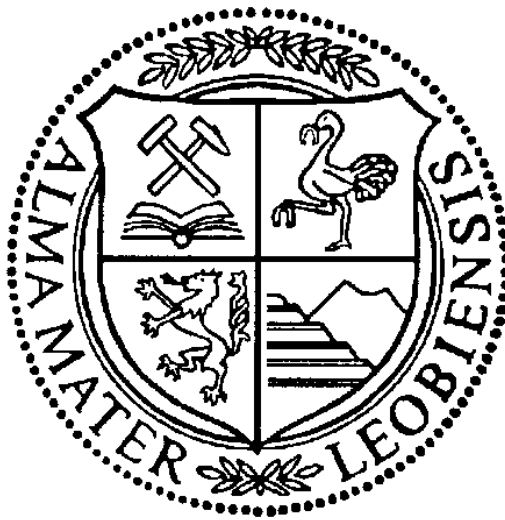


Ist-Zustandsanalyse einer trockenen Mahlanlage mit  
Optimierungsvorschlägen



Magisterarbeit am Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung  
der Montanuniversität Leoben

vorgelegt von  
Bakk.techn. Barbara Zluc  
Matr.-Nr. 9935210

Betreuer:  
Dipl.Ing. Dr. mont. Andreas Böhm

Leoben, im Jänner 2008

# INHALTSVERZEICHNIS:

<b>1. Aufgabenstellung und Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
1.1 Aufgabenstellung	1
1.2 Zusammenfassung	2
<b>2. Mahlbarkeitsuntersuchungen</b>	<b>4</b>
2.1 Charakterisierung der Versuchsmaterialien	4
2.1.1 <i>Versuchsmaterial Sinter 3A</i>	4
2.1.2 <i>Versuchsmaterial SM 3</i>	5
2.1.3 <i>Versuchsmaterial Z-Sinter</i>	5
2.2 Durchführung der Untersuchungen	8
2.2.1 <i>Zerkleinerung und Klassierung</i>	8
2.2.2 <i>Schüttdichtebestimmung</i>	11
2.2.3 <i>Reindichtebestimmung</i>	11
2.2.4 <i>Bestimmung der spezifischen Oberfläche</i>	11
2.2.5 <i>Spezifischer Energieeintrag</i>	12
2.3 Ergebnisse	12
2.3.1 <i>Dispersitätsanalysen</i>	13
2.3.2 <i>Rittinger Gerade</i>	15
2.3.3 <i>Work-Index nach Bond (errechnet)</i>	15
2.3.4 <i>Kornformfaktor</i>	18
2.4 Vergleich Hand-/Luftstrahlsiebung mit Lasergranulometrie	19
<b>3. Aufbereitungsanlage der Veitsch</b>	<b>23</b>
3.1 Beschreibung der Mahlanlage	23
3.2 Charakterisierung der Apparate	24
3.2.1 <i>Kugelmühle</i>	24
3.2.2 <i>Windsichter</i>	27
3.2.3 <i>Dosierbandwaage</i>	27
3.2.4 <i>Zyklon</i>	28

<b>4. Untersuchungen</b>	<b>29</b>
4.1 Probenahmeplan	29
<i>4.1.1 Beurteilung der Probenahmequalitäten aus dem ersten Probenahmeversuch</i>	30
4.1.1.1 Probenahmestelle 1: Frischgut	30
4.1.1.2 Probenahmestelle 2: Mahlprodukt	30
4.1.1.3 Probenahmestelle 3: Rückgut	31
4.1.1.4 Probenahmestelle 4: Filterstaub	31
4.1.1.5 Probenahmestelle 5: Endprodukt	32
<i>4.1.2 Probenahme der Materialien Sinter 3A und SM 3.</i>	33
<i>4.1.3 Probenahme des Z-Sinter</i>	33
4.2 Durchführung der Probennahmen und Versuche; Ergebnisse	33
<i>4.2.1 Ist-Zustandsanalyse</i>	33
4.2.1.1 Ergebnisse Sinter 3A	34
4.2.1.2 Ergebnisse SM 3	37
<i>4.2.2 Darstellung der Schwankungen der Einzelproben am Beispiel Sinter 3A: Probenahme vom 07.11.2006</i>	41
<i>4.2.3 Ist-Zustandsanalyse – Sinter 3A. Zweiter Versuch.</i>	48
4.2.4 Versuch: Grobmehlerzeugung	52
4.2.5 Verweilzeit	60
4.2.6 Mehlfeinheit während eines Chargenwechsels	63
<b>5. Resümee</b>	<b>53</b>
Anhang A	
Anhang B	
Anhang C	

## 1. Aufgabenstellung und Zusammenfassung

### 1.1 Aufgabenstellung

An der Mahlanlage der RHI Veitsch werden verschiedene Materialien (hauptsächlich Magnesia) auf die für die jeweilige Verwendung erforderliche Produktfeinheit gemahlen. Dazu dient eine Kugelmühle (Bez.: 9to Rohrmühle) mit Austragskammer, die mit einem Streutellerwindsichter der Bezeichnung SUV 2800 Fa. Gebr. Pfeiffer im Kreislauf geschaltet ist.

Die Körnungen, die auf die Mühle aufgegeben werden, unterscheiden sich hinsichtlich Aufgabekorngrößen und Zerkleinerungswiderstand. Auch die geforderte Produktfeinheit ist je nach Material verschieden. Häufig besteht die Anforderung von einem Durchgang von 60% bzw. 70% < 63µm. Die produzierte Produktfeinheit liegt bei einigen Materialien an der unteren Toleranzgrenze, ist also tendenziell zu fein. Üblicherweise werden in einer acht Stunden Schicht bis zu vier verschiedene Aufgabematerialien nacheinander gemahlen.

Folgende Aufgaben sollen im Zuge dieser Magisterarbeit gelöst werden:

- Beschreibung der Zerkleinerungseigenschaften ausgewählter Materialien.
- Eine Ist-Zustandsanalyse der Mahlanlage u. a. durch Probenahme ausgewählter Gutströme und Charakterisierung der einzelnen Aggregate (geometrische Daten, Kapazität, Leistungsmessung...)
- Die Auswirkung der häufigen Chargenwechsel auf die Prozessstabilität. Es ist zu herausfinden, ob mit der derzeitigen Schaltung des Mahlkreislaufs eine konstante Produktfeinheit aller gemahlener Körnungen erreicht werden kann.
- Mögliche Einflussmöglichkeiten auf die Produktfeinheit der Materialien.

## 1.2 Zusammenfassung

Im Zuge der Mahlbarkeitsuntersuchungen wurde bei allen drei Magnesiaprodukten nach der Methode der optimierten Zerkleinerungskette ein hoher Zerkleinerungswiderstand festgestellt. Der errechnete Work-Index nach Bond liegt in der simulierte Kreislaufzerkleinerung in der Laborstabmühle mit Vor- und Zwischenabsiebung bei 1mm von 100% < 6,3mm auf 100% < 1mm zwischen 12 - 15kWh/t.

Die simulierte Kreislaufmahlung in der Laborkugelmühle von 100% < 1mm auf 100% < 0,2mm hingegen lieferte Work-Indices von 25kWh/t. Die vereinfachenden Annahmen von Bond sind auf diese Sintermaterialien (wie bei den meisten anderen Materialien) nicht anzuwenden. Der spezifische Energieverbrauch gehorcht keinem Quadratwurzelzusammenhang.

Die Einflüsse auf das Mahlsystem des Werks Veitsch wurden auf der Basis gesammelter Betriebsdaten und umfangreicher Probenahmeaktivität im Zeitraum von September 2006 bis Jänner 2006 erarbeitet. Die Ergebnisse sind in den Kapiteln 3 und 4 zusammengestellt. Durch den schwankenden Rückgutmassenstrom und der sofortigen Reaktion bei der Frischaufgabe, ändern sich die Korngrößeneigenschaften der Gesamtaufgabe auch innerhalb einer Charge ständig. Außerdem tragen die vielen Chargenwechsel (häufig alle 1-2 Stunden mit einer Chargenmenge zwischen 15 und 30 Tonnen) zur Destabilisierung des Systems bei. Auch die fehlende Probenahmestelle direkt nach der Mühle, und die fehlende Möglichkeit den Massenstrom des Filterstaubs objektiv zu bestimmen erschweren die Beschreibung des Systems.

Schwankungen die bei den Einzelproben des Mahlproduktes festgestellt wurden, sind im Endprodukt wesentlich geringer. Dies könnte durch die Vergleichmäßigung der Produktqualität durch die Filterstaub zurückzuführen sein.

Eine Grobmehlerzeugung mit diesem System ist durch die Erhöhung der Ventilatorleistung des Windsichters auf 90% und der Gegenflügeldrehzahleinstellung von 30% und die Erhöhung der Mühlenaufgabemenge auf 16 t/h möglich. Allerdings wird dann durch Überbeladung des Sichters mehr Feinstgut in das Sichterrückgut verschleppt. Außerdem besteht bei längerem Betrieb auf diese Weise die Gefahr der Überbelastung des Sichters und eines übermäßigen Ansteigens des Mahlguts in der Mühle.

Für die Verweilzeit des Mahlgutes in der Mühle wurde ein Versuch mit zwei hintereinander gemahlene Magnesia, die eine unterschiedliche chemische Analyse aufweisen, gemacht. Die Verweilzeit wurde mit etwa 30 Minuten bestimmt.

Während des 30 minütigen Ausmahlens der Mühle stieg die Feinheit des Mahlproduktes sehr stark an (von ca. 70% <63µm auf maximal 98% <63µm). Beim Einmahlen derselben mit der nächsten Mahlcharge stellte sich der erforderliche Wert von 70% <63µm innerhalb von etwa 30 Minuten ab Beginn der Mühlenaufgabe ein.

## 2. Mahlbarkeitsuntersuchungen

### 2.1 Charakterisierung der Versuchsmaterialien

#### 2.1.1 Versuchsmaterial Sinter 3A

Die Bezeichnung Sinter 3A steht für synthetischen Magnesiasinter (Brine-Magnesia). Er wird in den Niederlanden von der Fa. Nedmag durch Fällung aus Meerwasser hergestellt. Nach mehreren Anreicherungs- und Reinigungsschritten wird das Produkt entwässert, brikettiert, gebrannt und mit einem Walzenbrecher gebrochen. Die Eingangspröbe hat eine Masse von 34kg und eine Korngrößenverteilung von 100% <16mm. Der Korngrößenanteil <1mm ist mit 0,48% sehr gering und lässt auf eine Vorabsiebung des Materials schließen.

Makroskopische Eigenschaften: Die Einzelkörner sind in groben Korngrößen gedungen, mit glatter Oberfläche und weisen teilweise einen muscheligen Bruch auf. Kleinere Korngrößen sind großteils allseitig gebrochen und oft nadelförmig. Die Farbe der Körner ist zumeist gelb oder grau, selten bräunlich.



Abb.2.1: Sinter 3A; Eingangspröbe nach Siebung:  
Fraktionen: 16/10mm;  
10/6,3mm; <6,3mm

#### 2.1.2 Versuchsmaterial SM 3

Die Bezeichnung SM 3 steht für Schmelzmagnesia aus China mit einem durchschnittlichen MgO-Gehalt von 97%. Das Material wird in einem

Elektrolichtbogenofen hergestellt. Je nach „Position“ innerhalb des Schmelzblocks, hat die Schmelzmagnesia unterschiedliche Reinheitsgrade, Farb- und Dichteigenschaften.

Die Eingangsprobe von 36kg hat eine Korngrößenverteilung von 100% <63mm, mit einem Anteil von 30% <20mm.

Makroskopische Eigenschaften: Farblich in verschiedenen Grautönen, von hellem blaugrau bis hin zu braungrau und beige (selten), weiß (selten) und vereinzelt graugrün vorhanden.

In den groben Fraktionen 63/50mm und 50/40mm oft porös. In geringeren Korngrößen weniger häufig porös, oft dicht, mit glatter Oberfläche. Ebenfalls in kleineren Korngrößen gelegentlich weiß durchscheinend, mit glasigem Glanz und glatter Oberfläche. Bei diesen Körner sind Spaltflächen gut zu erkennen.

In groben Korngrößen gelegentlich bräunlichgrau-braun gesprenkelte Stücke, die braunen Sprenkeln mit Glasglanz.

Körner sind oft gedrunen, gelegentlich länglich.



Abb.2.2: SM3;  
Eingangsprobe nach  
Siebung:  
Fraktionen:  
40/31,5mm; 16/10mm;

### 2.1.3 Versuchsmaterial Z-Sinter

Die Bezeichnung Z-Sinter ist ein Überbegriff für eisenreichen Magnesiasinter mit einem Eisengehalt von etwa 5-7%. Das Rohgut (alpidischer Magnesit) wird im Untertagebergbau der Fa. RHI AG in Breitenau am Hochlantsch bergmännisch abgebaut, dort in einer Brechanlage zerkleinert und in einem Rohofen in einem Einstufenbrand gesintert.



Die Eingangssprobe hat eine Masse von 30kg und eine Korngrößenverteilung von 100% <10mm, der geringe Korngrößenanteil von <0,5mm lässt auf eine Vorabsiebung bei 0,5mm schließen.

Makroskopische Eigenschaften: Der Z-Sinter hat eine dunkelgraue Farbe und einen metallischen Glanz. Die Körner sind gedrunen, meistens dicht, vereinzelt porös. In Korngrößen <100 $\mu$ m kommt die rötliche Färbung durch das Eisenoxid zum Vorschein.



Abb.2.3: Z-Sinter; Eingangssprobe nach Siebung: Fraktion: 10/6,3mm;

	$k_{\max}$ (mm)	$k_{80}$ (mm)	$f_A$	$\rho_{\text{schütt}}$	$\rho_{\text{stoff}}$
Sinter 3A	15	13	10,4	2,03	3,54
SM 3	60	35	10,2	1,95	3,58
Z-Sinter	9	4,1	11,0	2,21	3,62

Tabelle 2.1: Kennwerte der Magnesia (Eingangssproben). Kornformfaktoren  $f_A$  und Stoffdichte  $\rho_{\text{stoff}}$  sind Mittelwerte der Zerkleinerungsprodukte aus Brecher-, Stabmühlen-, und Kugelmühlenerkleinerungsstufe.

