

# **IV Siebanalyse**

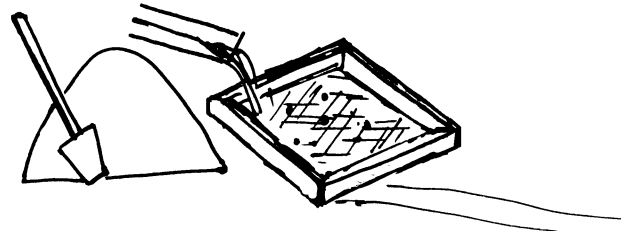
## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Wiederholung wichtiger theoretischer Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1	Beschreibung des Siebvorganges	3
2.2	Korngrößenverteilungen	3
2.2.1	Summenverteilungen	3
2.2.2	Dichteverteilungen	6
2.3	Kennzeichnende Größen	7
2.3.1	Lageparameter	7
2.3.2	Streuungsparameter	8
<b>3</b>	<b>Grundlagen der Siebanalyse</b>	<b>9</b>
3.1	Einflußgrößen	9
3.2	Bestimmen der Siebzeit	10
<b>4</b>	<b>Versuchsteil</b>	<b>11</b>
4.1	Versuchsaufbau	11
4.2	Versuchsplanung	13
4.3	Rücksprache vor Versuchsbeginn	14
4.4	Versuchsdurchführung und -auswertung	15
4.5	Bewertung der Versuche	16
<b>5</b>	<b>Was war wichtig?</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Formelzeichen</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>19</b>

# IV Siebanalyse

## 1 Einleitung

Die Eigenschaften von Stoffen hängen stets von der Größe der einzelnen Stoffpartikel ab. Beispiele hierfür sind die Neigung zum Verklumpen oder die chemische Reaktionsfreudigkeit, die bei sehr feinen Materialien viel größer sind als bei gröberen.



Bei den Herstellungsverfahren ist somit die Teilchengrößen- oder Korngrößenanalyse d.h. das Messen der Teilchengröße von Rohstoffen, Zwischenprodukten oder Endprodukten häufig wichtig, um eine gewünschte Qualität zu erzielen.

Es gibt eine Vielfalt an Meßverfahren zur Partikelgrößenanalyse. Dabei werden unterschiedliche geometrische oder physikalische Eigenschaften gemessen. So werden beispielsweise die Sinkgeschwindigkeit in einem Medium höherer Dichte, die Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit in einer Lösung oder die Intensität des Streulichtes beim Beleuchten mit einem Lichtstrahl gemessen.

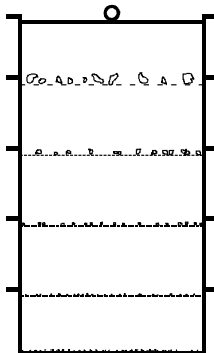
Die unterschiedlichen Meßverfahren führen allerdings bei gleichen Proben unregelmäßig geformter Partikel zu verschiedenen Meßgrößen. Grundsätzlich besteht dabei aber die Möglichkeit, die gemessenen Größen aus unterschiedlichen Verfahren umzurechnen und miteinander zu vergleichen.

Bei Schüttgütern d.h. Schüttungen fester Partikel wird bei einer Teilchengröße über 40  $\mu\text{m}$  häufig die Siebanalyse verwendet. Die Handsiebung ist die älteste und wohl bekannteste Form der Siebung, man denke nur an das Goldwaschen.

Die Siebanalyse hat viele Vorteile gegenüber anderen Meßverfahren. Die Versuchsdurchführung kann von Hand oder maschinell durchgeführt werden, es sind nur relativ einfache Meßgeräte erforderlich, und die Auswertung durch Wägung ist einfach und genau.

## 2 Wiederholung wichtiger theoretischer Grundlagen

### 2.1 Beschreibung des Siebvorganges



**Abb.IV-1:**  
Siebsatz

Bei der Siebanalyse mit einem Siebsatz (Abb.IV-1) werden mehrere Siebe unterschiedlicher Maschenweite d.h. Öffnungen im Sieb verwendet. Diese sind derart übereinander angeordnet, daß die Maschenweite der Siebe von oben nach unten abnimmt.

Das Schüttgut (allgemeine Bezeichnung für Pulver und Granulate) wird auf das obere Sieb gelegt. Durch Rütteln unterstützt, fallen die Teilchen durch die einzelnen Siebe hindurch, bis sie, je nach Korngröße, auf einer zu kleinen Sieböffnung liegen bleiben.

