

Zerkleinern und Teilchengrößenanalyse

Daniel Bomze W05

Paul Gauss W12

Paul Kautny W20

21.10.2009

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung	3
1.1. <i>Partikelgrößenverteilung.....</i>	3
1.2. <i>Arbeitsaufwand für Zerkleinerung bei Upscaling</i>	3
1.3. <i>RRSB-Netz.....</i>	3
2. Theoretische Grundlagen	3
2.1. <i>Verteilungen.....</i>	3
2.2. <i>Formel von Bond</i>	4
2.3. <i>Umrechnung Massenverteilung in Anzahlverteilung</i>	4
3. Versuchsdurchführung.....	4
3.1. <i>Bestimmung der Anzahlverteilung von Quarzsand vor und nach der Zerkleinerung</i>	4
3.2. <i>Bestimmung der Anzahlverteilung vom zerkleinerten Gut mittels Luftstrahlsieb</i>	8
4. Auswertung.....	10
4.1. <i>Berechnung der Verteilungssummen</i>	10
4.2. <i>Berechnung der Verteilungsdichten</i>	13
4.3. <i>Umrechnen von q_3 auf q_0.....</i>	16
4.4. <i>Bestimmung der Parameter für die RRSB-Verteilung.....</i>	17
4.5. <i>Abschätzung des Arbeitsaufwandes für die Zerkleinerung einer Tonne des Ausgangsmaterials.....</i>	18
5. Diskussion der Ergebnisse & Fehlerabschätzung.....	19
5.1. <i>Fehlerquellen während des Messvorganges</i>	19
5.2. <i>Verteilungssummen.....</i>	19
5.3. <i>Verteilungsdichten</i>	19
5.4. <i>Vergleich der Massenverteilungsdichte und der Anzahlverteilungsdichte.....</i>	20
6. Anhang	21
6.1. <i>Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen und Symbole.....</i>	21

6.2. *Abbildungsverzeichnis* 21
7. **Referenzen**.....22

1. AUFGABENSTELLUNG

1.1. PARTIKELGRÖßENVERTEILUNG

Ziel der Übung war es die Partikelgrößenverteilung (Mengenart: Masse) vor und nach einem Zerkleinerungsvorgang (per Planetenmühle) zu bestimmen. Und die Verteilungsdichte des unzerkleinerten Gutes von einer Massenverteilung in eine Anzahlverteilung umzurechnen.

1.2. ARBEITSAUFWAND FÜR ZERKLEINERUNG BEI UPSCALING

Weiters war der Arbeitsaufwand für den Zerkleinerungsvorgang für 1 Tonne des Gutes nach der Formel von Bond zu berechnen.

1.3. RRSB-NETZ

Sowie eine Näherungsfunktion für die Verteilungssumme und die massenbezogene spezifische Oberfläche aus einem RRSB-Netz zu ermitteln.

2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN

2.1. VERTEILUNGEN

Verteilungsdichte

Die Verteilungsdichte ist wie folgt definiert: Verhältnis der Teilchen einer Klasse zur Gesamtmenge, bezogen auf die Klassenbreite. Formelmäßig ausgedrückt bedeutet das:

$$q_3(x_{i,mittel}) = \frac{\Delta Q_i}{\Delta x_i} = \frac{G_i}{(G_0 \Delta x_i)}$$

Formel 1

$$x_{i,mittel} = \frac{(x_i + x_{i+1})}{2}$$

Formel 2

$$\Delta x_i = x_{i+1} - x_i$$

Formel 3

Wobei Δx_i die Klassenbreite darstellt (Maschenweite vom betrachteten Sieb zum nächst höheren Sieb)

Verteilungssumme

Die Verteilungssumme gibt das Verhältnis der Teilchen, die kleiner x_i sind, zur Gesamtteilchenanzahl an. Formelmäßig lässt sich das wie folgt ausdrücken:

$$Q_3(x_i) = \sum q_3(x_{i-1}) \Delta x_{i-1} = \sum \frac{G_{i-1}}{G_0}$$

Formel 4

2.2. FORMEL VON BOND

Um den Arbeitsaufwand für die Zerkleinerung eines Gutes bei einem Upscaling zu schätzen kann man die Formel von Bond benutzen. Diese gibt anhand eines definierten, stoffspezifischen Arbeitsbedarfs (Workindex, W_i) den Arbeitsaufwand für die Zerkleinerung von einer Tonne des entsprechenden Guts an. Die Formel lautet:

$$W_M = 10 \cdot W_i \left(\frac{1}{\sqrt{x_{80,Produkt}}} - \frac{1}{\sqrt{x_{80,Rohstoff}}} \right)$$

Formel 5

2.3. UMRECHNUNG MASSENVERTEILUNG IN ANZAHLVERTEILUNG

Da Massenverteilungen und Anzahlverteilungen unterschiedlich gewichtet sind, können sie nicht 1:1 verglichen werden. Um eine Anzahlverteilung aus einer Massenverteilung zu erhalten sind folgenden Formeln notwendig:

$$q_0(x_{i,mittel}) = x_{i,mittel}^{-3} \cdot \frac{q_3(x_{i,mittel})}{M_{-3,3}}$$

Formel 6

$$M_{-3,3} = \sum x_{i,mittel}^{-3} \cdot q_3(x_{i,mittel}) \cdot \Delta x_i$$

Formel 7

3. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

3.1. BESTIMMUNG DER ANZAHLVERTEILUNG VON QUARZSAND VOR UND NACH DER ZERKLEINERUNG

Es wurden 400g Quarzsand ($\rho = 2640 \text{ kg/m}^3$) abgewogen und mittels einem Probenteiler in 8 gleich große Mengen geteilt und davon 200g sowie 100g entnommen.