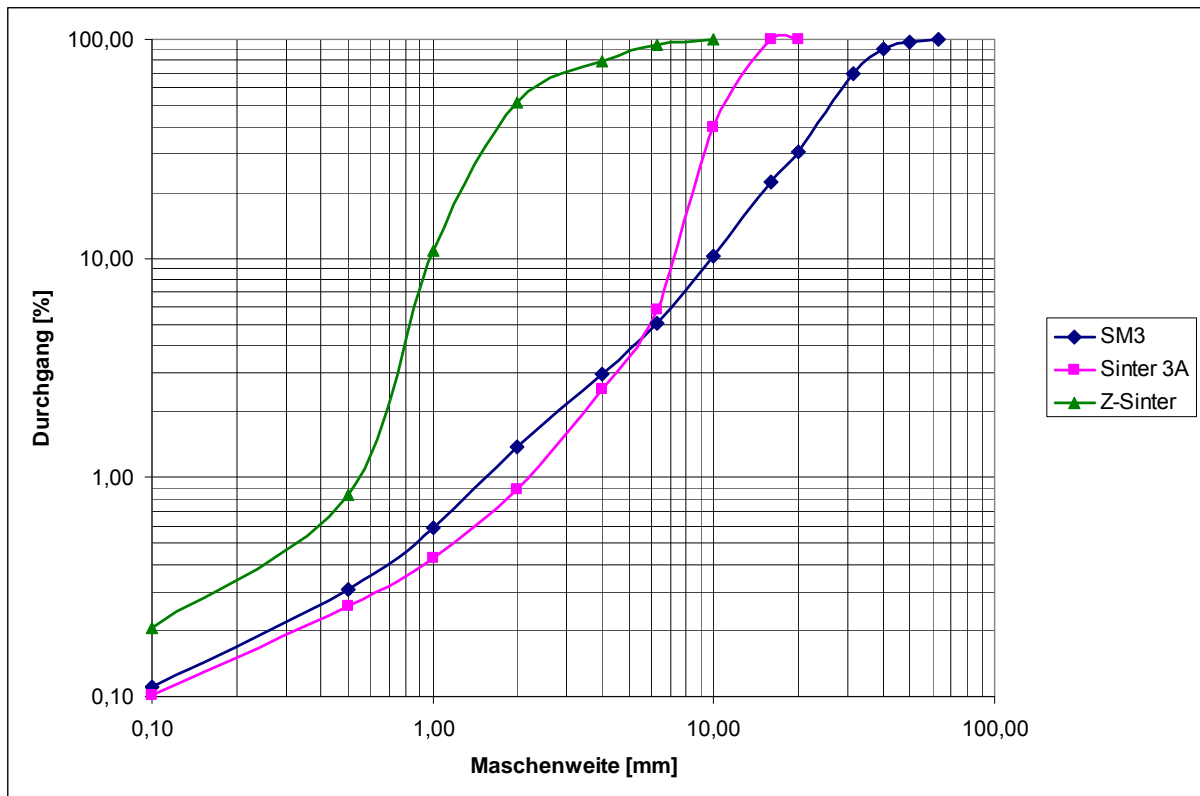


Abb. 2.4: Korngrößenverteilungen der Eingangspröben.

## 2.2 Durchführung der Untersuchungen

Zur Charakterisierung des Zerkleinerungsverhaltens wird die am Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung entwickelte Methode der energieoptimierten Zerkleinerung (OCS...Optimized Communiton Sequence) angewandt. Dabei wird eine Kreislaufzerkleinerung mit Vorklassierung und mit hoher Umlaufender Last bei klein gewählten Dispersitätssprüngen und optimal angepasstem Zerkleinerungswerkzeug durchgeführt. <sup>[1]</sup>

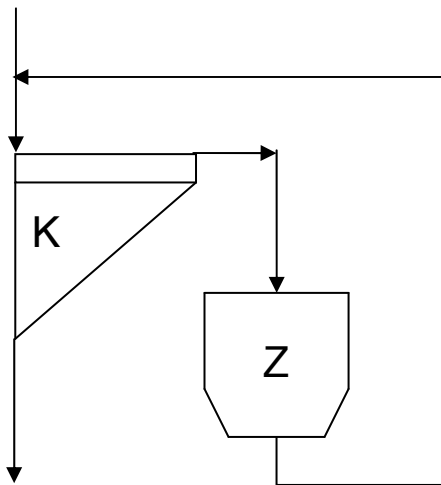


Abb.2.5: Prinzip eines Schrittes aus der energieoptimierten Zerkleinerungskette.

K ... Klassierung (z.B.: Siebung)  
Z ... Zerkleinerungsaggregat

### 2.2.1 Zerkleinerung und Klassierung

Für die Mahlbarkeitsprüfung am Institut für Aufbereitung und Veredlung kommen folgende Zerkleinerungsaggregate zur Anwendung:

Kurbelbackenbrecher; Fa. Retsch:	Mangan 200
Antriebsleistung:	1,5kW
Spaltweite (Closed Side Setting):	6,3mm

Vorzerkleinerung des Gutes auf 100% <6,3mm

Stabmühle:	Antrieb über Rollenbock der Fa. Alpine/Augsburg
Masse der Mahlstäbe:	7,9kg
Durchmesser:	D=154mm
Länge:	L=300mm
Drehzahl:	1,30U/s (entspricht 72,6% der krit. Drehzahl)
Dispersitätssprung von 6,3/1mm auf 100% <1mm	

Kugelmühle:	
Masse der Mahlkugeln:	8,8kg
Durchmesser:	D=200mm
Länge:	L=200mm
Drehzahl:	1,05U/s (entspricht 66,5% der krit. Drehzahl)
Dispersitätssprung von 1/0,2mm auf 100% <0,2mm	

Tab.2.2: Abmessungen und Kennwerte der Zerkleinerungsaggregate am Institut für Aufbereitung und Veredlung

Zur Klassierung der Eingangsproben, Zwischen- und Endprodukte werden Siebe mit folgenden Maschenweiten verwendet: 63,00; 50,00; 40,00; 31,50; 20,00; 16,00; 10,00; 6,30; 4,00; 2,00; 1,00; 0,50; 0,315; 0,2; 0,10; 0,04mm

Das Gut wird mit einer Siebmaschine vorgesiebt und anschließend analysenscharf handgesiebt. Die Fraktion 100/40µm wird zusätzlich luftstrahlgesiebt. Die Luftstrahlsiebung dient neben der Analysenscharfe auch der Vorbereitung der Probe auf die Bestimmung der spezifischen Oberfläche (Siehe Anhang B, Tabellen).

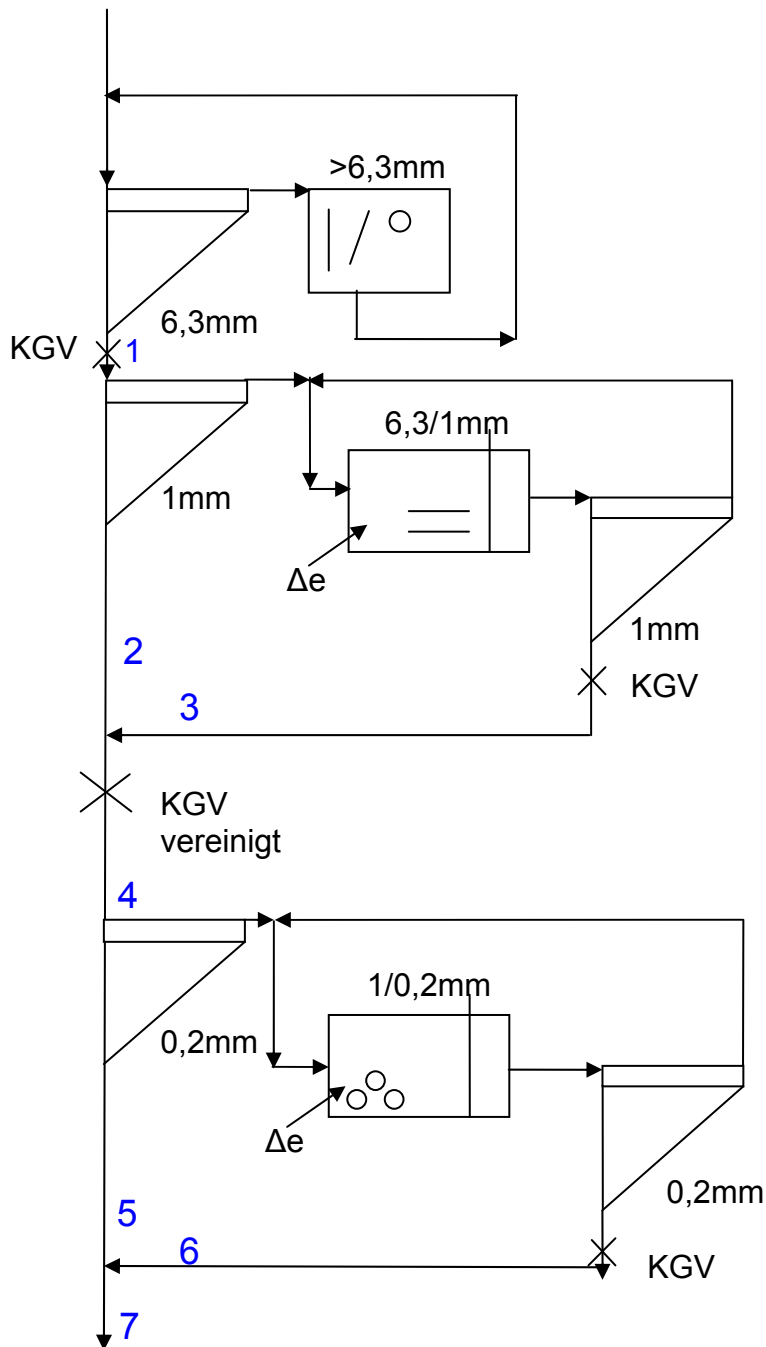


Abb.2.6: Zerkleinerungsstammbaum der optimierten Zerkleinerungskette.

Anmerkung: Beim Material Z-Sinter entfällt die Brecherstufe, da die Eingangsprobe eine Korngrößenverteilung von 100% <8mm aufweist (Vorzerkleinerung durch RHI).

### **2.2.2 Schüttdichtebestimmung**

Zur Bestimmung der Schüttdichte wird das Schüttmaterial ohne Verdichtung in ein Gefäß mit definiertem Volumen gefüllt. Die Masse des eingefüllten Materials dividiert durch das Volumen des Gefäßes ergibt die lose Schüttdichte. Dasselbe Gefäß wird anschließend auf der Auflage der Siebmaschine mit definierter Vibrationsstärke für eine Minute verdichtet. Die Masse des verdichteten Schüttgutes dividiert durch das Volumen, welches dieses nach definierter Verdichtung auf der Vibrationseinrichtung einnimmt, ergibt die gerüttelte Schüttdichte.

### **2.2.3 Reindichtebestimmung**

Die Reindichtebestimmung wird mit dem Heliumpyknometer AccuPyc 1330 durchgeführt. Nach der Kalibrierung des Gerätes mit Stahlkugeln definierten Volumens wird ca. zwei Drittel des Probengefäßes ( $V=10\text{cm}^3$ ) mit verdichtetem Probenmaterial gefüllt. Danach werden drei Einzelmessungen des Probenvolumens durchgeführt und die Reindichte rechnerisch ermittelt.

### **2.2.4 Bestimmung der spezifischen Oberfläche**

Die spezifische Oberfläche der Zerkleinerungsprodukte wird mit der Durchströmungsmethode (Permeametrie) ermittelt. Dabei kommen das Messgerät nach Blaine (konstantes Luftvolumen bei zeitlich veränderlichem Druck) und das Permaran-Messgerät von Outokumpu (Erzeugung eines konstanten Druckunterschieds über die Probe) zum Einsatz. Es werden pro Probe zwei Messungen auf jedem Messgerät durchgeführt. Bei einem Unterschied von weniger als 5% der Einzelmesswerte zwischen Blaine- und Permaran-Messgerät werden die Ergebnisse als gültig gewertet.

## 2.2.5 Spezifischer Energieeintrag

An der Stabmühle wird für die Bestimmung des spezifischen Energieeintrags in das Mahlgut die Mühlenformel nach Steiner verwendet (Siehe Anhang A: Formelverzeichnis: Mühlenformel nach Steiner).

Eine Drehmomentenmesswelle mit Dehnmessstreifen dient zur Messung des spezifischen Energieeintrags in das Mahlgut der Kugelmühle.

$$\bar{M} = \frac{1}{T} \int M(t) dt \quad \text{Gl. 1}$$

$$\bar{P} = \bar{M} \cdot \omega \quad \text{Gl. 2}$$

$$\bar{E} = \bar{M} \cdot U \quad \text{Gl. 3}$$

## 2.3 Ergebnisse

Als Ergebnis der Mahlbarkeitsanalysen erhält man die natürliche Bruchcharakteristik, die Grenzcharakteristik nach Rittinger und die errechneten Work-Indizes nach Bond. (Siehe Anhang B, Tabellen).

Mühlenformel nach Steiner:

$$\Delta e = c_p \cdot g \cdot D \cdot M_{MK} \cdot \frac{U}{F} \quad \text{Gl. 4}$$

$c_p$ ... Leistungsfaktor: Zahlenwert: 1,1  
 $U/F$ ... 1 / spezifische Feingutbildung [U/g]  
 $D$ ... Durchmesser Mühle [m]  
 $M_{MK}$ ... Masse der Mahlkörper [kg]

Work-Index nach Bond:

$$w_i = \frac{\Delta e}{\sqrt{\frac{k_{80,B}}{k_{80,P}} - \frac{k_{80,B}}{k_{80,A}}}} \quad \text{Gl. 5}$$

$k_{80,A}$ ... k80 Wert der Aufgabe [ $\mu\text{m}$ ]  
 $k_{80,P}$ ... k80 Wert der Produkt [ $\mu\text{m}$ ]  
 $k_{80,B}$ ... 100 [ $\mu\text{m}$ ]

Für die Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse siehe Anhang: Ergebnistabellen der Mahlbarkeitsuntersuchungen, mit den Einzelwerten der Reindichten; Spezifische Oberflächen, Kornformfaktoren und der Einzel-Siebanalysen. Siehe Anhang B, Tabellen.