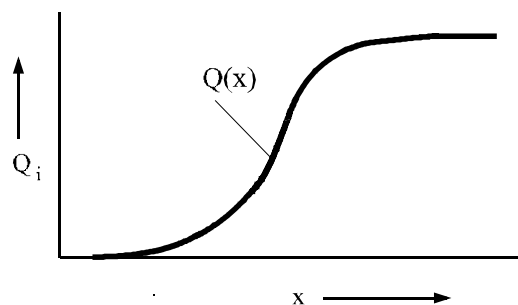
Anschließend werden die Mengen auf jedem Sieb gewogen und dem entsprechenden Korngrößenintervall zugeordnet.

### 2.2 Korngrößenverteilungen

Liegt ein Schüttgut d.h. ein System von vielen Feststoffpartikeln vor, so spricht man auch von einer Schüttung oder einem Haufwerk. Die einzelnen Teilchen innerhalb dieser Schüttung unterscheiden sich durch ihre Korngröße. Um die Schüttung zu kennzeichnen, betrachtet man die Größe der einzelnen Körner und deren Schwankungen in sogenannten Korngrößenverteilungen. Diese charakterisieren die Schüttung und lassen auf deren Eigenschaften schließen. Korngrößenverteilungen werden allgemein graphisch dargestellt [Löffler], wobei man zwischen Dichteverteilungen und Summenverteilungen unterscheidet.

#### 2.2.1 Summenverteilungen

Summenverteilungen (Abb.IV-2) eines Haufwerkes zeigen den Mengenanteil  $Q_i$  an Teilchen, deren Korngröße  $x$  zwischen dem kleinsten Wert und dem Wert liegt, für den man die Summenverteilung betrachtet.



**Abb.IV-2:** Summenverteilung

Zum Erstellen einer Summenverteilung wird die Korngröße  $x$  in mehrere Intervalle oder Klassen  $\Delta x_i$  eingeteilt, die oft durch das Meßverfahren vorgegeben sind.

Für jedes Intervall wird dann die Menge  $\Delta \hat{Q}_i$  an Partikeln betrachtet, die diese Größe haben.

Die Gesamtmenge setzt sich dabei aus den Mengen in allen Intervallen zusammen:

$$\hat{Q} = \sum_i \Delta \hat{Q}_i \quad (IV.1)$$

$\hat{Q}$ : Absolute Gesamtmenge an Teilchen (Einheit je nach Analyseverfahren)

$\Delta \hat{Q}_i$ : Mengenanteil im Intervall  $\Delta x_i$  (Einheit je nach Analyseverfahren)

$\Delta x_i$ : Intervallbreite oder Klasse (Einheit je nach Meßgröße)

Weil die Summenverteilung unabhängig von der absoluten Menge an Partikeln sein muß, berechnet man für jedes Intervall die relative Kornmenge  $\Delta Q_i$ :

$$\Delta Q_i = \frac{\Delta \hat{Q}_i}{\hat{Q}} \cdot 100 \quad (IV.2)$$

$\Delta Q_i$ : Relativmenge im Intervall  $\Delta x_i$  in %

$\hat{Q}$ : Absolute Gesamtmenge an Teilchen (Einheit je nach Analyseverfahren)

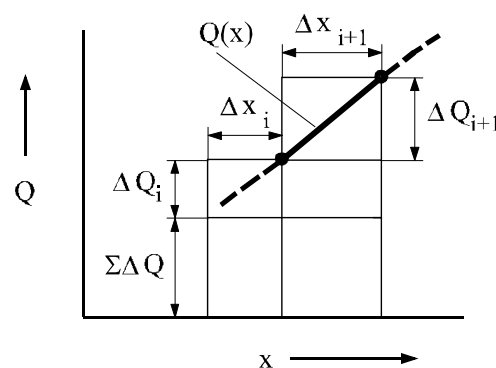
$\Delta \hat{Q}_i$ : Mengenanteil im Intervall  $\Delta x_i$  (Einheit je nach Analyseverfahren)

Für die kleinste Klasse  $\Delta x_1$  wird der relative Mengenanteil  $\Delta Q_1$  an Teilchen dieser Klasse als Rechteck in ein Diagramm (Korngröße, relative Mengenanteile) (Abb.IV-3) eingetragen. Bei dem nächsten Intervall  $\Delta x_2$  trägt man als Mengenanteil die Summe der ersten beiden Klassen  $\Delta Q_1 + \Delta Q_2$  auf. Für jede weitere Klasse trägt man jeweils die Summe aller relativen Mengenanteile aller Klassen (kleinerer Korngrößen) auf.

$$Q_i = \sum_{i=1}^i \Delta Q_i \quad (IV.3)$$

$Q_i$ : Relative Gesamtmenge in %

$\Delta Q_i$ : Relativmenge im Intervall  $\Delta x_i$  in %



**Abb.IV-3:** Konstruktion einer Summenverteilung

Die Summenverteilung ist die **Verbindungsline** aller eingezeichneten Rechtecke, wobei jeweils die **größten Werte jeder Klasse** (obere rechte Ecken) **verbunden** werden.