Abbildung 1 Probenteiler

Die 100g Quarzsand wurden auf einen Siebturm mit insgesamt 14 Sieben unterschiedlicher Maschenweite aufgebracht. Das Sieb mit der weitesten Maschenweite war dabei ganz oben angebracht. Die genauen Maschenweiten der Siebe entnehmen Sie bitte dem Protokollteil *Auswertung*. Dieser Siebturm wurde auf eine Siebmaschine eingespannt und für 10 Minuten bei 30% Rüttelintensität gerüttelt.



Abbildung 2 Siebmaschine

Die einzelnen Siebe wurden anschließend voneinander getrennt und einzeln abgewogen. Aus den zuvor bestimmten Tara-Gewichten der einzelnen Siebe und den nach der Siebung abgewogenen Sieben wurde die Anzahlverteilung (Menge: Masse) des Rohprodukts bestimmt.

Maschenweite [μm]	Auswaage [g]
<40	0,00
40	0,08
63	0,32
80	0,73
100	2,17
125	1,61
140	7,02
180	11,37
224	16,04
280	9,48

315	29,73
400	12,65
500	7,70
630	0,83
800	0,00
Siebverlust: 0,77 g	

Tabelle 1 Messung des unzerkleinerten Gutes mit dem Siebturm (Rohstoff)

Die 200g Quarzsand wurden in einer Planetenkugelmühle bei 200 RPM für 12 Minuten zerkleinert. Das Intervall wurde dabei auf 2 Minuten eingestellt, das heißt die Drehrichtung hat sich alle 2 Minuten umgekehrt.



Abbildung 3 Geöffnete Planeten-Kugel-Mühle

Das Mahlgut wurde anschließend mittels Probenteiler wieder auf 8 gleich große Mengen aufgeteilt. Davon wurden rund 150g (genau Menge siehe *Auswertung*) auf den Siebturm aufgebracht und damit wie oben beschrieben verfahren.

Maschenweite [μm]	Auswaage [g]
<40	0,04
40	2,50
63	10,58
80	9,34
100	9,25

125	10,92
140	19,52
180	26,22
224	29,56
280	11,35
315	16,46
400	0,97
500	0,24
630	0,11
800	0,07
Siebverlust: 0,59 g	

Tabelle 2 Messung des zerkleinerten Gutes mit dem Siebturm

3.2. BESTIMMUNG DER ANZAHLVERTEILUNG VOM ZERKLEINERTEN GUT MITTELS LUFTSTRAHLSIEB

Für die Bestimmung der Anzahlverteilung mittels Luftstrahlsieb wurden 2 unterschiedliche Sieb-Typen benutzt: Normalsiebe mit Maschenweiten zwischen $32\mu\text{m}$ und $500\mu\text{m}$ und Mikrosiebe mit Maschenweiten zwischen 10 und $30\mu\text{m}$.



Abbildung 4 Luftstrahlsieb im Betrieb

Von den 50 verbleibenden Gramm des gemahlene Quarzsandes wurden rund 31g für die Analyse mittels Luftstrahlsieb bei normal großen Maschenweiten verwendet. Weitere 2,4g wurden für die Luftstrahlsiebanalyse mit Mikrosieben verwendet.

Das Luftstrahlsieb wurde mit der entsprechenden Düse versehen und das kleinste Sieb (32 μ m) wurde eingelegt. Anschließend wurde das Mahlgut auf dieses Sieb aufgebracht das Gerät mit einem Deckel verschlossen. Der Luftstrahl wurde jeweils für 5 Minuten laufen gelassen.

Nach jedem Siebvorgang wurde die auf dem Sieb verbleibende Menge Mahlgut per Waage bestimmt und auf das nächst größere Sieb überführt.

Vor der Siebung mit den Mikrosieben wurde die Luftdüse auf eine kleinere, den Mikrosieben angepasste Düse ausgewechselt. Außerdem wurde für das Verschließen des Geräts während der Messung ein kleinerer Deckel benutzt.

Für die Mikrosiebe wurde wie oben beschrieben verfahren mit der Änderung, dass anstatt der 31g nur 2,4g auf das kleinste Netz aufgebracht wurden, da die Mikrosiebe deutlich kleiner sind und auf so großen Gut-Mengen nicht ausgelegt sind.

Maschenweite [μ m]	Auswaage [g]	Masse der Klasse [g]
<10	0,00	0,03
10	2,35	0,08
20	2,27	0,04
30	2,23	2,23
<32	0,00	2,62
32	28,41	0,40
40	28,01	1,72
60	26,29	2,60
90	23,69	3,14
125	20,55	13,94
250	6,61	5,81
355	0,80	0,75
500	0,05	0,05

Tabelle 3 Messung des zerkleinerten Gutes mit dem Luftstrahlsieb

4. AUSWERTUNG

4.1. BERECHNUNG DER VERTEILUNGSSUMMEN

Aus den gemessenen Gewichten der einzelnen Klassen wurde mit Hilfe von Formel 4 die Verteilungssumme Q_3 des unzerkleinerten Gutes berechnet und dargestellt:

x_i [μm]	$Q_3(x_i)$
40	0,00
63	0,00
80	0,00
100	0,01
125	0,03
140	0,05
180	0,12
224	0,23
280	0,39
315	0,49
400	0,79
500	0,91
630	0,99
800	1,00

Tabelle 4 Berechnung von Q_3 des unzerkleinerten Siebgutes (Siebturm)