### 2.3.1 Dispersitätsanalysen

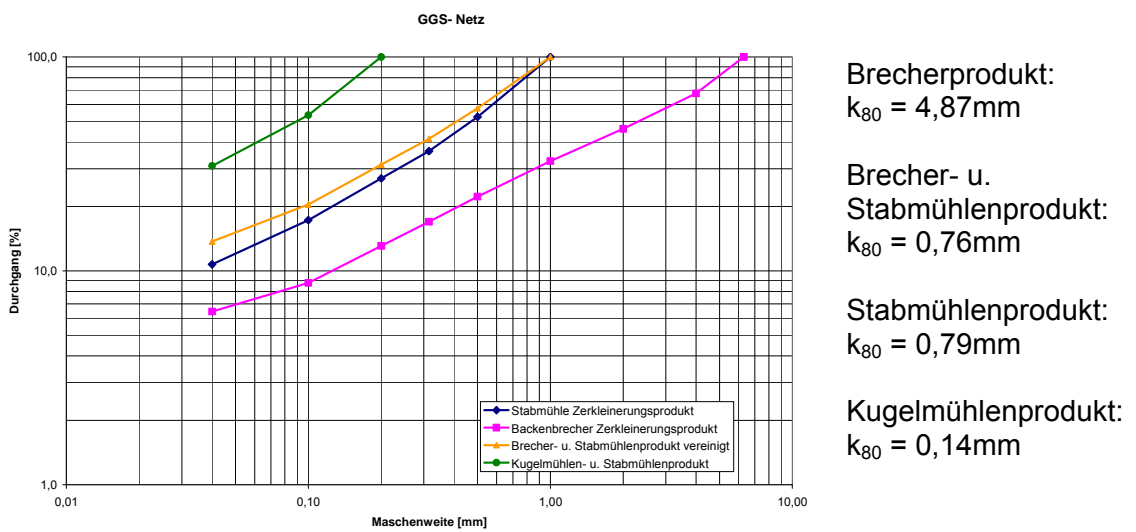


Abb. 2.7: Natürliche Bruchcharakteristik des Sinter 3A. Dargestellt im GGS-Netz.

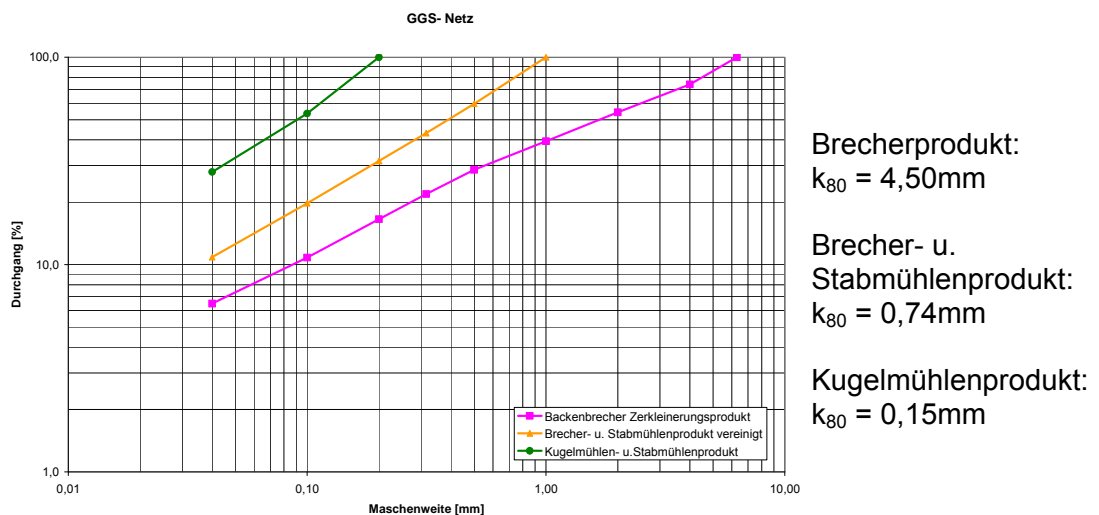
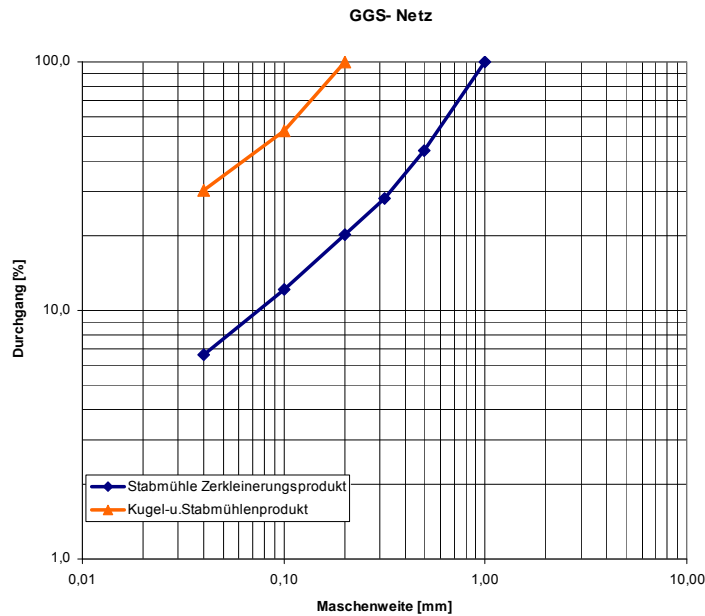


Abb. 2.8: Natürliche Bruchcharakteristik des SM 3. Dargestellt im GGS-Netz.



Der erhöhte Feinanteil im Backenbrecherprodukt ist möglicherweise auf den hohen Zerkleinerungswiderstand und die damit verbundenen Probleme zurückzuführen. Bei beiden Proben (Sinter 3A und SM3) schaltete sich der Kurbelbackenbrecher mehrmals wegen Überlastung ab.



Stabmühlenprodukt:

$k_{80} = 0,83\text{mm}$

Stab- und  
Kugelmühlenprodukt:

$k_{80} = 0,15\text{mm}$

Abb. 2.9: Natürliche Bruchcharakteristik des Z-Sinters. Anmerkung: Brechstufe entfällt hier, wegen Korngrößen <10mm des Eingangsproduktes.

### 2.3.2 Rittinger Gerade

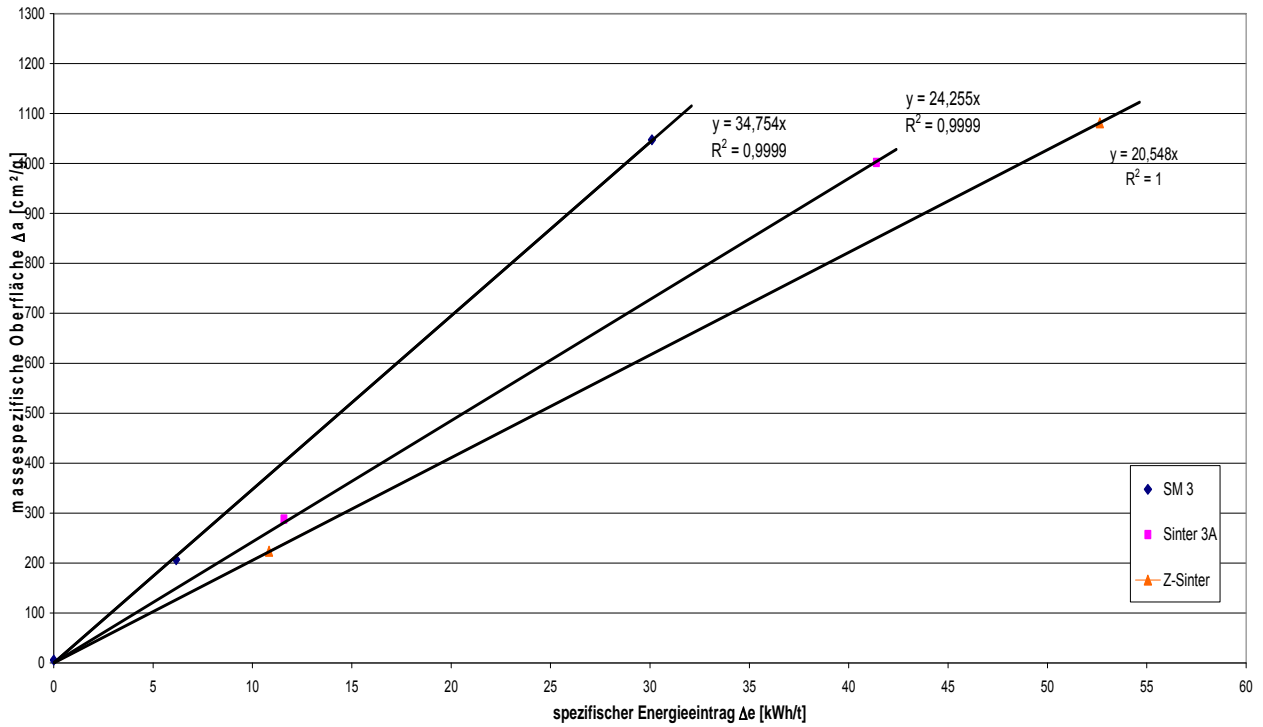


Abb. 2.10: Rittinger Geraden der Materialien Sinter 3A, SM 3, Z-Sinter.

### 2.3.3 Work-Index nach Bond (errechnet)

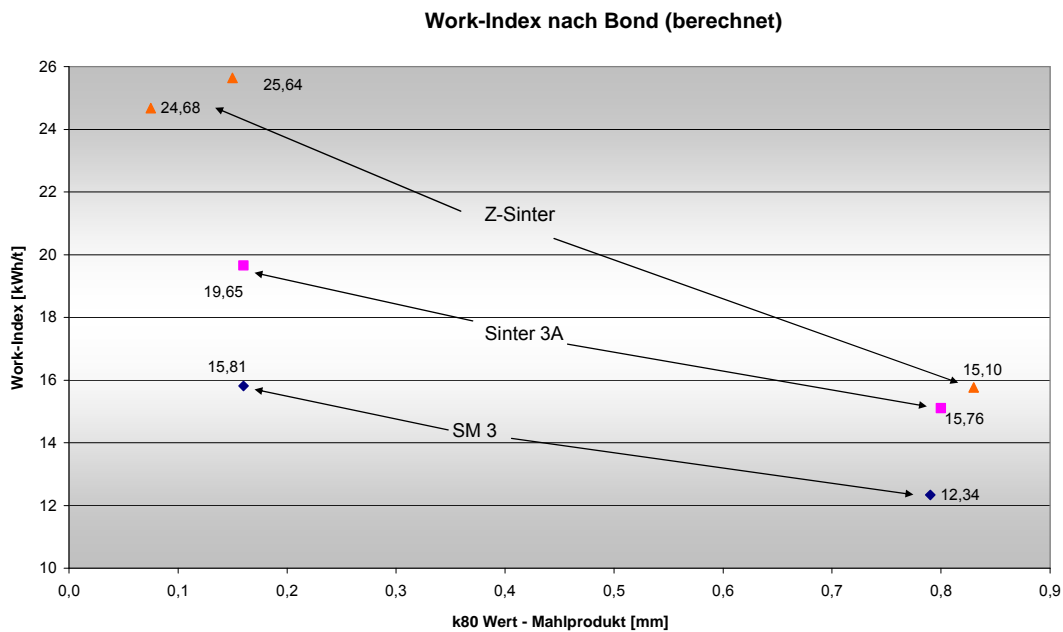


Abb. 2.11: Work-Indizes der Materialien Sinter 3A, SM 3, Z-Sinter in [kWh/t].

Wie in Abb. 2.11 zu erkennen ist, ändert sich der errechnete Work-Index nach Bond mit zunehmender Dispersität ( $w_i$  ist kein Korngrößenunabhängiger Materialkennwert). Auffällig sind die Work-Indizes des Materials Z-Sinter. Der Work-Index, der aus der Kugelmühlenmahlung ermittelt wurde, ist um mehr als ein Drittel höher als der Work-Index aus der Stabmühlenmahlung. Wegen dieser starken Abweichung wurde mit dem Z-Sinter ein weiterer Mahlversuch an der Kugelmühle durchgeführt. Dabei wurde das Produkt der Stabmühlenmahlung (Fraktion 1/0,1mm) durch eine Mahlung mit der Kugelmühle auf eine Produktdispersität von 100% <0,1mm zerkleinert. Das Ergebnis dieses weiteren Versuches (Abb. 2.11 und 2.12) zeigt keine wesentliche Änderung des Work-Index. Allerdings ist auch der hier angewandte Zerkleinerungsschritt von 100% <0,2mm auf 100% <0,1mm ein wesentlich kleinerer als der der ursprünglichen Mahlbarkeitsanalyse von 100% <1mm auf 100% <0,2mm.

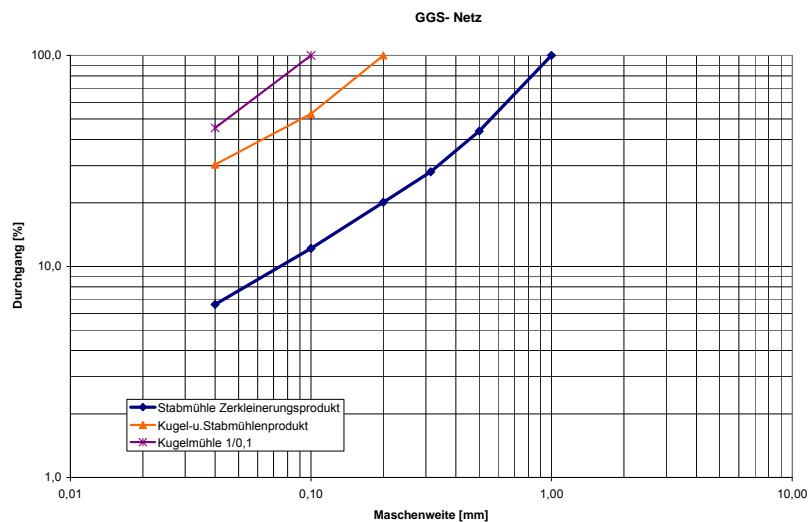


Abb. 2.12: Natürliche Bruchcharakteristik des Z-Sinters. Zusätzliche Mahlstufe mit der Kugelmühle auf 100% <0,1mm. Anmerkung: Brechstufe entfällt hier.