Es ist erforderlich, diese Punkte zum Verbinden auszuwählen, weil alle Teilchen unterhalb und innerhalb dieses Intervalls sicher kleiner als die größte Korngröße des Intervalls sind.

Der maximale Wert für die relativen Mengenanteile muß 100% (oder 1) betragen.

Der **Mengenanteil** an Partikeln eines Haufwerkes, die **kleiner als** eine bestimmte Korngröße sind, läßt sich leicht ermitteln, indem man den Wert der Summenverteilung für die entsprechende Korngröße abliest. Mathematisch errechnet sich der relative Mengenanteil unterhalb einer Größe  $x_i$  zu:

$$Q_i = \sum_{i=1}^i \Delta Q_i \quad (IV.4)$$

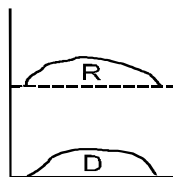
Der **absolute Mengenanteil** des Haufwerkes an Teilchen kleiner  $x_i$  beträgt dann:

$$\hat{Q}_i = \frac{Q_i \cdot \hat{Q}}{100} \quad (IV.5)$$

Bei der **Siebanalyse** verwendet man die Mengengröße Masse, so daß man von der Massensummenverteilung spricht.

Man bezeichnet die Massensummenverteilung  $Q(x)$  auch noch als **Durchgangssummenverteilung  $D(x)$** . Unter Durchgang versteht man diejenigen Partikel, die kleiner als die bestimmte Korngröße sind d.h. die die Siebmaschen passieren können. Mit größer werdender Korngröße bzw. Maschenweite wird der Durchgang entsprechend größer.

Analog werden diejenigen Partikel als **Rückstand** bezeichnet, die eine bestimmte Maschenweite nicht passieren können, also auf dem Sieb liegen bleiben (Abb.IV-4).



**Abb.IV-4:** Rückstand und Durchgang bei einer Siebung

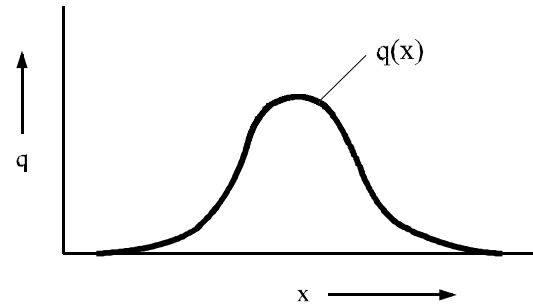
Häufig stellt man die Rückstandssummenverteilung  $R(x)$  dar, wobei: für jede beliebige Korngröße gilt:

$$D(x) + R(x) = 1 \quad (IV.6)$$

## 2.2.2 Dichteverteilungen

Dichteverteilungen eines Haufwerkes (Abb.IV-5) zeigen, mit welcher Häufigkeit  $q$  eine bestimmte Korngröße  $x$  in der Schüttung oder dem Haufwerk vorhanden ist.

Daraus ergeben sich demnach in einem Haufwerk die Mengen an Teilchen von bestimmten Korngrößen.



**Abb.IV-5:** Dichteverteilung

Zum Erstellen einer Dichteverteilung wird die Korngröße  $x$  in mehrere Intervalle oder Klassen  $\Delta x_i$  eingeteilt.

Für jedes Intervall wird dann die Menge  $\Delta \hat{Q}_i$  an Partikeln betrachtet, die diese Größe haben.

Diese Teilmenge bezieht man auf die Gesamtmenge an Partikeln und berechnet die relative Kornmenge  $\Delta Q_i$  im Intervall  $\Delta x_i$ .

$$\Delta Q_i = \frac{\Delta \hat{Q}_i}{\hat{Q}} \cdot 100 \quad (\text{IV.7})$$

$\Delta Q_i$ : Relativmenge im Intervall  $\Delta x_i$  in %

$\Delta \hat{Q}_i$ : Mengenanteil im Intervall  $\Delta x_i$  Teilchen (Einheit je nach Analyseverfahren)

$\Delta x_i$ : Intervallbreite oder Klasse (Einheit je nach Meßgröße)