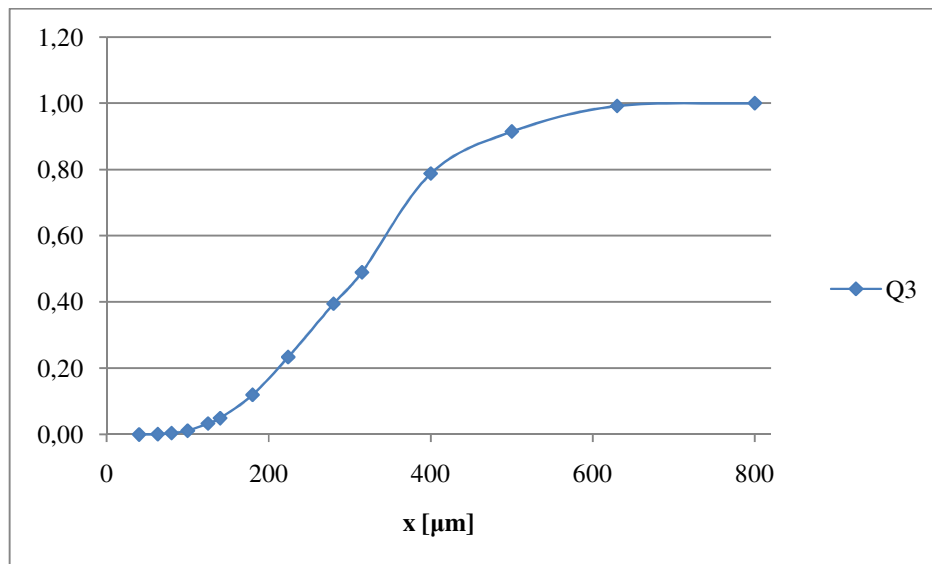


Abbildung 5 Verteilungssumme Q_3 des unzerkleinerten Siebgutes aus Daten des Siebturmes

Ebenso wurde die Verteilungssumme Q_3 für das zerkleinerte Gut, das erneut mit dem Siebturm getrennt wurde, berechnet und dargestellt:

x_i [μm]	$Q_3(x_i)$
40	0,00
63	0,02
80	0,09
100	0,15
125	0,22
140	0,29
180	0,42
224	0,60
280	0,80
315	0,88
400	0,99
500	1,00
630	1,00
800	1,00

Tabelle 5 Berechnung von Q_3 des zerkleinerten Siebgutes (Siebturm)

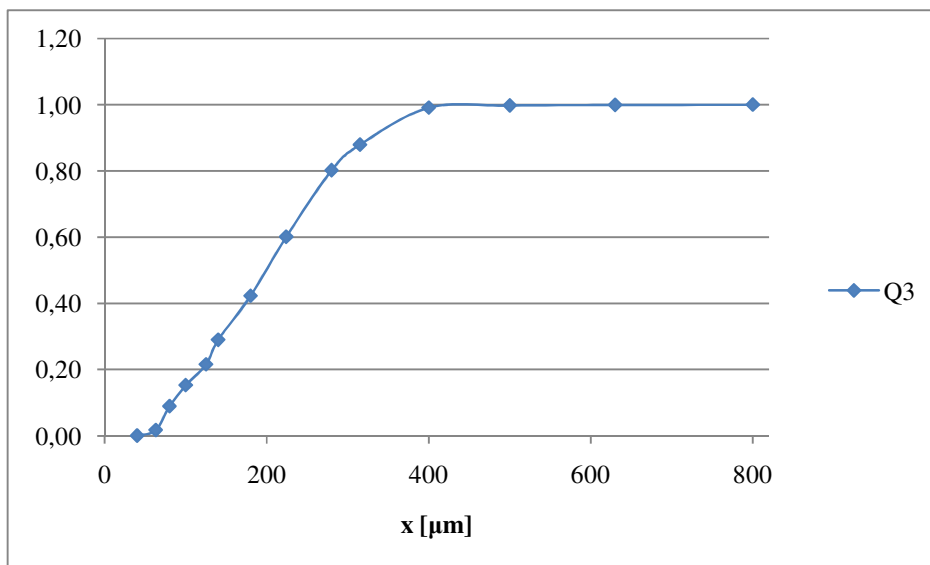


Abbildung 6 Verteilungssumme Q_3 des zerkleinerten Siebgutes aus den Daten des Siebturmes

Auch für das mit dem Luftstrahlsieb getrennte Gut wurden die Verteilungssummen Q₃ berechnet:

x_i [μm]	$Q_3(x_i)$
Mikrosiebe	
10	0,01
20	0,05
30	0,06
Normalsiebe	
32	0,08
40	0,10
60	0,15
90	0,24
125	0,34
250	0,79
355	0,97
500	1,00

Tabelle 6 Berechnung von Q₃ des zerkleinerten Siebgutes (Luftstrahlsieb)

Die graphische Darstellung der Verteilungssummen erfolgte für die Trennung mit dem engmaschigen und weitmaschigen Siebe getrennt. In Abbildung 8 wird der Bereich der Funktion für kleine x extra dargestellt:

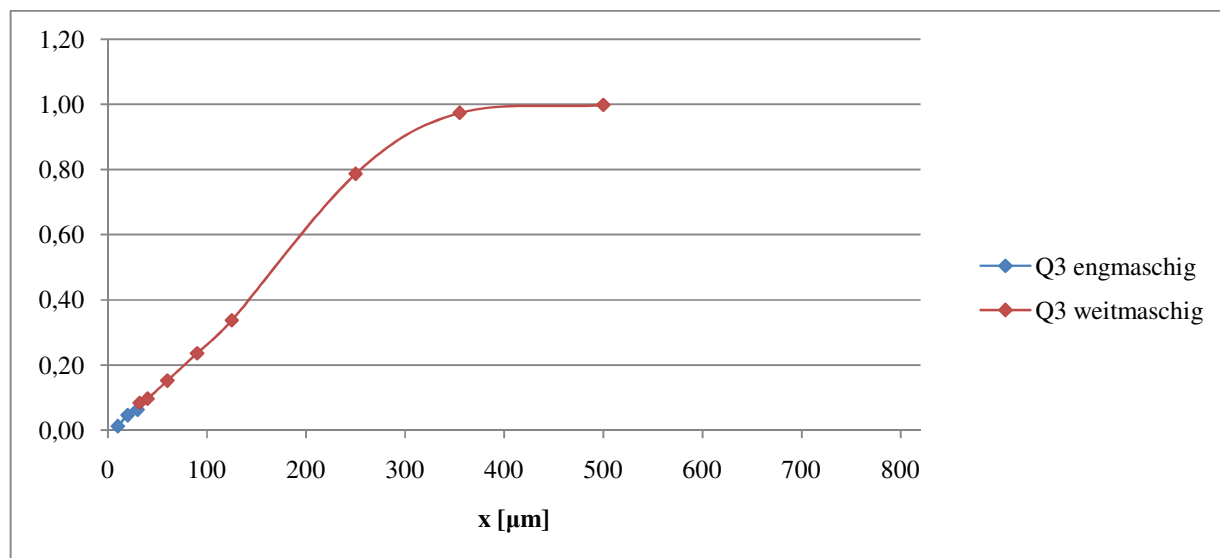


Abbildung 7 Verteilungssumme des zerkleinerten Siebgutes (Mikrosiebe und Normalsiebe) aus den Daten des Luftstrahlsiebes

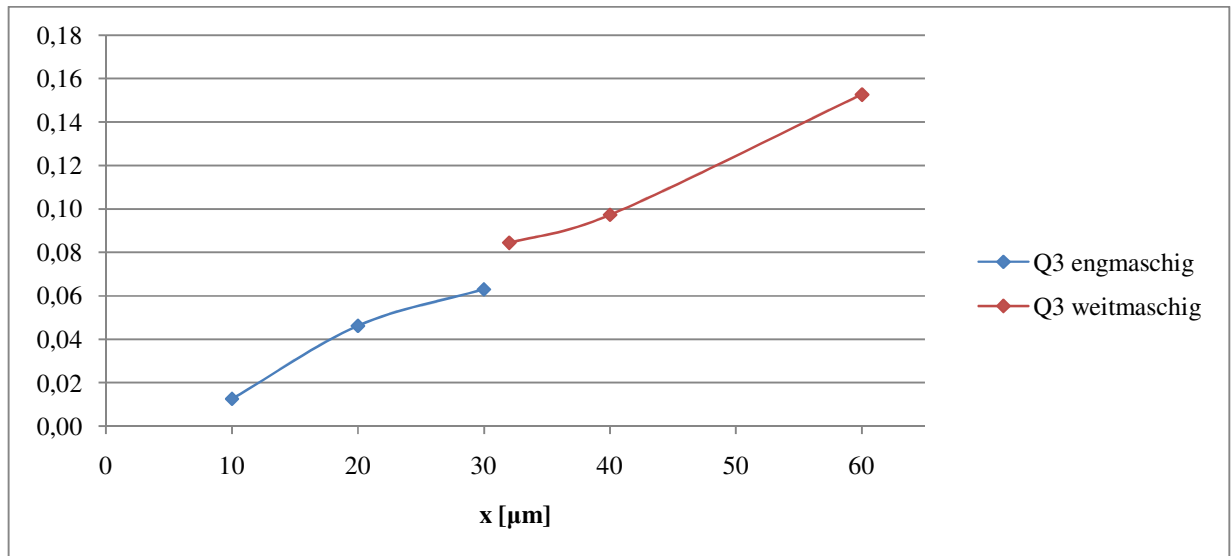


Abbildung 8 Verteilungssumme des zerkleinerten Siebgutes (Mikrosiebe und Normalsiebe) aus den Daten des Luftstrahlsiebes für kleine Korngrößen

4.2. BERECHNUNG DER VERTEILUNGSDICHTEN

Mit Hilfe von Formel 1 wurde für das unzerkleinerte Gut die Verteilungsdichte q_3 berechnet und graphisch dargestellt. Es handelt sich dabei eigentlich nicht um diskrete Verteilungen, da die Breiten der Klassen nicht infinitesimal klein sind. Um die Anschaulichkeit zu erhalten, wurde dies jedoch vernachlässigt.

$x_{i,mittel}$ [mm]	$\Delta x_{i,mittel}$ [μm]	$q_3(x_{i,mittel})$ [mm ⁻¹]
0,0200	40	0,00
0,0515	23	0,03
0,0715	17	0,19
0,0900	20	0,37
0,1125	25	0,87
0,1325	15	1,08
0,1600	40	1,76
0,2020	44	2,59
0,2520	56	2,87
0,2975	35	2,72
0,3575	85	3,51
0,4500	100	1,27
0,5650	130	0,59
0,7150	170	0,05