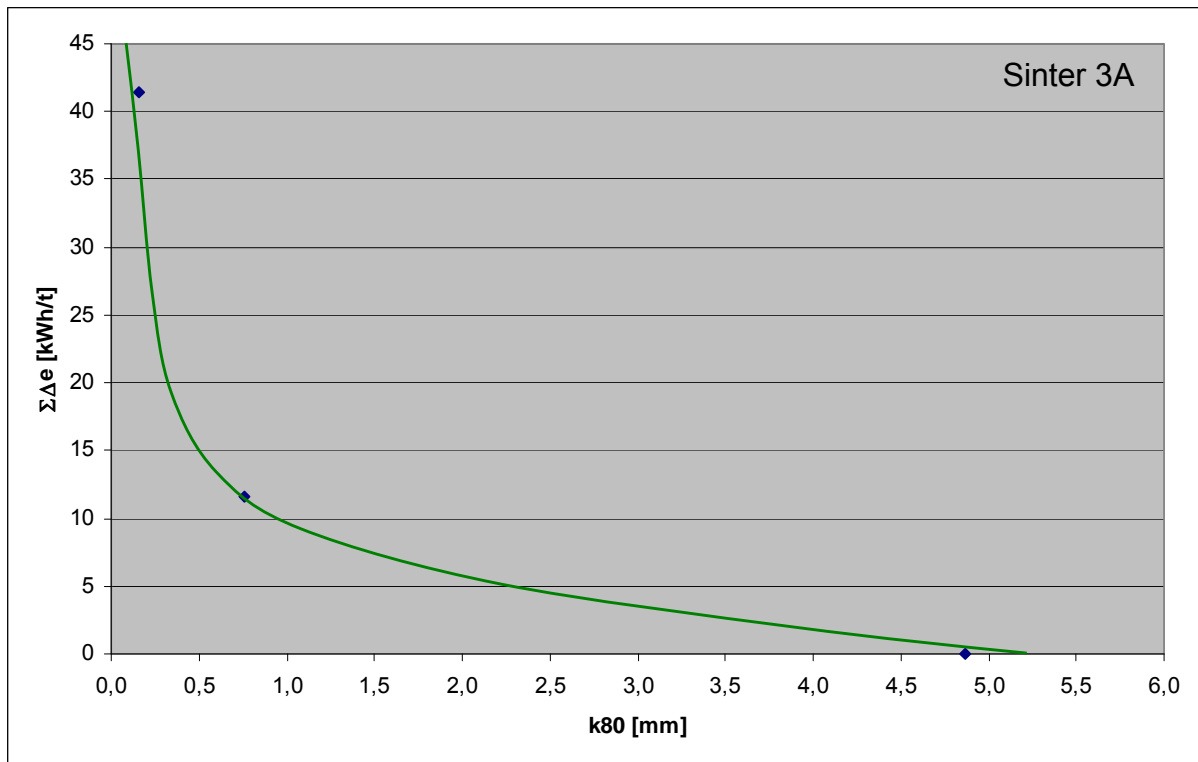


Abb. 2.13: Darstellung der Ergebnisse der Mahlbarkeitsanalyse, durch  $\Delta e$  und  $k_{80}$  der Zerkleinerungsstufen. Material: Sinter 3A

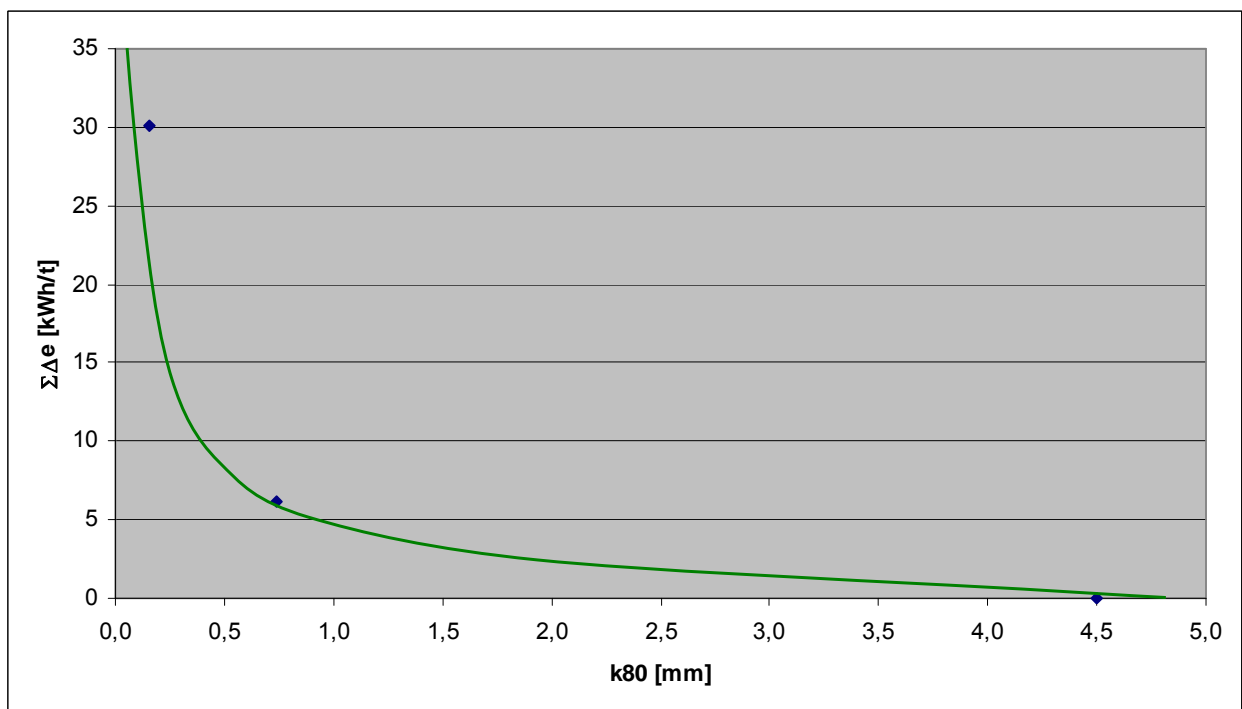


Abb. 2.14: Darstellung der Ergebnisse der Mahlbarkeitsanalyse, durch  $\Delta e$  und  $k_{80}$  der Zerkleinerungsstufen. Material: SM 3

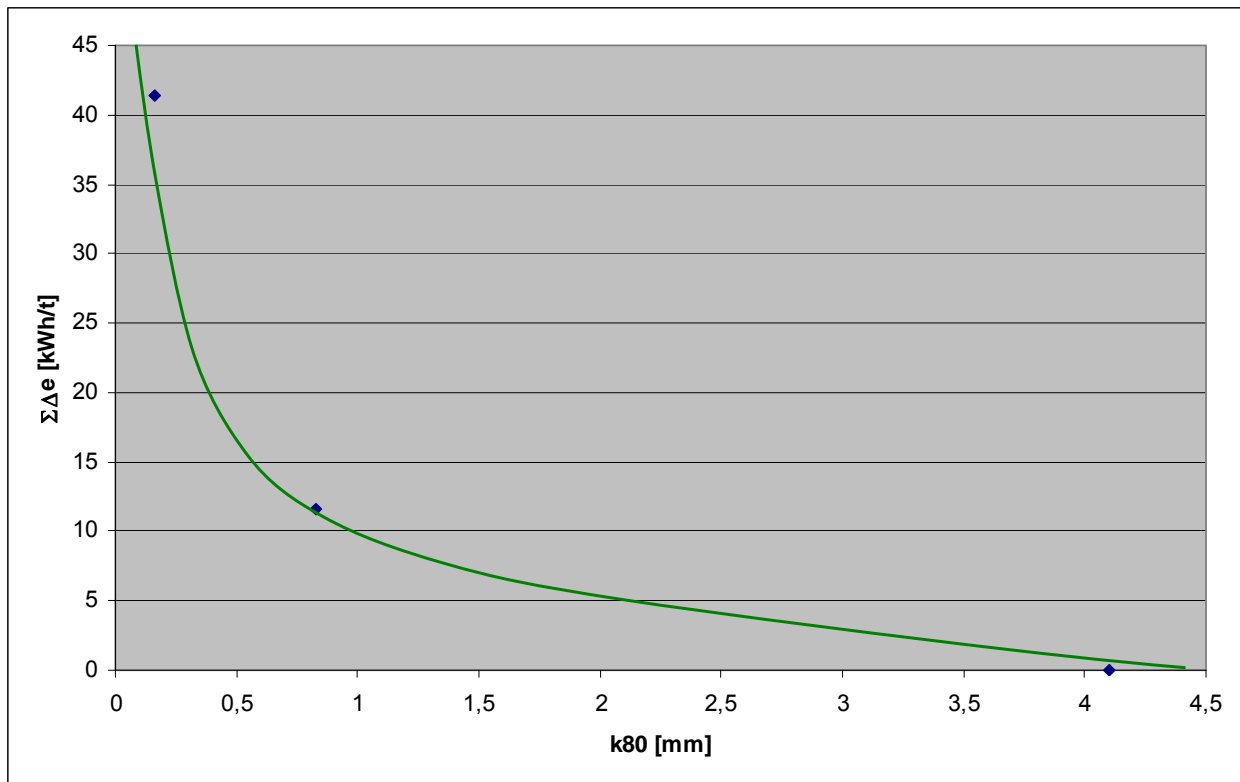


Abb. 2.15: Darstellung der Ergebnisse der Mahlbarkeitsanalyse, durch  $\Delta e$  und  $k_{80}$  der Zerkleinerungsstufen. Material: Z-Sinter

### 2.3.4 Kornformfaktor

Im Zuge der Mahlbarkeitsanalysen wurden für die drei untersuchten Proben folgende Kornformfaktoren ermittelt (Siehe Tabelle 2.1 Kornformfaktoren der untersuchten Materialien).

<i>Material</i>	<i>Kornformfaktor</i> [1]
Sinter 3A	10,4
SM 3	10,2
Z-Sinter	11,0

Tab.2.1: Kornformfaktoren der untersuchten Materialien

## 2.4 Vergleich Hand-/Luftstrahlsiebung mit Lasergranulometrie

Da für die folgenden Untersuchungen die Korngrößenbestimmung zum Teil mit dem Lasergranulometer der Fa. Sympatek GmbH im Labor Werk Veitsch gemacht wird, wurde in diesem Versuch ein Vergleich zwischen Siebung und Lasergranulometrie angestrebt.

Zu diesem Zweck wurden definiert abgesiebte Korngrößenklassen am Lasergranulometer untersucht. Dies sollte eine erste Abschätzung der Unterschiede zwischen den beiden Bestimmungsmethoden liefern.

Während bei der Siebung die Korngröße durch die Maschenweite des Siebes bestimmt wird, wird die Korngröße in der Lasergranulometrie über den Beugungswinkel von Licht an einem Korn berechnet.

Deutliche Unterschiede zwischen den beiden Bestimmungsmethoden zeigen sich im Größtkornbereich. Die Kornformfaktoren aller drei untersuchten Materialien liegen zwischen 10,2 und 11,0 sind also etwas länglich. Während bei einer genügend langen Siebung längliche Körner, deren geringsten Kantenlänge kürzer als die Maschenweite des Siebes ist in den Durchgang kommen, wird bei der Lasergranulometrie aus der ermittelten Kantenlänge der Durchmesser einer eingeschriebenen Kugel berechnet. Die berechnete Kantenlänge eines länglichen Kornes kann aber je nach Position des Kornes während des Messvorgangs variieren. Deshalb wird dasselbe Korn möglicherweise einer größeren Korngrößenklasse zugeordnet, als dies bei der Siebung der Fall wäre.

In den eng gewählten Korngrößenklassen dieses Versuchs (0,2/0,1; 0,1/0,04; <0,04mm) gibt es deutliche Unterschiede zwischen Siebung und Lasergranulometrie. Werden diese dann anteilmäßig auf eine Fraktion 0,2/0mm aufsummiert, dann passen beide Korngrößenverteilungskurven, bis auf den Größtkornbereich gut zusammen. Als Beispiel ist in den Abb.en 2.16 - 2.19 das Material Sinter 3A dargestellt. Die gesamten Abbildungen dieses Versuches befinden sich in Anhang C: Abbildungen

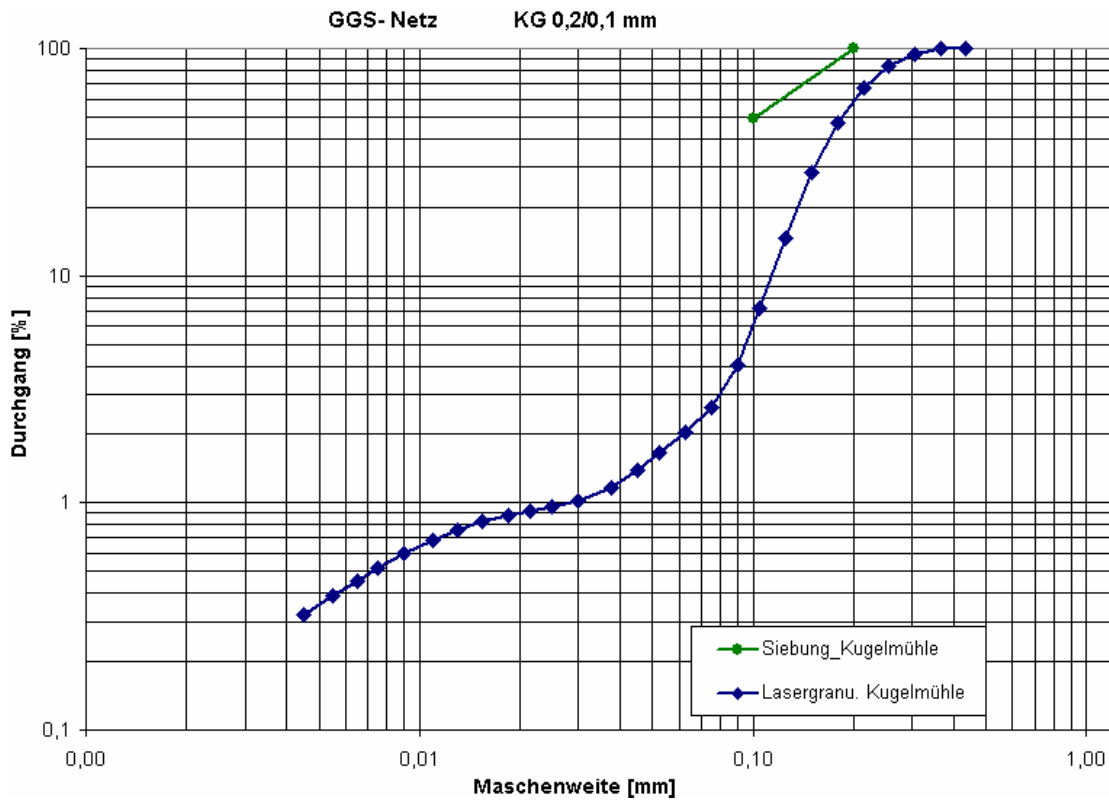


Abb. 2.16: Vergleich Handsiebung – Lasergranulometrie anhand der Fraktion 0,2/0,1mm. Material: Sinter 3A.