$\hat{Q}$ : Absolute Gesamtmenge an Teilchen (Einheit je nach Analyseverfahren)

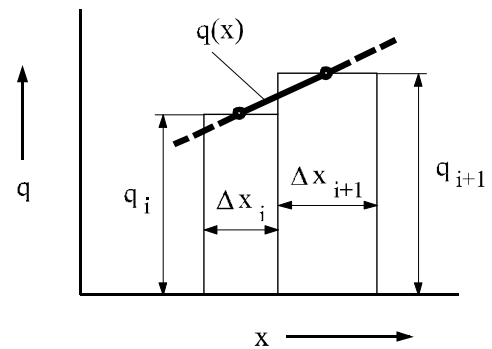
Die relative Kornmenge geteilt durch die Intervallbreite ergibt die Mengenanteildichte  $q_i$ , die in einem Diagramm (Korngröße, Mengenanteildichte) (Abb.IV-6) als Rechteck über der Intervallbreite  $\Delta x_i$  aufgetragen wird.

$$q_i = \frac{\Delta Q_i}{\Delta x_i} \quad (\text{IV.8})$$

$q_i$ : Mengenanteildichte je nach Meßgröße (Einheit und Analyseverfahren)

$\Delta Q_i$ : Relativmenge im Intervall  $\Delta x_i$  in %

$\Delta x_i$ : Intervallbreite oder Klasse (Einheit je nach Meßgröße)



**Abb.IV-6:** Konstruktion einer Dichteverteilung

Für jede weitere Klasse trägt man jeweils die Summe aller relativen Mengenanteile aller Klassen (kleinerer Korngrößen) auf.

Betrachtet man für den Mittelwert jedes Intervalls die Mengenanteildichte  $q_i$  und verbindet diese Punkte miteinander, so erhält man die Dichteverteilung  $q(x)$ .

Die gesamte Fläche unter der Dichteverteilung beträgt 100% (oder 1).

Der relative Mengenanteil in einem differentiellen d.h. sehr kleinen Teilchenintervall  $dx$  beträgt:

$$dQ = q(x) \cdot dx \quad (IV.9)$$

Der Mengenanteil an Teilchen einer bestimmten Korngröße entspricht daher einer Fläche unterhalb der Dichteverteilung.

Der **absolute Mengenanteil** des Haufwerkes in der Klasse  $dx$  errechnet sich zu

$$d\hat{Q} = \frac{dQ \cdot \hat{Q}}{100} \quad (IV.10)$$

Die Menge wird bei der Siebanalyse als Masse gemessen. Man bezeichnet die entsprechenden Dichteverteilungen deshalb als Massendichteverteilungen.

## 2.3 Kennzeichnende Größen

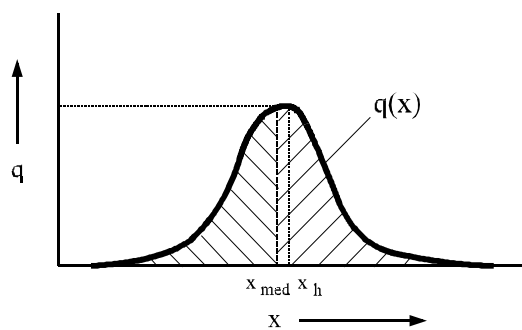
Häufig reicht zur **Kennzeichnung eines Haufwerkes** die Angabe von einem oder wenigen Zahlenwerten aus. Hierbei muß man zwischen **Lageparametern und Streuungsparametern** unterscheiden.

### 2.3.1 Lageparameter

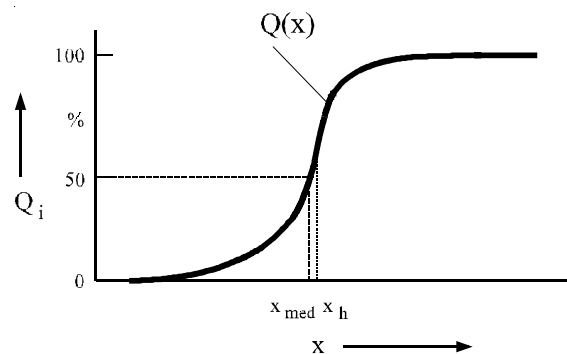
Diese geben an, in welchem Korngrößenbereich die Partikel eines Haufwerkes sich hauptsächlich befinden, d.h. wo die Teilchengröße "liegt".

Neben der kleinsten und der größten Korngröße interessieren vor allem mittlere Maße, wobei man unter anderem zwischen einem **Modalwert** und **Medianwert** unterscheidet.