Tabelle 7 Berechnung von q_3 des unzerkleinerten Siebgutes

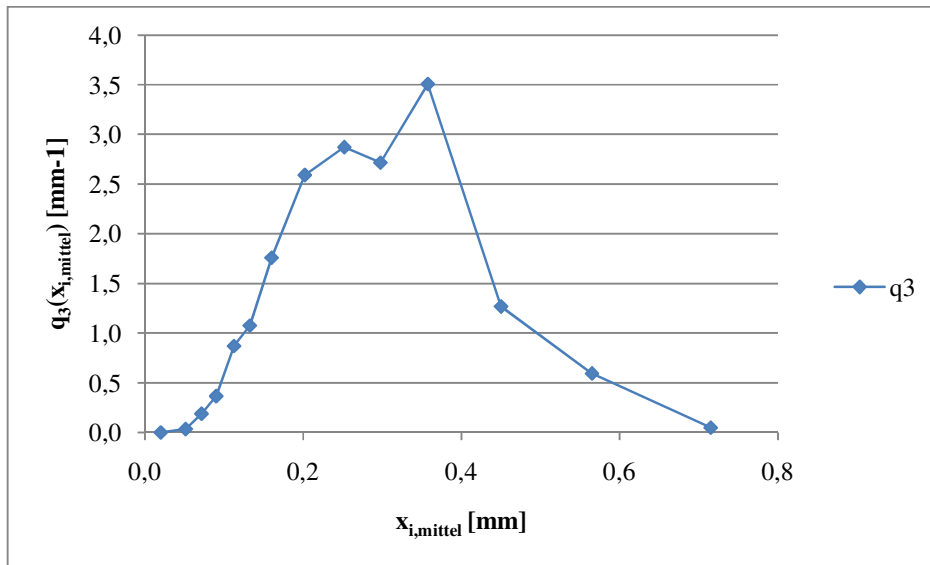


Abbildung 9 Verteilungsdichte des unzerkleinerten Siebgutes

Ebenso wurde q_3 für das zerkleinerte und mit dem Siebturm getrennte Gut berechnet und dargestellt:

$x_{i,mittel}$ [mm]	$\Delta x_{i,mittel}$ [μ m]	$q_3(x_{i,mittel})$ [mm ⁻¹]
0,0200	40	0,01
0,0515	23	0,74
0,0715	17	4,23
0,0900	20	3,17
0,1125	25	2,51
0,1325	15	4,95
0,1600	40	3,32
0,2020	44	4,05
0,2520	56	3,59
0,2975	35	2,20
0,3575	85	1,32
0,4500	100	0,07
0,5650	130	0,01
0,7150	170	0,00

Tabelle 8 Berechnung des q_3 des zerkleinerten Gutes (Siebturm)

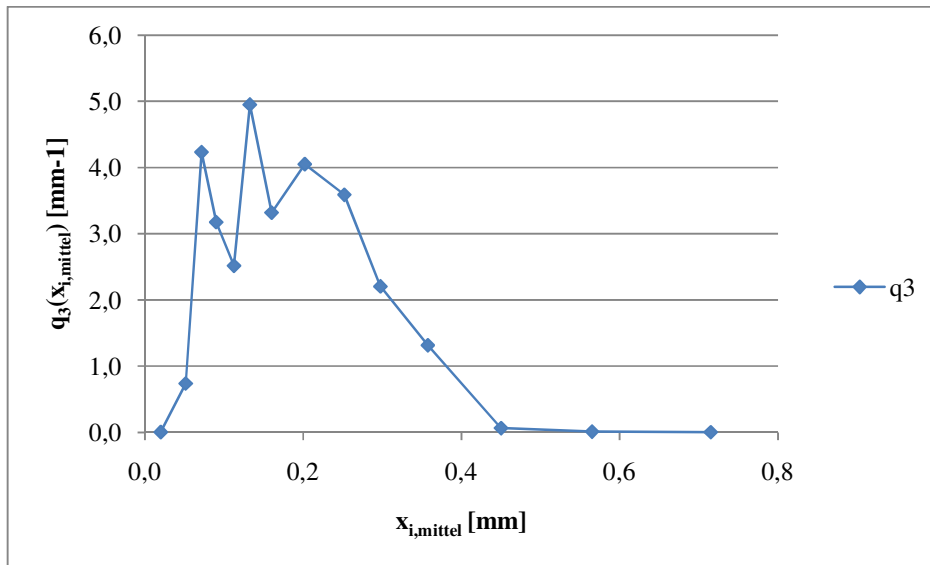


Abbildung 10 Verteilungsdichte des zerkleinerten Gutes an Hand von Daten aus dem Siebturm

Auch mit den Daten die durch die Trennung mit dem Luftstrahlsieb erhalten wurden, wurde so verfahren:

$x_{i,mittel}$ [mm]	$\Delta x_{i,mittel}$ [μ m]	$q_3(x_{i,mittel})$ [mm ⁻¹]
Mikrosiebe		
0,0050	10	1,26
0,0150	10	3,36
0,0250	10	1,68
Normalsiebe		
0,0160	32	2,64
0,0360	8	1,61
0,0500	20	2,77
0,0750	30	2,79
0,1075	35	2,89
0,1875	125	3,59
0,3025	105	1,78
0,4275	145	0,17

Tabelle 9 Berechnung von q_3 des zerkleinerten Siebgutes (Luftstrahlsieb)

Die so erhaltenen Funktionen wurden für die unterschiedlichen Filtertypen wieder getrennt dargestellt:

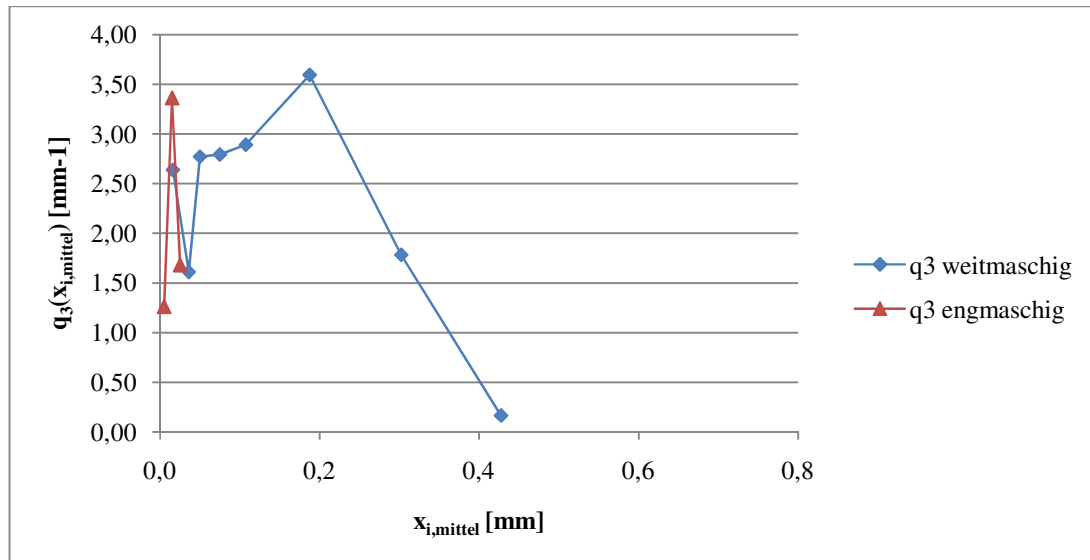


Abbildung 11 Verteilungsdichte des zerkleinerten Gutes an Hand von Daten aus dem Luftstrahlsieb

4.3. UMRECHNEN VON q_3 AUF q_0

Mittels der Formeln 6 und 7 wurde für das unzerkleinerte Gut nun die Massenverteilungsdichte q_3 auf die Anzahlverteilungsdichte q_0 umgerechnet und diese Verteilung graphisch dargestellt.

$x_{i,mittel}$ [mm]	$q_0(x_{i,mittel})$ [mm ⁻¹]
0,0200	1,44
0,0515	9,16
0,0715	19,60
0,0900	7,38
0,1125	2,99
0,1325	3,60
0,1600	1,37
0,2020	0,83
0,2520	0,38
0,2975	0,14
0,3575	0,05
0,4500	0,00

0,5650	0,00
0,7150	0,00

Tabelle 10 Berechnung von q_0 des unzerkleinerten Gutes an Hand von Daten aus dem Siebturm

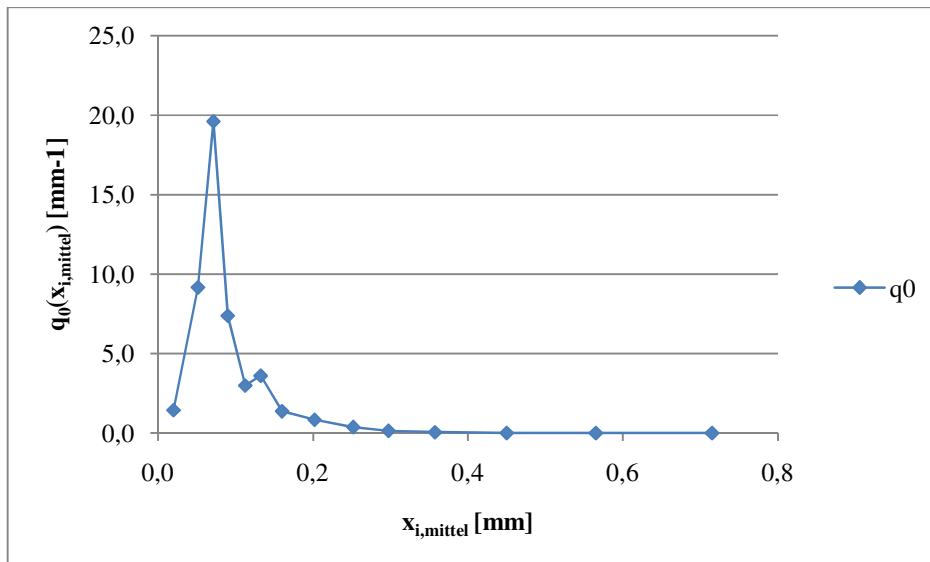


Abbildung 12 Verteilungsdichte des unzerkleinerten Gutes an Hand von Daten aus dem Siebturm

4.4. BESTIMMUNG DER PARAMETER FÜR DIE RRSB-VERTEILUNG

Für Q_3 des zerkleinerten Gutes wurde eine Näherungsfunktion gesucht. Da die erhaltenen Verteilungsfunktionen des mittels des Siebturm getrennten Gutes eher den erwarteten Formen entsprachen, wurde diese Näherung auch mit den Daten dieser Messung durchgeführt. Mit Hilfe eines RRSB-Netzes wurden durch Auftragen der entsprechenden Q_3 und x Werte Wertepaare zur Bestimmung der Ausgleichsgerade ermittelt. Diese Wertepaare wurden optisch vermessen und die Gerade mit Hilfe linearer Regression digital berechnet. Folgenden Parameter wurden dabei ermittelt:

$$n=2,4$$

$$x'(Q=0,632)=230 \mu\text{m}$$

Damit ergibt sich für die Näherungsfunktion für Q_3 :

$$Q_3(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{230}\right)^{2,4}}$$

Formel 8

x ...Partikelgröße [μm]