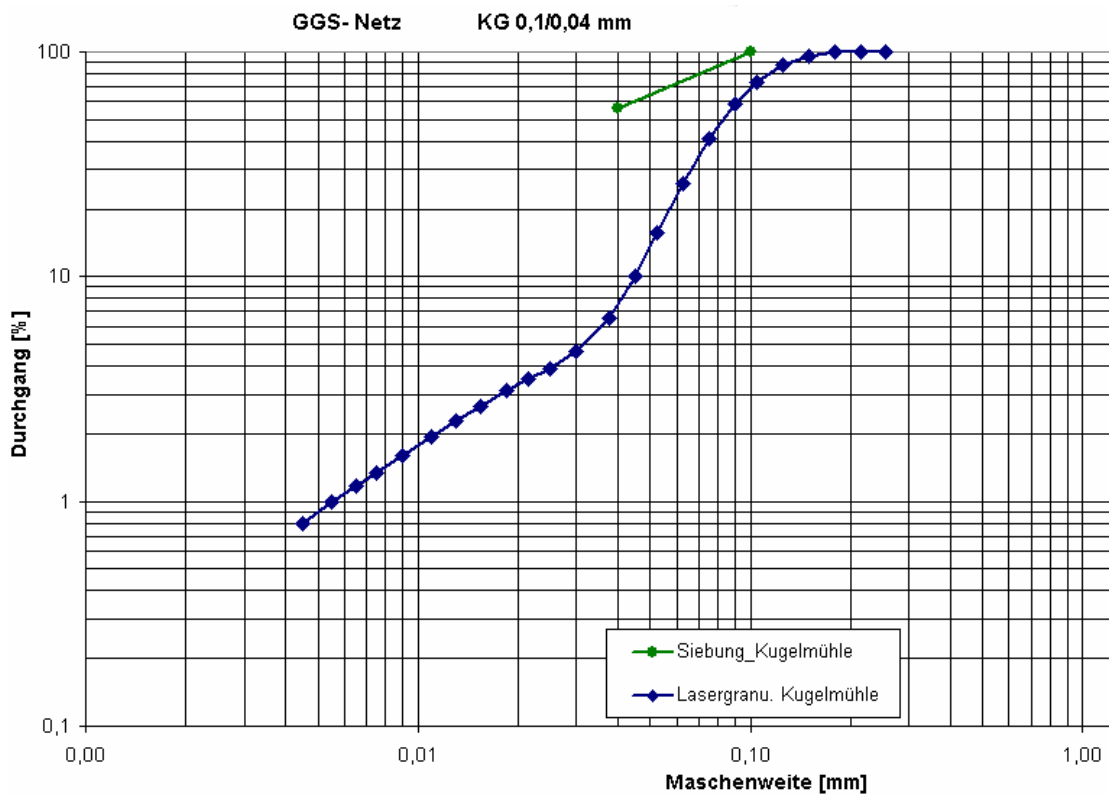


Abb. 2.17: Vergleich Luftstrahlsiebung – Lasergranulometrie anhand der Fraktion 0,1/0,04mm. Material: Sinter 3A.

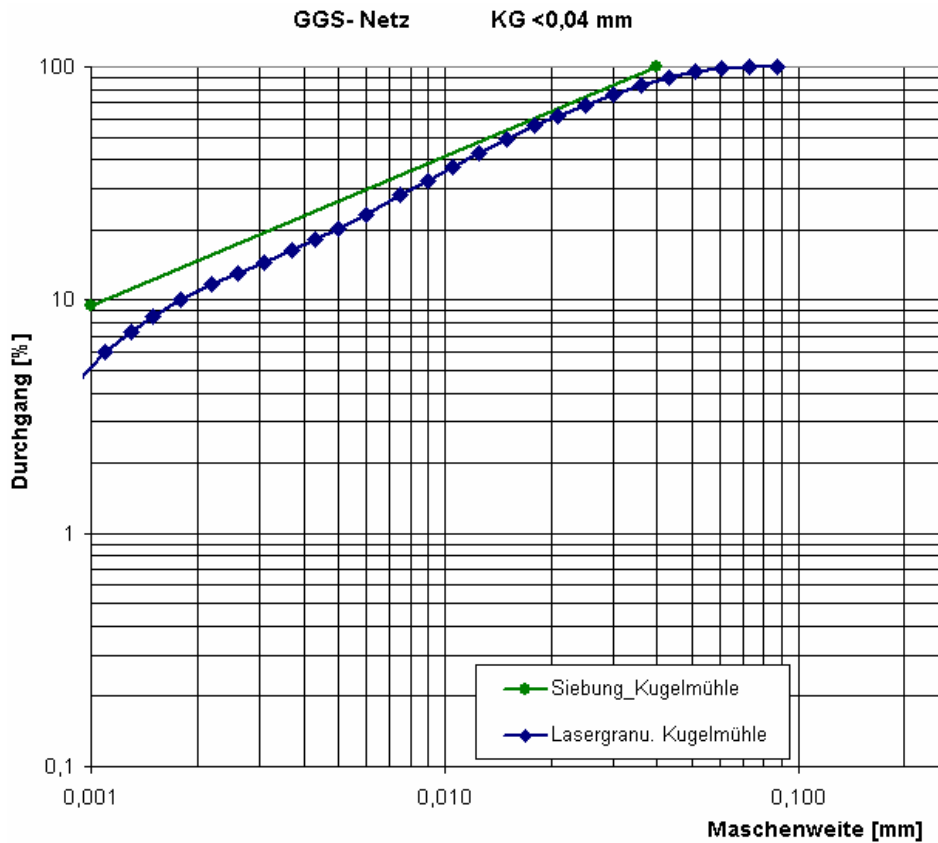


Abb. 2.18: Vergleich Handsiebung – Lasergranulometrie anhand der Fraktion <0,04mm. Material: Sinter 3A. Gerade der aus Siebung ermittelten Korngrößenverteilung ist eine Verlängerung der Gerade aus Abb. 2.17.

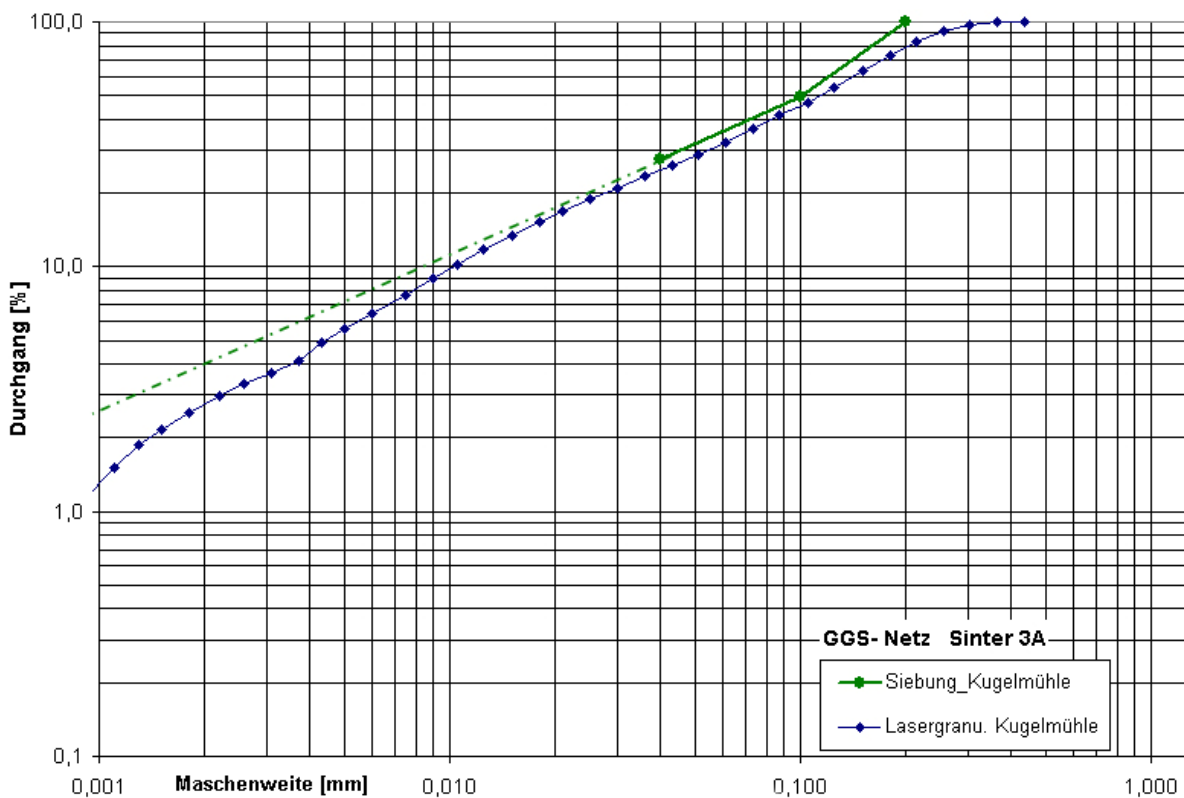


Abb. 2.19: Vergleich Handsiebung – Lasergranulometrie, rechnerisch vervollständigte Korngrößenklasse 0,2/0mm. Material: Sinter 3A.



Das Lasergranulometer der Fa. RHI im Werk Veitsch wird in regelmäßigen Abständen einer Kalibrierung unterzogen. Dabei wird eine Probe mit definierter Korngrößenklasse und definiertem Kornformfaktor luftstrahlgesiebt. Das Ergebnis dieser Siebung wird mit einer Lasergranulometrie derselben Probe verglichen. Die Lasergranulometermessung wird anschließend der Luftstrahlsiebung angeglichen.

Als Kornformfaktor wird im Messprogramm Windox 4 der Heywood'sche Formfaktor von 1,00 angegeben. Dieser bezeichnet die Sphärizität der Kugel. Weicht die Kornform untersuchter Materialien von der Kugelform stark ab, so muss der Heywood'sche Formfaktor angeglichen werden.

Im Zuge der weiteren Versuche wurden auch Vergleiche zwischen Siebung und Lasergranulometrie in größeren Korngrößenklassen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Vergleiche sind in den jeweiligen Versuchsauswertungen angeführt.

### 3. Aufbereitungsanlage der Veitsch

#### 3.1 Beschreibung der Mahlanlage

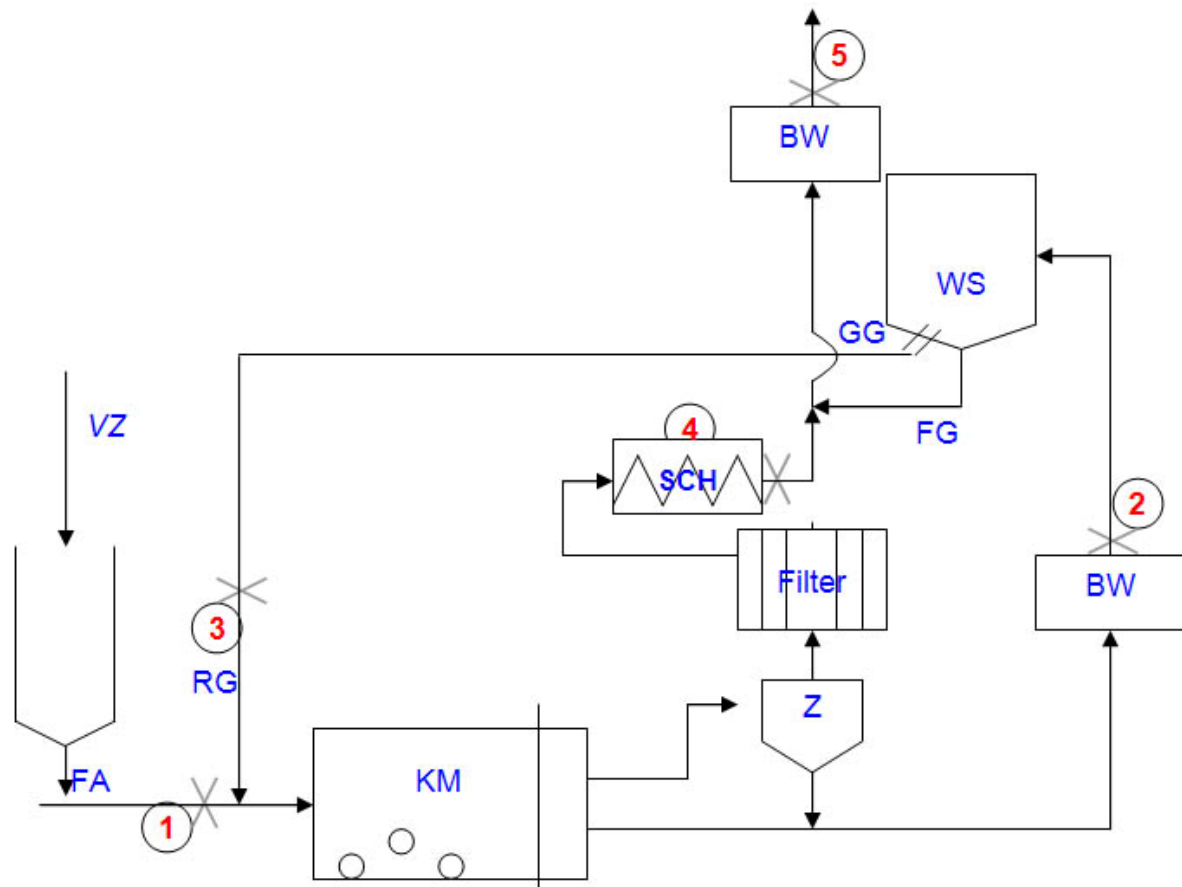


Abb. 3.1: Fließbild der Mahlanlage Fa. RHI AG, Werk Veitsch. Die Beschriftung wird im folgenden Text näher erläutert.

Die Zahlen 1...5 geben die Probenahmestellen an. Diese sind in Abschnitt 4: Probenahmen näher beschrieben.

Die verschiedenen Materialien werden entweder vorgebrochen aus anderen Produktionsstätten angeliefert (z.B.: Z-Sinter aus Breitenau am Hochlantsch mit KG 5/0mm), oder in einer Kreislaufzerkleinerung (VZ...Vorzerkleinerung) auf die Aufgabefeinheit  $100\% < 5\text{mm}$  zerkleinert und dann in Aufgabebunkern (4 Materialbunker und 1 LKW-Bunker) zwischengelagert.

Teilweise wird gebrochenes Material anderen Verarbeitungsschritten zugeführt, wodurch ein Überschuss an bestimmten Korngrößen entsteht. So wird das Material

SM 3 beispielsweise in den Korngrößen 5/2mm, 5/0mm oder 2/0mm auf die Mühle aufgegeben, je nachdem von welchen Korngrößen aufgrund anderer Verarbeitungsschritte ein Überschuss vorhanden ist.

Die Frischaufgabe (FA...Frischaufgabe) der Mühle fällt auf ein Förderband, welches über einen Trichter den Mühleneinlauf beschickt. Der Massestrom der Frischaufgabe wird durch eine Dosierbandwaage kontrolliert. In der Kugelmühle (KM...Kugelmühle) wird das Material der Fa. Krupp auf Mehlfeinheit (70% <63µm) gemahlen und über eine Austragskammer auf die Becherwerkaufgabe ausgetragen.

Ein Zyklon (Z...Zyklon), der direkt am Mühlenausrag angeschlossen ist, dient als Staubabscheider. Er saugt den Staub an und scheidet einen Teil über eine Feststoffabscheidung ab. Dieser Staub wird dem Mahlprodukt direkt wieder zugeführt. Feine Korngrößen werden über eine Filteranlage abgetrennt und dem Endprodukt kontrolliert wieder zugegeben.