- Der **Modalwert**  $x_h$  ist die häufigste Teilchengröße. In der Dichteverteilung  $q(x)$  (Abb.IV-7) ist es die Korngröße, die dem Maximum der Kurve entspricht. In der Summenverteilung  $Q(x)$  (Abb.IV-8) erkennt man den Modalwert am Wendepunkt der Kurve.



**Abb.IV-7:** Modal- und Medianwert in der Dichteverteilung



**Abb.IV-8:** Modal- und Medianwert in der Summenverteilung

- Der **Medianwert**  $x_{med}$  oder die Halbwerts Korngröße ist die Teilchengröße, die die Fläche unterhalb der Dichteverteilung  $q(x)$  (Abb.IV-7) in zwei gleich große Flächen unterteilt. In der Summenverteilung  $Q(x)$  (Abb.IV-8) entspricht der Medianwert der Korngröße, für die die relative Gesamtmenge  $Q_i$  gleich 50% ist.

Der Modalwert  $x_h$  und der Medianwert  $x_{med}$  haben normalerweise unterschiedliche Zahlenwerte.

### 2.3.2 Streuungsparameter

Diese sind ein Maß für die Abweichungen aller Korngrößen vom Mittelwert, sie beschreiben die Breite der Verteilung.

Streuungsparameter sagen etwas darüber aus, wie nahe kleinste und größte Partikel am Mittelwert liegen. Sind alle Partikelgrößen eng beieinander, so ist der Streuungsparameter klein. Dann ist der Verlauf der Summenverteilung steil und die Dichteverteilung hat eine schmale und hohe Spitze.

Bei breiten Verteilungen d.h. wenn kleinste und größte Partikel weit auseinander liegen, ist der Streuungsparameter groß. Die Summenverteilung verläuft dann sehr flach und die Dichteverteilung ist sehr breit und niedrig.

Ein häufig verwendeter Streuungsparameter ist der Quotient  $\frac{x_{84}}{x_{16}}$ .

Er beschreibt das Verhältnis der Korngrößen, für die gilt  $Q(x) = 84\%$  bzw.  $Q(x) = 16\%$ .



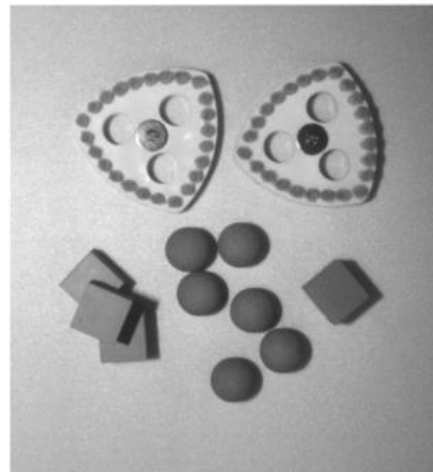
### 3 Grundlagen der Siebanalyse

#### 3.1 Einflußgrößen

Um den Schüttgutteilchen die Möglichkeit zu geben, durch die Öffnungen eines Siebes hindurchzufallen, muß eine Relativbewegung zwischen Schüttgut und Sieb stattfinden. Beim maschinellen Sieben werden durch einen Unwuchtmotor Vibrationen erzeugt und auf die Siebe übertragen, die demzufolge eine Eigenbewegung ausführen.

Die Qualität einer Siebung hängt zunächst von dieser Siebbewegung ab, wobei Impulsdauer und Amplitude (Intensität) der Vibrationen sowie die gesamte Dauer verändert werden können.

Neben der Siebbewegung hat die eventuelle Zugabe von Siebhilfen (Abb.IV-9) einen Einfluß auf die Güte einer Siebanalyse. Siebhilfen sind Stoffe oder Einbauten, die das Verstopfen der Siebe und die Bildung von Agglomeraten vermeiden sollen. Beispiele hierfür sind Bürsten, die die Siebmaschen von eingeklemmten Teilchen befreien, Spezialgummibälle, die durch zusätzliche Vibrationen der Siebflächen das Einklemmen unterbinden oder Trennmittel, die die Haftkräfte zwischen den Teilchen verringern.



**Abb.IV-9:** Bürsten, Gummibälle und -würfel

Desweiteren wirkt sich die Verteilung der Sieböffnungen d.h. die Anzahl und die genaue Größe der Öffnungen ebenfalls auf die Qualität der Siebanalyse aus.

Zum Sieben sehr feiner Schüttgüter besteht die Möglichkeit, in einer speziellen Siebmaschine eine Luftstrahlsiebung durchzuführen.