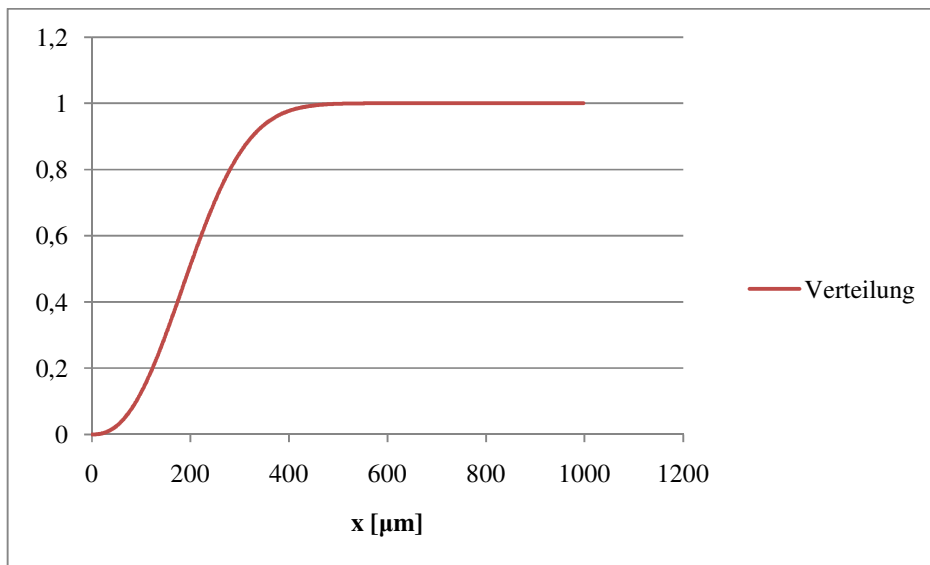


Abbildung 13 Näherungsfunktion für Q_3 des zerkleinerten Gutes

Aus dem RRSB-Netz wurde weiters die massenbezogene spezifische Oberfläche bestimmt. Sie beträgt: $S_m=2,1 \text{ cm}^2/\text{g}$

4.5. ABSCHÄTZUNG DES ARBEITSAUFWANDES FÜR DIE ZERKLEINERUNG EINER TONNE DES AUSGANGSMATERIALS

Um den Arbeitsaufwand, für den von uns erreichten Zerkleinerungsgrad abzuschätzen, wurde die Gleichung von Bond (Formel 5) benutzt. Als Working-Index (W_i) wurde der Wert 14 kWh/t eingesetzt.

Die Bestimmung von x_{80} erfolgte aus den zuvor ermittelten Daten.

$x_{80, \text{Produkt}}$ [mm]	$x_{80, \text{Rohstoff}}$ [mm]	W_m [kWh/t]
280	400	1366,6

Tabelle 11 Bestimmung von W_m nach Bond

5. DISKUSSION DER ERGEBNISSE & FEHLERABSCHÄTZUNG

5.1. FEHLERQUELLEN WÄHREND DES MESSVORGANGES

- Bereits beim Aufteilen der Probe dürfte es zu Fehlern gekommen sein, da es durch den Probenhomogenisator, trotz niedriger Vibrationsamplitude zu einer Staubentwicklung kam. Weiters blieben in den Gewinden der Gläser feine Staubteilchen hängen. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass es im Bereich sehr kleiner Teilchengrößen zu Verlusten gekommen ist.
- Im Siebturm dürfte es weiters zu einer Agglomeration von Teilchen gekommen sein, was dazu führte, dass kleine Teilchen in höheren Klassen detektiert wurden. So wurde z. B. durch kurzes manuelles Nachsieben des Siebgutes im feinsten Sieb der zerkleinerten Probe ein Gewichtsverlust von 0,17 g festgestellt. Dies entspricht 7 % der Gesamtmasse in dieser Klasse. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich jedoch noch viele zu kleine Teilchen in dem Sieb befanden und dass sich dieser Fehler auch über die anderen Klassen erstreckt.
- Auch dürfte die Ungenauigkeit der Waage einen nicht zu vernachlässigenden Fehler nach sich gezogen haben, da sie nicht vor Erschütterungen und Luftzug geschützt wurde. So schwankten die gemessenen Werte, während der Messung bis zu 0,5 g schwankten. Vor allem in Klassen mit niedrigen Massen und vor allem bei der Messung mit dem Luftstrahlsieb, bei der die Einwaage nur 31,03 g betrug, wirkt sich das stark aus.
- Beim Messen mit dem Luftstrahlsieb musste das Siebgut nach dem Abwiegen in das jeweils nächstgrößere Sieb überführt werden. Dabei kann ein quantitatives Überführen nicht garantiert werden.

5.2. VERTEILUNGSSUMMEN

Vergleicht man die Verteilungssumme des unzerkleinerten Gutes mit der des zerkleinerten, so stellt man auch den erwarteten schnelleren Anstieg im Fall des gemahlten Gutes fest. Weiters sieht man, wenn man den Übergangsbereich von den Mikrosieben zu den Normalsieben betrachtet, eine relativ gute Übereinstimmung fest. Der kleine Fehler entsteht durch Mischungsfehler und Wägefehler. Besonders bei den Mikrosieben auf die nur 2,38 g aufgebracht wurden wirkt sich dieser Fehler stark aus.

5.3. VERTEILUNGSDICHTEN

Die Verteilungsdichten entsprechen in etwa den erwarteten Glockenfunktionen. Allerdings doch mit teilweise starken Abweichungen, die auf die oben bereits beschriebenen Fehler zurückzuführen sind (Agglomeration, Waage). Am stärksten wirken sich diese Fehler auf die Messung mit den Mikrosieben aus, da hier das kleinste Volumen aufgetragen wurde. Bei der Messung des zerkleinerten Gutes mit dem Siebturm, spielte die Agglomeration (s. o.) eine große Rolle.

5.4. VERGLEICH DER MASSENVERTEILUNGSDICHTE UND DER ANZAHLVERTEILUNGSDICHTE

Für das unzerkleinerte Gut wurde die Massenverteilungsdichte in die Anzahlverteilungsdichte umgerechnet (siehe 4.3). Dabei sieht man, dass sich der Modalwert der Funktionen zu niedrigeren Werten verschiebt und das q_0 eine viel engere Verteilungsstruktur aufweist.