Über ein Becherwerk (BW...Becherwerk) gelangt das Mahlprodukt in einen Streutellerwindsichter (WS...Windsichter), der das Grobgut (GG...Grogut) über einen Materialschlauch und ein weiteres Förderband mit Dosiereinrichtung der Mühle als Rückgut (RG...Rückgut) zuführt.

Das Feingut des Windsichters (FG...Feingut) wird auf eine Schnecke (Sch...Schnecke) aufgegeben. Dort wird das Feingut mit dem Filterstaub vermischt und in einen dem jeweiligen Material zugeordneten Bunker gefördert.

Dem Material Z-Sinter wird zudem „Fremdstaub“, also Staub aus verschiedenen weiteren Entstaubungsanlagen des Werkes Veitsch, in kontrollierter Menge zugegeben. Dieser Staub wird zusammen mit dem Mahlprodukt auf den Windsichter aufgegeben.

## **3.2 Charakterisierung der Apparate**

### **3.2.1 Kugelmühle**

Die Kugelmühle, hergestellt von der Fa. Krupp ist eine Austragskammermühle mit einem effektiven Innendurchmesser von 2,31m und einer Mahllänge von 4,75m. An der Innenwand befindet sich eine geriffelte Auskleidung. (Siehe Abb. 3.2: Innenansicht der Mühle mit Auskleidung und Austragsrost).



Abb.3.2: Innenansicht der Mühle mit Auskleidung und Austragsrost.

Die Netzleistung der Kugelmühle wird mit 340kW angegeben, sie wird mit einer Drehzahl von 20,5Upm betrieben.

Der berechnete Nettoleistungseintrag  $P_n$  beträgt 239 kW.

$$P_n = c_p * M_k * g * D_i * n$$

$$P_n = 1,1 * 27500 * 10 * 2,31 * 20,5 / 60$$

$c_p$ ... Leistungszahl  
 $M_k$ ... Masse der Mahlkörper [kg]  
 $D_i$ ... Innendurchmesser der Mühle [m]  
 $n$ ... Mühlendrehzahl [U/s]

Gl. 6

Über die in Kapitel 4.2.5 berechnete Verweilzeit des Mahlguts von 30min und einem Massestrom von 13t/h wird eine Mahlgutmasse von 6,5t ermittelt.

Der mit Mahlkörpermasse und Mahlgutmasse berechnete Nettoleistungseintrag  $P_n$  beträgt 295 kW.

$$P_n = c_p * M_{G,k} * g * D_i * n$$

$$P_n = 1,1 * 34000 * 10 * 2,31 * 20,5 / 60$$

$c_p$ ... Leistungszahl  
 $M_{G,k}$ ... Masse der Mahlkörper [kg]  
 $D_i$ ... Innendurchmesser der Mühle [m]  
 $n$ ... Mühlendrehzahl [U/s]

Gl. 6a

Die Mühle ist mit Stahlkugeln vier unterschiedlicher Durchmesser gattiert. (Siehe Tabelle 3.1: Gattierung der Kugelmühle). Der Füllungsgrad der Mühle beträgt 29,5 Vol. %.

Durchmesser der Mahlkugeln [mm]	Masse [kg]
30	5500
40	8250
50	6875
60	6875

Tab.3.1: Gattierung der Mühle

Zum Stürzen der Mühle wird diese mit einem Hilfsantrieb kontrolliert geschwenkt. Bei dieser Gelegenheit wird der Zustand der Mühlenpanzerung kontrolliert und werden verklemmte Stahlkugeln aus der Schlitzwand am Auslauf entfernt.

Die betriebliche Drehzahl der Mühle beträgt 73,7 % der kritischen Drehzahl:

$$n_c = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2 \cdot g}{D}} \quad D \dots \text{ Durchmesser der Mühle (m)} \quad \text{Gl. 7}$$

Als spezifischer Energieverbrauch aller gemahlener Materialien konnte durch den Energieverbrauch der Mühlenanlage inkl. Windsichter und Entstaubungsanlage und der Gesamttonnage über den Zeitraum von jeweils einem Monat ein durchschnittlicher Wert von 30,2 kWh/t ermittelt werden. Dieser Wert umfasst sämtliche gemahlener Materialien, auch jene, die im Zuge dieses Projektes nicht untersucht wurden.

Monat:	Verbrauchte Energie [kWh]	Gemahlene Menge [t]	Spez. Energieverbrauch [kWh/t]
September 06	94609	2856	33,1
Oktober 06	74883	3022	24,8
November 06	99030	3005	33,0
Arithmet. Mittel:			30,2

Tab.3.2: Spezifischer Energieverbrauch der an der 9to-Mühle gemahlener Materialien (Berechnung über gesamte Mahlanlage inkl Windsichter).

### 3.2.2 Windsichter

Der Streutellerwindsichter der Fa. Gebrüder Pfeiffer hat die Typenbezeichnung SUV 2800. Er wurde von der Fa. RHI AG mit der Anforderung eines Trennschnitts von  $70\% < 63\mu\text{m}$  bei einem Aufgabemassestrom von 12t/h in Auftrag gegeben. Der Windsichter ist mit 12 Gegenflügeln ausgestattet, diese können beliebig entfernt werden. So und durch die Drehzahl der Gegenflügel kann das Trennergebnis beeinflusst werden. Laut Herstellerbeschreibung soll die Drehzahl der Gegenflügel 50% der Maximaldrehzahl (Nenndrehzahl) nicht unterschreiten, da ansonsten eine regelmäßige Aufgabe auf den Streuteller nicht mehr gewährleistet ist. Außerdem kann die Ventilatorleistung des Windsichters gedrosselt werden. Auch dadurch ist der Trennschnitt beeinflussbar.

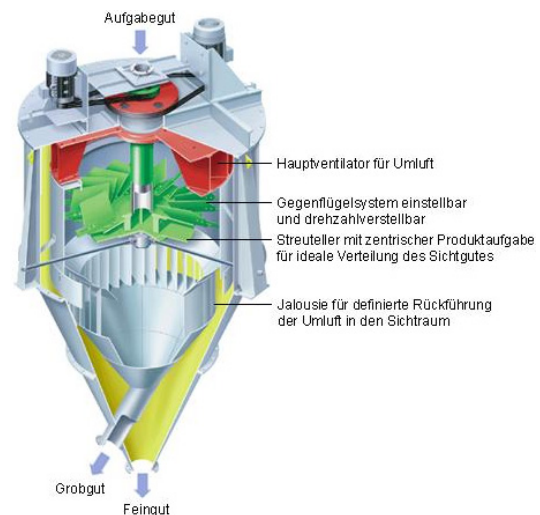


Abb.: Funktionsprinzip des Windsichters SUV 2800 der Fa. Gebr. Pfeiffer  
Quelle: <http://www.gpag.com/index.php?id=212>

Siehe Anhang C: Skizzen und Baupläne, und Anhang B, Tabellen: Auflistung der Leistungsprozent der Gegenflügeldrehzahl im Vergleich zur Nenndrehzahl)

### 3.2.3 Dosierbandwaage

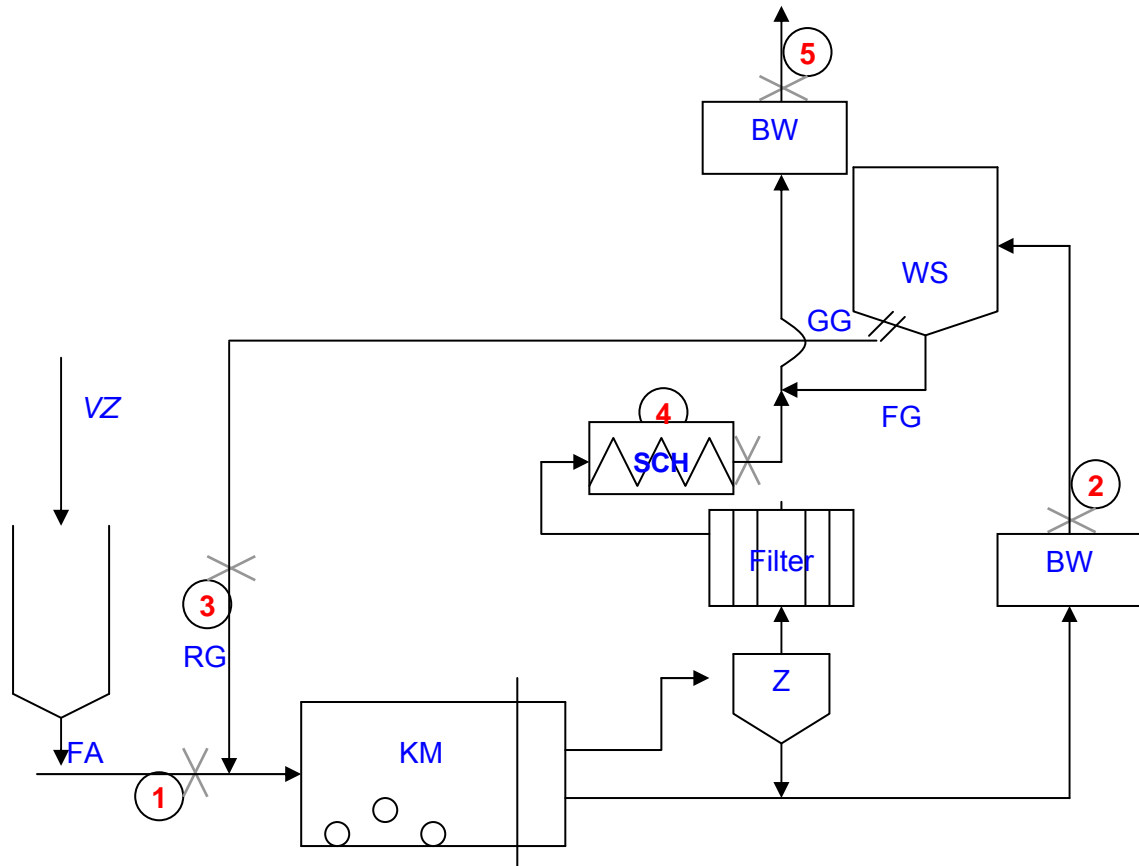
Die Dosierbandwaagen zur Steuerung der Aufgabemengen auf die Mühle erreichen laut Spezifikation des Herstellers (Fa. Kukla) eine Genauigkeit von  $\pm 1\%$  des eingestellten Sollwerts.

### 3.2.4 Zyklon

Die Ventilatorleistung des Regulierzyklons der Fa. Beth (mittlerweile Fa. Aerob) beträgt 14400m<sup>3</sup>/h. Die Abmessungen des Zyklons sind in Anhang C: Abbildungen ersichtlich.

## 4. Untersuchungen

### 4.1 Probenahmeplan



- 1 **Frischaufgabe** aus Bunkerabwurf
- 2 Becherwerkabwurf mit Probenehmer (**Mühlenprodukt**)
- 3 **Rückgut** aus Materialschlauch; mit Sack
- 4 Schnecke; Ablassregler Gefäß untergestellt (**Filterstaub**)
- 5 **Produkt**: Schnecke: Online-Messgerät + Probenehmer am Becherwerkabwurf

Abb.4.1: Fließbild der Mahlanlage, Werk Veitsch mit den geplanten Probenahmestellen



#### **4.1.1 Beurteilung der Probenahmequalitäten aus dem ersten Probenahmeversuch**

##### **4.1.1.1 Probenahmestelle 1: Frischgut**

Die Probenahme der Frischaufgabe erfolgt mit einer hochwandigen Kehrschaufel. Es ist nicht möglich, den gesamten Querschnitt zu beproben, da der Bandquerschnitt und die erhaltene Probenmasse zu groß ist. Die Frischaufgabe wird auf einem Förderband mit einer Bandgeschwindigkeit von etwa 3cm/s gefördert.

Für die Einzelprobenahme wird mit einer Schaufel zweimal an jeweils verschiedenen Querschnittspunkten Material abgezogen. Dabei wird versucht Material sowohl von der Oberfläche als auch vom Kern des Schüttguts zu bekommen. Die Probenahme ergibt eine Einzelprobe von ca. 2-3kg.

Der Schwachpunkt dieser Probenahmestelle liegt in der Entmischung des Materials durch den Bunkerabzug und dadurch einer möglichen Verfälschung der Korngrößenverteilung.

Zudem gibt es zeitliche Schwankungen der Aufgabekorngrößen auch innerhalb einer Charge. Diese entstehen u.a. durch das Leeren der Aufgabebunker, oder durch das Mischen mehrerer Korngrößenklassen aus zwei Bunkern, wenn einer der beiden Bunker früher als der andere leer wird.

##### **4.1.1.2 Probenahmestelle 2: Mahlprodukt**

Die Probenahme erfolgt hier mit dem Probenehmer; Dieser besteht aus einem nach innen geneigten Holzrahmen, an den ein Stoffsack befestigt ist. Der verwendete Stoff ist dicht gewebt, aber dennoch luftdurchlässig. Feinanteile werden nicht durchgelassen. Der Luftstrom in der Materialschurre wird auf diese Weise kaum beeinflusst. Der Verlust von Feingut ist gering.

Bei den ersten Probenahmen wurde die Zeit mitgestoppt. Dies hat sich jedoch nicht bewährt. Die Probenahme selbst erfordert die gesamte Aufmerksamkeit und Körpereinsatz einer Person, dadurch muss die Zeitmessung von einer zweiten Person durchgeführt werden. Durch die hohe Lautstärke im Betrieb entstehen beim Stoppen mit einer Stoppuhr Kommunikationsprobleme, die zu einer hohen

Reaktionszeit und dadurch zu einer hohen Ungenauigkeit der Probenahmedauer führen.

Weniger genau aber komplikationsfrei ist das Mitzählen über 2 Sekunden.

Beim Umfüllen der entnommenen Proben in Beutel entsteht ein geringer Verlust an Feingut durch Staubentwicklung in der Luft. Dieser ist bei einer Gesamtprobenmenge von 1,5-2kg aber anteilmäßig vernachlässigbar.

#### **4.1.1.3 Probenahmestelle 3: Rückgut**

Die Materialschurre hat einen geringen Querschnitt von 30 cm und ist 15 cm tief. Eine Probenahme ist deshalb nur mit einer Schaufel möglich.

Der Materialstrom ist gering und pulsierend und beschränkt sich stark auf die Mitte des Querschnitts.

Die periodischen Schwankungen des Massestroms entstehen durch das „Rütteln“. Dieses Abklopfen ist aufgrund der geringen Neigung der Schurre, die zum Anbacken der feineren Fraktionen an der Rückwand des Materialschlauchs führt, notwendig.