Für schlecht siebfähige Schüttgüter, die stark zum Agglomerieren neigen, besteht die Möglichkeit einer Naßsiebung. Mit dieser Methode lassen sich sehr genaue Analyseergebnisse erzielen.

Die bisher aufgeführten Einflußgrößen hängen vom Siebverfahren ab, der Verlauf einer Siebung hängt jedoch auch von den nachfolgenden Eigenschaften des Siebgutes ab:

- Die Menge an Siebgut
- Die Form der Teilchen
- Die Korngrößenverteilung der Teilchen
- Die Neigung zum Agglomerieren untereinander
- Die Neigung zum Verstopfen der Sieböffnungen

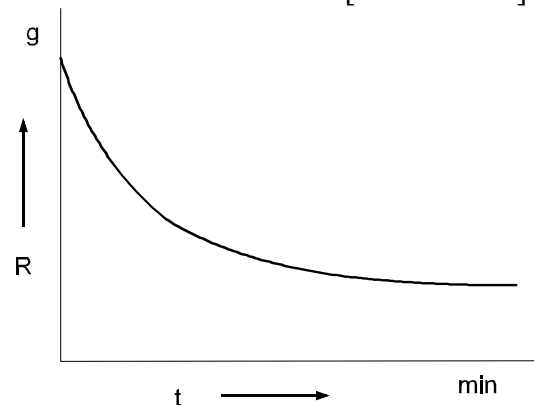
### 3.2 Bestimmen der Siebzeit

Im Laufe der Siebzeit verändert sich die Zahl der Teilchen, die tatsächlich am Siebvorgang beteiligt sind.

Bei zu kurzen Siebzeiten sind noch nicht alle feinen Teilchen durch die Sieböffnungen gefallen. Durch lange Zeiten können einerseits grobe Teilchen zerkleinert werden, andererseits aus feinen Teilchen Agglomerate gebildet werden.

Die optimale Siebzeit hängt jeweils vom Schüttgut und den Maschenweiten der gewählten Siebe ab und muß durch Versuche bestimmt [DIN 66165] werden.

Grundsätzlich nimmt der Rückstand  $R$  d.h. die Menge an Schüttgut, die auf dem Sieb liegen bleibt, im Laufe der Zeit ab, (Abb.IV-10) bis er theoretisch (ohne Zerkleinerung oder Agglomeratbildung) konstant bleibt.



**Abb.IV-10:** Zeitlicher Verlauf des Rückstandes

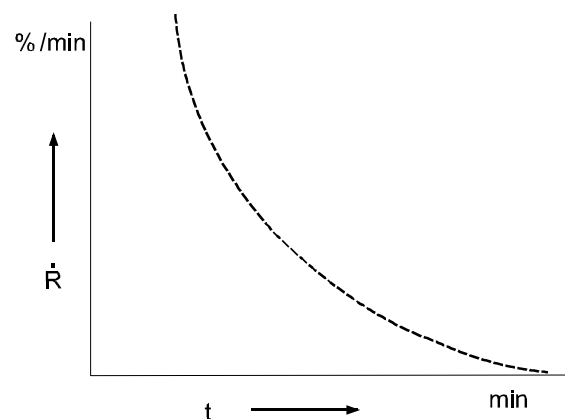
Zur Bestimmung der Siebzeit betrachtet man die zeitliche Änderung des Rückstandes (Abb.IV-11):

$$\dot{R} = \frac{\Delta R}{R_0} \cdot \frac{1}{\Delta t} \cdot 100 \quad (\text{IV.11})$$

- $\dot{R}$ : Zeitliche Änderung des Rückstandes in %/min
- $\Delta R$ : Änderung des Rückstandes in g
- $R_0$ : Rückstand bei  $t = 0$  d.h. Masse an Aufgabegut in g
- $\Delta t$ : Zeitintervall in min

Der spätere Siebvorgang wird beendet, wenn die Rückstandsänderung pro Zeit einen bestimmten Wert unterschreitet.

Häufig [DIN 66165] wird dabei ein Wert von 0,1 %/min verwendet.



Dieser Vorgang müßte eigentlich für jedes Sieb (unterschiedlicher Maschenweite) eines Siebsatzes durchgeführt werden. Praktisch beschränkt man sich jedoch auf maximal zwei bis drei verschiedene Siebe.

**Abb.IV-11:** Zeitliche Rückstandsänderung

Die **Siebzeit** wird **aus** einem der beiden **Diagramme** **gelesen**.

## 4 Versuchsteil

### 4.1 Versuchsaufbau

Zum Versuchsaufbau (Abb.IV-12) gehören eine Siebmaschine und ein Siebsatz.