	$x_{i, \text{mittel}}$ [mm]	$f(x_{i, \text{mittel}})$
q_0	0,0715	19,6
q_3	0,3575	3,51

Tabelle 12 Vergleich der Modalwerte der Verteilungsdichten

Dies ist dadurch bedingt, dass viele kleine Teilchen, trotz der größeren Anzahl, weniger wiegen, als ein großes Partikel.

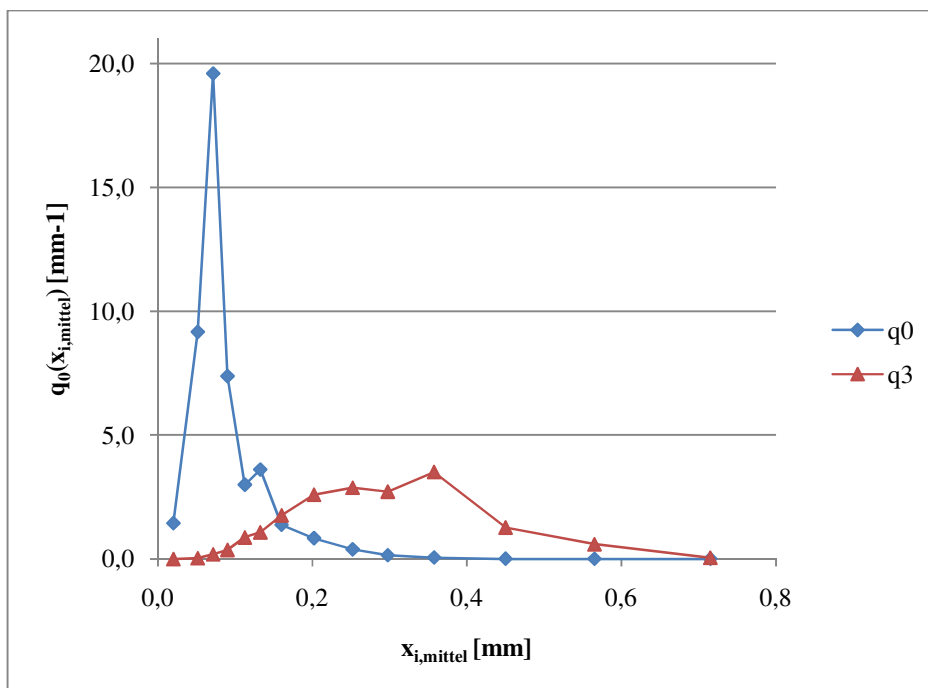


Abbildung 14 Vergleich der Verteilungsdichten

6. ANHANG

6.1. VERZEICHNIS DER VERWENDETEN FORMELZEICHEN UND SYMBOLE

- G_0 ... Aufgabegutmeng minus Siebverlust [g]
 G_i ... Gutmenge auf einem Sieb [g]
 i ... Anzahl der Siebe, Laufvariable minus Siebverlust []
 $q_3(x_{i,mittel})$... Verteilungsdichte (Masse)[mm^{-1}]
 $q_0(x_{i,mittel})$... Verteilungsdichte (Anzahl)[mm^{-1}]
 $Q_3(x)$... Verteilungssumme []
 x_i ... Maschenweite des Siebes i bzw Partikelgröße [mm]
 $x_{i,mittel}$... mittlere Partikelgröße bzw. Maschenweite [mm]
 $x_{80,Produkt}, x_{80,Rohstoff}$... Partikelgröße bei $Q_3 = 80 \%$ [mm]
 Δx_i ... Klassenbreite [mm]
 W_m ... Massenbezogene Zerkleinerungsarbeit pro Tonne Gut $\left[\frac{kWh}{t} \right]$
 W_i ... Workindex $\left[\frac{kWh}{t} \right]$
 φ ... Formfaktor []

6.2. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Probenteiler.....	5
Abbildung 2 Siebmaschine.....	6
Abbildung 3 Geöffnete Planeten-Kugel-Mühle.....	7
Abbildung 4 Luftstrahlsieb im Betrieb.....	8
Abbildung 5 Verteilungssumme Q_3 des unzerkleinerten Siebgutes aus Daten des Siebturmes.....	10
Abbildung 6 Verteilungssumme Q_3 des zerkleinerten Siebgutes aus den Daten des Siebturmes.....	11
Abbildung 7 Verteilungssumme des zerkleinerten Siebgutes (Mikrosiebe und Normalsiebe) aus den Daten des Luftstrahlsiebes.....	12
Abbildung 8 Verteilungssumme des zerkleinerten Siebgutes (Mikrosiebe und Normalsiebe) aus den Daten des Luftstrahlsiebes für kleine Korngrößen.....	13
Abbildung 9 Verteilungsdichte des unzerkleinerten Siebgutes.....	14
Abbildung 10 Verteilungsdichte des zerkleinerten Gutes an Hand von Daten aus dem Siebturm.....	15
Abbildung 11 Verteilungsdichte des zerkleinerten Gutes an Hand von Daten aus dem Luftstrahlsieb.....	16
Abbildung 12 Verteilungsdichte des unzerkleinerten Gutes an Hand von Daten aus dem Siebturm..	17
Abbildung 13 Näherungsfunktion für Q_3 des zerkleinerten Gutes.....	18
Abbildung 14 Vergleich der Verteilungsdichten.....	20

7. REFERENZEN

1. Höflinger Wilhelm: Mechanische Verfahrenstechnik I, Manuskript zur gleichnamigen Vorlesun LVA-Nr: 159.478 (Hochschülerschaft der TU Wien)
2. Höflinger et al.: Skriptum zu Verfahrenstechnik Laborübungen für Chemiker LVA-Nr: 166.209 ; Version 8.0; WS 09