Durchführung der Probenahme: Die Schaufel wird in möglichst spitzem Winkel zur Rückwand an diese angelegt und vollständig gefüllt. Einmal wird die Schaufel an der linken Schurrenwand, einmal an der rechten angelegt.

Ein Schwachpunkt dieser Probenahmestelle liegt in der möglichen Verfälschung der Korngrößenverteilung durch das periodische Rütteln, außerdem durch eventuellen „Feingut-Verlust“ durch Staubentwicklung in der Luft.

Der Mittelteil des Querschnitts wird doppelt (weil überlappend) beprobt.

#### **4.1.1.4 Probenahmestelle 4: Filterstaub**

Die einzige Möglichkeit den Filterstaub zu beproben besteht durch das Öffnen eines Ablassventils der Förderschnecke (Schnecke zwischen Filter und Mahlprodukt). Durch jahrelange Abnutzung der Schnecke im Trog entstand zwischen dieser und der Verkleidung eine verdichtete Materialschicht. Beim Beprobieren der Schnecke ist eine Aussage über die Aktualität der genommenen Probe und über den tatsächlichen Massestrom des Filterstaubes keine objektive Aussage zu machen.

Deshalb wurde bei den ersten Probenahmen mit den Materialien Sinter 3A und SM3 am 06.11.07 Filterstaub mitbeprob, um eine Aussage über die Korngrößenverteilung des abgeschiedenen Staubes zu erhalten.

Bei weiteren Probenahmen wurde der Filterstaub nicht beprob.

#### 4.1.1.5 Probenahmestelle 5: Endprodukt

Die Probenahme erfolgt hier ähnlich wie an Probenahmestelle 2 mit dem Probenehmer.

Der Schurrenquerschnitt dieses Becherwerkabwurfs ist etwas kleiner als der Probenehmer, dieser lässt sich deshalb nicht ganz aufklappen. Der Querschnitt seitlich der Luke kann nicht beprob werden. Ca. 2/3 des Querschnitts werden auf diese Weise beprob.

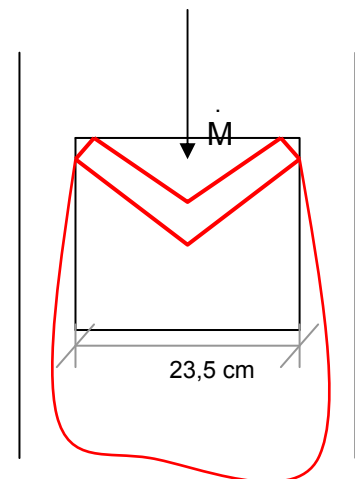


Abb.4.2: Probenehmer

Abb.4.3: Probenahmestelle 5; Endprodukt

#### 4.1.2 Probenahme der Materialien Sinter 3A und SM 3.

- 1 **Frischaufgabe** aus Bunkerabwurf; i. d. Regel sind sowohl Korngrößenverteilung als auch Massestrom bekannt. Schwankungen innerhalb der Korngrößenverteilung sind möglich (natürlicher Abfluss aus Bunker).
- 2 Becherwerkabwurf mit Probenehmer (**Mühlenprodukt**). Zusätzlich Stoppen der Zeit während der Probenahme + Abwiegen der Probemenge zur Aufnahme des Massestroms; Korngrößenverteilung
- 3 **Rückgut** aus Materialschlauch; mit Schaufel; Massestrom bekannt; Korngrößenverteilung
- 4 Schnecke; Ablassregler Gefäß untergestellt (**Filterstaub**); keine objektive Beurteilung des Massestroms; Korngrößenverteilung bekannt; diese „unteren“ Korngrößen fehlen im Mahlprodukt, da der Filterstaub dem Endprodukt zugegeben wird.
- 5 **Endprodukt:** Schnecke: Online-Messgerät; Korngrößenverteilung u. Massestrom bekannt.

#### 4.1.3 Probenahme des Z-Sinter

Dieses Material wird mit Zumischen des Fremdstaubes gefahren. Deswegen wird der Z-Sinter bei den Probenahmen im Werk Veitsch ausgeklammert.

### 4.2 Durchführung der Probennahmen und Versuche; Ergebnisse

#### 4.2.1 Ist-Zustandsanalyse

Um die Korngrößenverteilungen der Gutströme im Betriebszustand darzustellen und die Masseströme abzuschätzen, wurden an den ausgewählten Probenahmestellen mehrere Einzelproben des Sinter 3A und des SM 3 genommen.

Aus den Materialströmen 2 (Mühlenprodukt), 3 (Rückgut aus dem Windsichter) und 5 (Endprodukt) wurde für das Material Sinter 3A außerdem eine Teilungskurve ermittelt.

#### 4.2.1.1 Ergebnisse Sinter 3A

Der Gesamtmassenstrom der Aufgabe auf die Mühle für den Sinter 3A ist mit 13,7t/h vorgegeben. Dieser Wert entstammt der Erfahrung der Mühlenwärter und kann je nach Zustand der Gattierung angepasst werden. Die Korngrößenverteilung der Frischaufgabe ist von Charge zu Charge unterschiedlich und bestand zum Zeitpunkt der Probenahme aus der Fraktion 5/0mm, die aus dem Aufgabebunker auf die Mühle aufgegeben wurde.

Der Streutellerwindsichter wurde mit der Einstellung 40/40 (40% Ventilatorleistung, 40% der Nenndrehzahl der Gegenflügel, das entspricht 154U/min) betrieben.

Insgesamt wurden in der beprobten Mahlcharge 40t des Sinter 3A vermahlen.

Die Rückgutmenge schwankte zwischen 1,4 und 2,4t/h, dem entsprechend wurde die Frischaufgabe angepasst. Die Online Strommessung ergab Werte zwischen 561 und 576 A.

In den folgenden zwei Abbildungen sind die Korngrößenverteilungen der 2 Einzelproben und die des errechneten arithmetischen Mittels der Einzelproben dargestellt.

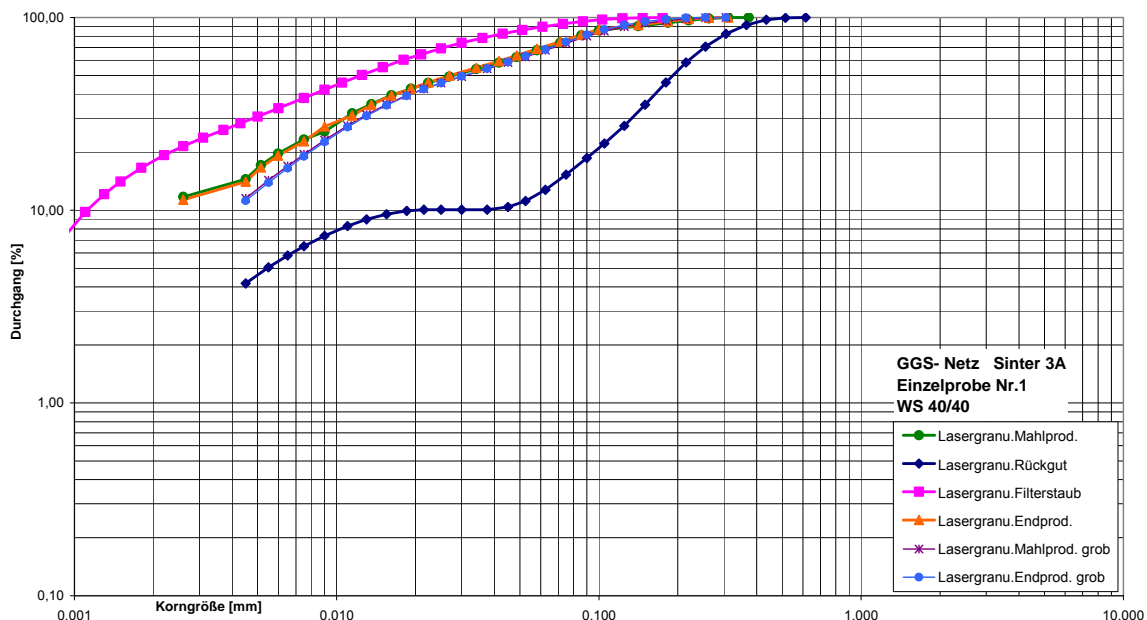


Abb. 4.1: Sinter 3A. Darstellung der Korngrößenverteilung der Einzelprobe 1. Die Bestimmung der Korngrößenverteilung erfolgte durch Lasergranulometrie der Marke Sympatek H1331 & Rodos.  $k_{80}$  Mühlenprodukt: 0,085 mm;  $k_{80}$  Endprodukt: 0,084 mm.

Zur Erklärung der Legende der Korngrößenverteilungsdarstellungen:

- ◆ Lasergranu.Mahlprod.: Gutstrom 2 (Probenahmestelle 2) Mahlprodukt. Genauigkeit der Messeinstellung liegt schwerpunktmäßig auf den Korngrößen  $<0,1\text{mm}$ .
- ◆ Lasergranu.Mahlprod.grob.: Gutstrom 2 (Probenahmestelle 2) Mahlprodukt. Genauigkeit der Messeinstellung liegt schwerpunktmäßig auf den Korngrößen  $>0,1\text{mm}$  (zum Vergleich mit Einstellung  $<0,1\text{mm}$ )
- ◆ Lasergranu.Mahlprod.: Gutstrom 3 (Probenahmestelle 3) Rückgut des Streutellerwindsichters. Genauigkeit der Messeinstellung liegt schwerpunktmäßig auf den Korngrößen  $>0,1\text{mm}$ .
- ◆ Lasergranu.Filterstaub.: Gutstrom 4 (Probenahmestelle 4) Filterstaub aus der Schnecke. Dieser Gutstrom wurde bei den ersten Probenahmen beprobt. Aufgrund im Kapitel 4.14 erwähnter Gründe, wurde der Filterstaub bei weiteren Probenahmen nicht mehr beprobt. Genauigkeit der Messeinstellung liegt schwerpunktmäßig auf den Korngrößen  $<0,1\text{mm}$ .
- ◆ Lasergranu.Endprod.: Gutstrom 5 (Probenahmestelle 5) Mahlprodukt. Genauigkeit der Messeinstellung liegt schwerpunktmäßig auf den Korngrößen  $<0,1\text{mm}$ .
- ◆ Lasergranu.Endprod.grob.: Gutstrom 5 (Probenahmestelle 5) Mahlprodukt. Genauigkeit der Messeinstellung liegt schwerpunktmäßig auf den Korngrößen  $>0,1\text{mm}$  (zum Vergleich mit Einstellung  $<0,1\text{mm}$ )

Die Ergebnisse der beiden möglichen Einstellungen des Lasergranulometers stimmen weitgehend überein. Etwaige geringe Abweichungen können im Feinstkornbereich ( $<10\ \mu\text{m}$ ) auftreten. Es werden in den folgenden Darstellungen nur noch die Ergebnisse der Grobeinstellung des Lasergranulometers dargestellt.

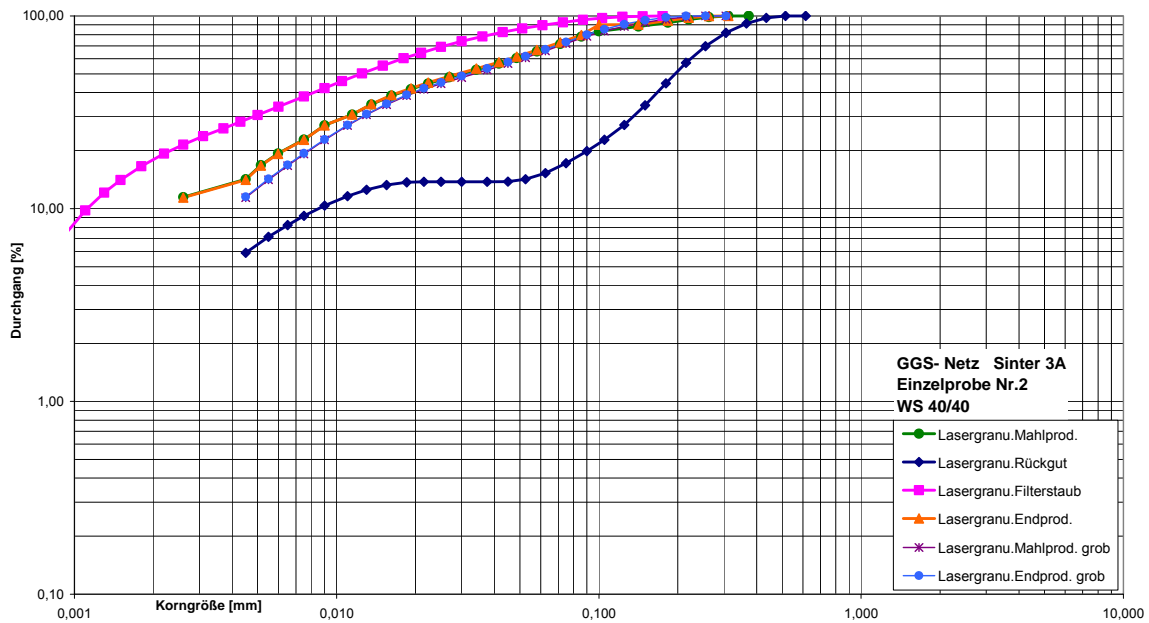


Abb. 4.2: Sinter 3A. Darstellung der Korngrößenverteilung der Einzelprobe. Die Bestimmung der Korngrößenverteilung erfolgte durch Lasergranulometrie.  $k_{80}$  Mühlenprodukt: 0,092 mm;  $k_{80}$  Endprodukt: 0,088 mm.