Der gesamte Siebsatz, bestehend aus Sieben unterschiedlicher Maschenweite, einem Siebboden und einem Deckel, wird in die Siebmaschine eingespannt.



Durch die Vibrationen der Siebmaschine werden die Teilchen zum einen gegeneinander bewegt, zum anderen entsteht eine Relativbewegung zum Siebgewebe.

Bei entsprechender Größe können die Teilchen somit durch die Maschen hindurch fallen.

**Abb.IV-12:** Siebmaschine mit Siebsatz

Neben der Siebmaschine wird eine Waage benötigt, um die einzelnen Siebe und den Siebboden vor und nach der Siebung abzuwiegen.



Zur Siebanalyse muß der gesamten Menge an Schüttgut eine repräsentative Probe entnommen werden. Das bedeutet, daß die Probe die gleiche Korngrößenverteilung hat wie die gesamte Menge.

Wenn die Probe nicht repräsentativ genommen wird, sagen die Ergebnisse aus der Siebanalyse nichts über das Schüttgut aus.

Für kleine Mengen an Schüttgut kann zur Probennahme ein Rotationsprobenteiler (Abb.IV-13) verwendet werden.

Mit diesem wird die gesamte Schüttgutmenge in mehrere (acht bei dem vorhandenen Gerät) gleiche Portionen aufgeteilt.

**Abb.IV-13:** Rotationsprobenteiler

Die Zuführung des Schüttgutes in den Rotationsprobenteiler kann über ein Zuteilgerät, eine sogenannte Vibrations-Förderrinne (Abb.IV-14), erfolgen.



**Abb.IV-14:** Vibrations-Förderrinne

Größere Mengen müssen zunächst von Hand gleichmäßig unterteilt werden.

## 4.2 Versuchsplanung

- Wie erhaltet Ihr die Schüttgutprobe zum Analysieren?
- Überlegt Euch genau, wie Ihr bei der Versuchsdurchführung vorgehen werdet. Notiert die wichtigsten Schritte in kurzen Sätzen.
- Wie stellt Ihr die Ergebnisse der Analyse dar? Welche Größen kennzeichnen das Schüttgut?
- Schreibt die Formeln heraus, die Ihr braucht.
- Bereitet Tabellen vor, um die Meßwerte während der Versuchsdurchführung einzutragen. Seht dabei Platz vor, damit Ihr die Meßwerte mit Hilfe der Formeln auswerten und die Zwischen- und Endergebnisse ebenfalls eintragen könnt.
- Was braucht Ihr alles zur Versuchsdurchführung?

### 4.3 Rücksprache vor Versuchsbeginn

Besprecht den Versuch mit dem Lehrer.

Zeigt ihm die geplante Vorgehensweise zur Versuchsdurchführung und die Tabellen zum Eintragen der Meßwerte und Berechnen der Ergebnisse.

## 4.4 Versuchsdurchführung und -auswertung

**Vorsicht:** Durch das Bewegen des Siebes kann der feine Anteil des Schüttgutes durch die Sieböffnungen fallen.

Reinigt die Siebe und den Siebboden durch Klopfen und Rütteln. Bei den Sieben mit größerem Drahtgewebe darf ein Pinsel verwendet werden.

**Vorsicht:** Das Siebgewebe darf nicht grob mechanisch beansprucht werden, weil sich sonst die Größe der Siebmaschen verändern kann.

**Verwendet für Siebe mit Maschenweite kleiner 1 mm ein Ultraschallbad (Abb.IV-15).**



**Abb.IV-15:** Ultraschallbad

Während der Versuchsdurchführung sind die Meßwerte in die vorbereiteten Tabellen einzutragen.

! Vergeßt nach der Versuchsdurchführung nicht das **Auswerten** der Meßwerte.

Die entsprechenden Diagramme sind von Hand (nicht am PC) zu zeichnen.

Das Meßprotokoll ist mit der Versuchsauswertung abzugeben.

