan

Telefon: 02104/2333-100

Telefax: 02104/2333-199

E-mail: [mk@retsch.de](mailto:mk@retsch.de)

Internet: [www.retsch.de](http://www.retsch.de)

## Anhang

### Kleines Glossar der Siebanalyse

#### **Prüfsiebung**

Die Prüfsiebung ist eine Siebanalyse zur Feststellung, ob die Verteilung der Partikelgrößen einer Probe bestimmten Anforderungen genügt.

#### **Siebdurchgang**

Der Siebdurchgang ist das bei einer Siebung durch den Sieboden hindurchgefallene Feingut.

#### **Siebrückstand**

Der Siebrückstand ist das bei einer Siebung auf dem Sieboden zurückbleibende Grobgut.

#### **Siebverlust**

Der Siebverlust ist die Massendifferenz zwischen Einwaage und Summe der rückgewogenen Fraktionen. Gemäß DIN 66165 Teil 1 sollte er 1 % der Einwaage nicht überschreiten.

#### **Relative offene Siebfläche**

Die relative offene Siebfläche ist die Summe der Flächeninhalte aller Sieböffnungen bezogen auf den Gesamtflächeninhalt des Siebbodens.

#### **Verfügbare offene Siebfläche**

Die verfügbare offene Siebfläche ist die Summe der Flächeninhalte der nicht verstopften Öffnungen eines Siebes.

#### **Trennschärfe**

Die Trennschärfe kennzeichnet die Güte einer Aussiebung von Einzelfractionen.

#### **Äquivalentdurchmesser**

Der Äquivalentdurchmesser eines Partikels beim Sieben ist der Durchmesser einer massen- bzw. volumengleichen Kugel.

#### **Unterkorn**

Massenanteil unterhalb einer festgelegten Trenngrenze

#### **Überkorn**

Massenanteil oberhalb einer festgelegten Trenngrenze