## 4.5 Gemeinsame Bewertung der drei Versuche Laborkugelmühle, Physikalische Größen von Feststoffen und Siebanalyse

Für die drei Praktikumsversuche ist ein gemeinsamer Bericht zu erstellen und dem Lehrer abzugeben. Bei Bericht sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Die Versuchsplanungen sind nicht abzugeben.
- Der Abschnitt „Was war wichtig“ folgt erst später!
- Die Versuchsprotokolle (notierte Messwerte bei der Versuchsdurchführung) und Versuchsauswertungen von jedem Versuch sind abzugeben.
- Die Siebanalyse dient -unter anderem- zur Bewertung des Zerkleinerungsvorgang. Um die Güte der Zerkleinerung bewerten zu können, müssen demzufolge die Teilchengrößen **vor** der Zerkleinerung und **nach** der Zerkleinerung **verglichen** werden.
- Zur Erinnerung: Die Ergebnisse von Siebanalysen sind **Lage-** und **Streuungsparameter**.
- Die ermittelten physikalischen Größen wurden zum Befüllen der Laborkugelmühle gebraucht, waren zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung jedoch teilweise nicht bekannt. Aus den gemessenen Größen sind die **verwendeten Versuchsparameter** (Füllungsgrade) bei der Laborkugelmühle zu **berechnen**.
- Bei der Bestimmung der Feststoffdichte von Rapssamen ist die Abhängigkeit der Wasserdichte von der Temperatur zu berücksichtigen.
- Alle eingestellten **Versuchsparameter** und alle **Ergebnisse** sind **übersichtlich** darzustellen.
- Alle Ergebnisse sind mit den Ergebnissen aller anderen Schülergruppen (der **ganzen Klasse**) zu **vergleichen**. Vergleichen beinhaltet selbstverständlich Interpretieren, nach Erklärungen suchen und Schlüsse ziehen. (Z.B. Einfluß von Mahldauer und ... auf Zerkleinerungsgrad)
- Überlegt Euch (und haltet die Früchte Eurer Überlegungen schriftlich fest ☺) welche Faktoren zu falschen Ergebnissen führen konnten? (Fehlersuche).
- Zu jedem der Versuche sind jeweils eine Versuchskritik und Verbesserungsvorschläge zu verfassen.



## 5 Was war wichtig?

- Welche kennzeichnenden Größen eines Schüttgutes erhält man aus einer Siebanalyse?
- Welche Kenngrößen, die abhängig vom Siebverfahren sind, beeinflussen die Qualität einer Siebanalyse?
- Welche Eigenschaften des Siebgutes beeinflussen die Güte einer Siebanalyse?
- Wie wirkt sich eine zu kurze Siebdauer auf die Ergebnisse einer Siebanalyse aus?

## 6 Formelzeichen

Symbol	Bezeichnung	Einheit
D	Durchgang	%
D(x)	Durchgangssummenverteilung	%
m	Masse	kg
$q_i$	Mengenanteildichte	... *)
$\hat{Q}$	Absolute Gesamtmenge an Teilchen	... *)
$\Delta Q_i$	Relativmenge im Intervall $\Delta x_i$	%
$\Delta \hat{Q}_i$	Mengenanteil im Intervall $\Delta x_i$	... *)
R	Rückstand	kg oder %
R(x)	Rückstandssummenverteilung	kg oder %
$\dot{R}$	Zeitliche Änderung des Rückstandes	%/min
$\Delta R$	Änderung des Rückstandes	kg oder %
t	Zeit	min
$\Delta t$	Zeitintervall	min
$\Delta x_i$	Intervallbreite oder Klasse	... *)

... \*) Die Einheit hängt von der Meßgröße oder dem Analyseverfahren ab.

## 7 Literaturverzeichnis

- [DIN 66165]      DIN 66165  
                    Siebanalyse
- [DIN ISO 3310]    DIN ISO 3310  
                    Analysensiebe; Anforderungen und Prüfung
- [Hemming]        Hemming, Werner:  
                    Verfahrenstechnik  
                    Komprath-Reihe  
                    Vogel Fachbuch  
                    ISBN 3-8023-0084-X
- [Löffler]         Löffler, Friedrich und Raasch, Jürgen:  
                    Grundlagen der Mechanischen Verfahrenstechnik  
                    Vieweg  
                    ISBN 3-528-08341-7
- [Schroedel]      Schroedel Schulbuchverlag  
                    Blickpunkt Chemie  
                    Lehrerband mit Kopiervorlagen  
                    Teil A  
                    ISBN 3-507-86033-3
- [Siebm]          Retsch GmbH & Co. KG  
                    Bedienungsanleitung Analysensiebmaschine AS200
- [Teiler]         Retsch GmbH & Co. KG  
                    Bedienungsanleitung Labor-Probenteiler Typ PT 1000
- [TPLab]         Praktikumsversuch II:  
                    Laborkugelmühle
- [TPPhFest]      Praktikumsversuch III:  
                    Physikalische Größen von Feststoffen
- [Zuteil]         Retsch GmbH & Co. KG  
                    Bedienungsanleitung Zuteilgerät DR 100
- [VDI 2031]      VDI-Richtlinien  
                    VDI 2031  
                    Feinheitsbestimmungen an technischen Stäuben