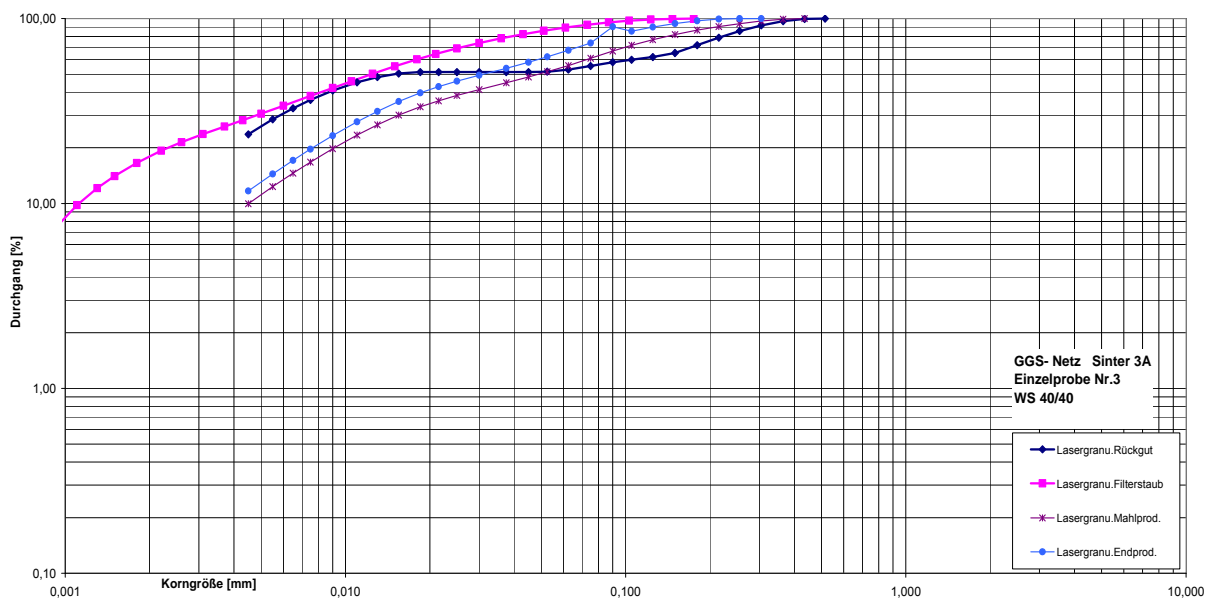


Abb. 4.3: Sinter 3A. Darstellung der Korngrößenverteilung der Einzelprobe 3. Die Bestimmung der Korngrößenverteilung erfolgte durch Lasergranulometrie.  $k_{80}$  Mühlenprodukt: 0,17 mm;  $k_{80}$  Endprodukt: 0,083 mm.

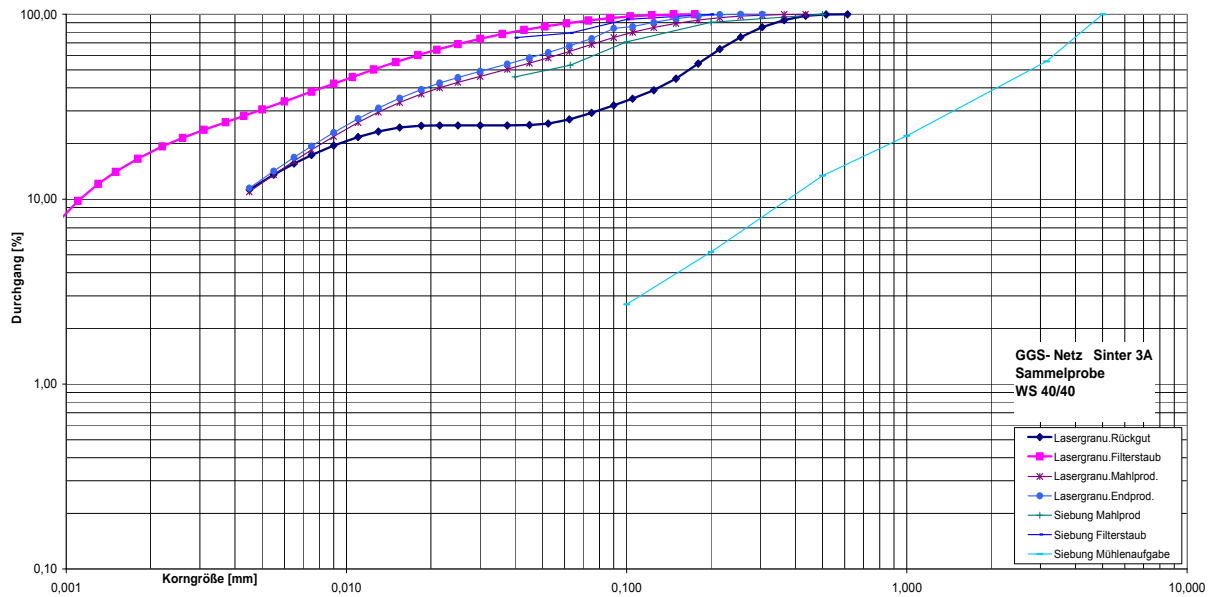


Abb. 4.4: Sinter 3A. Darstellung der Korngrößenverteilung des arithmetischen Mittels der Einzelproben. Die Bestimmung der Korngrößenverteilung erfolgte mittels Lasergranulometrie. Einzelne Proben wurden zusätzlich gesiebt.  $k_{80}$  Mühlenaufgabe: 4,1 mm;  $k_{80}$  Mühlenprodukt: 0,17 mm;  $k_{80}$  Endprodukt: 0,083 mm.

#### 4.2.1.2 Ergebnisse SM 3

Die Gesamtaufgabemenge auf die Mühle für den SM 3 ist mit 13,4t/h vorgegeben. Die Korngrößenverteilung der Frischaufgabe ist variabel, zu dem Zeitpunkt der Probenahme wurden die Fraktionen 5/2 und 5/0mm aus zwei Bunkern aufgegeben. Der Streutellerwindsichter wurde mit der Einstellung 40/40 (40% Ventilatorleistung; 40% der Nenndrehzahl der Gegenflügel, das entspricht 154U/min) betrieben.

Insgesamt wurden in dieser Mahlcharge 16t des Materials SM 3 vermahlen. Das Endprodukt der ersten 6t dieser Mahlcharge wurde in den Materialbunker des 95 F gefahren, da in der Übergangsphase der beiden Materialien die Qualität des SM 3 durch Vermischung in der Mühle vermindert ist.

Die Rückgutmenge schwankte zwischen 0,9 und 2,5t/h dem entsprechend wurde die Frischaufgabe angepasst. Die Online Strommessung ergab Werte zwischen 574 und 585 A.

In den folgenden drei Abbildungen sind die Korngrößenverteilungen der 2 Einzelproben und die des errechneten arithmetischen Mittels der Einzelproben dargestellt.



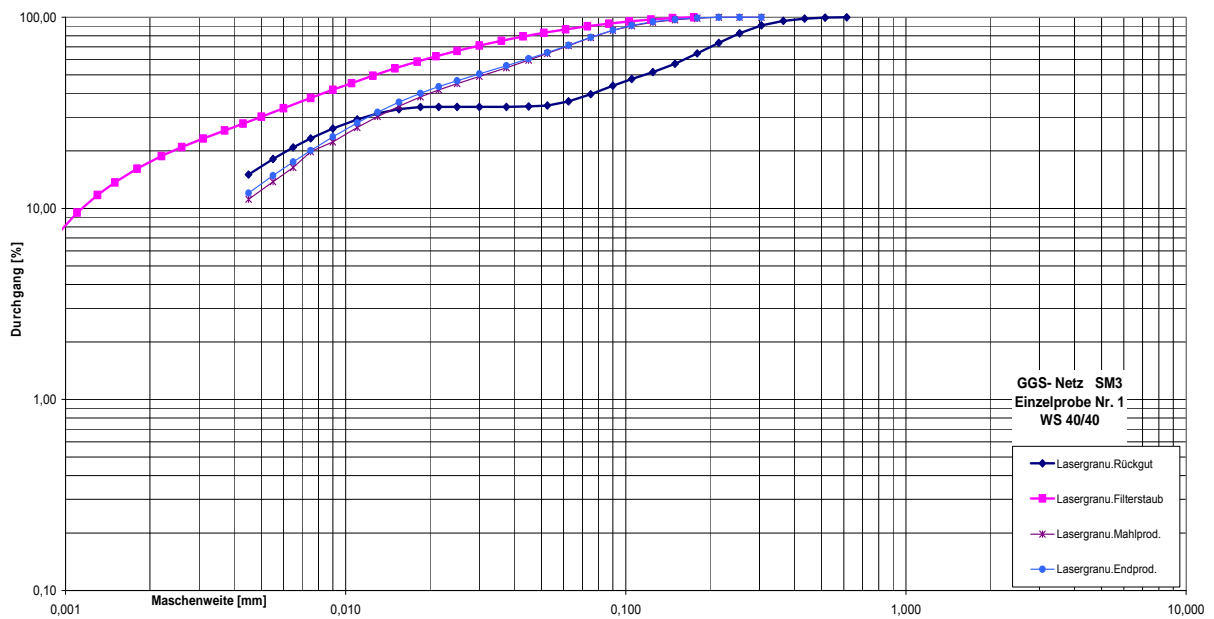


Abb. 4.5: SM 3. Darstellung der Korngrößenverteilung der Einzelprobe 1. Die Bestimmung der Korngrößenverteilung erfolgte durch Lasergranulometrie. Mühlenprodukt: 0,08 mm;  $k_{80}$  Endprodukt: 0,078 mm.

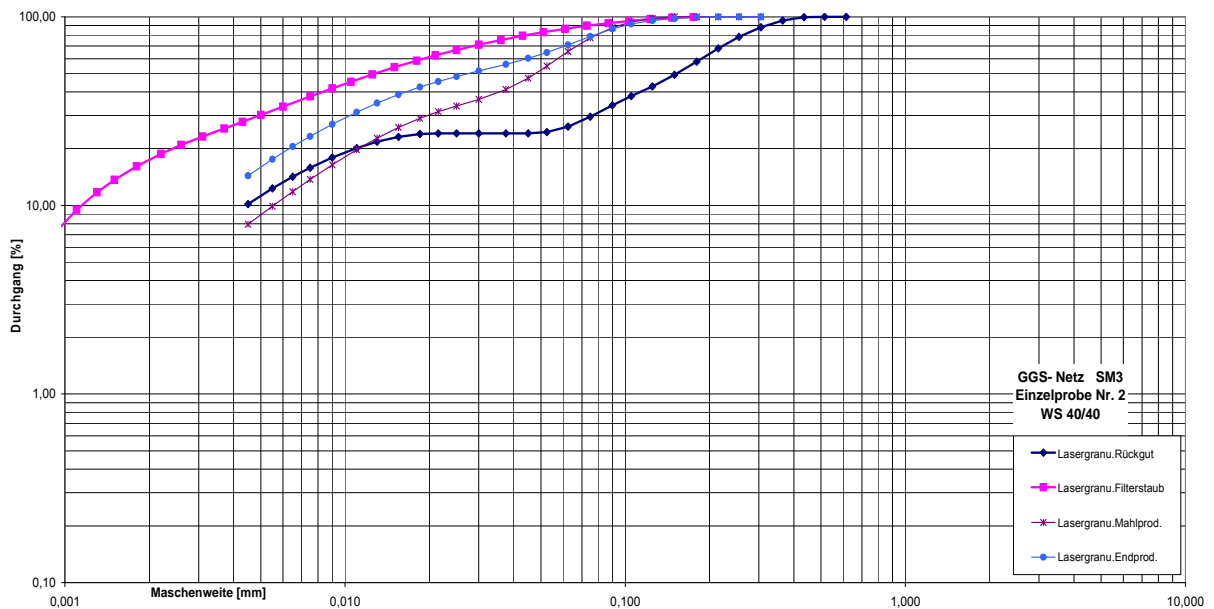


Abb. 4.6: SM 3. Darstellung der Korngrößenverteilung der Einzelprobe 2. Die Bestimmung der Korngrößenverteilung erfolgte durch Lasergranulometrie.;  $k_{80}$  Mühlenprodukt: 0,08 mm;  $k_{80}$  Endprodukt: 0,071 mm.

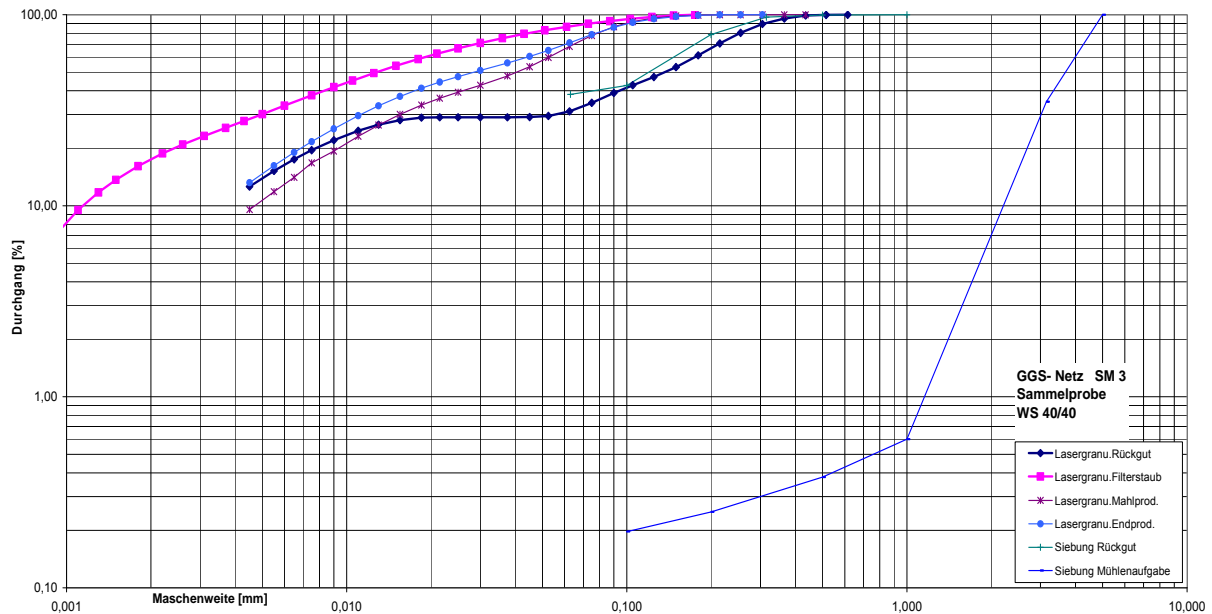


Abb. 4.7: Darstellung der Korngrößenverteilung des arithmetischen Mittels der Einzelproben. Die Bestimmung der Korngrößenverteilung erfolgte mit einer Lasergranulometrie. Einzelne Proben wurden zusätzlich gesiebt. (Siehe Legende.)  $k_{80}$  Mühlenaufgabe: 4,2 mm;  $k_{80}$  Mühlenprodukt: 0,08 mm;  $k_{80}$  Endprodukt: 0,077 mm.

Aus der Darstellung der Einzelproben ist zu erkennen, dass die Korngrößenverteilungen der Mahl- und Endprodukte zufälligen Schwankungen unterliegen. Das Rückgut hingegen weist deutliche Schwankungen, vor allem des Feinkornanteils und der Lage (Korngrößenbereich) der Körnungslücke auf. Diese Schwankungen sind vermutlich auf das periodische Abrütteln der Materialschurre (zwischen Windsichter und Aufgabeeinrichtung des Rückgutes auf die Mühle) zurückzuführen.

Eine repräsentative Probe des Rückguts kann demnach nur durch eine Zusammenführung möglichst vieler Einzelproben zu einer Sammelprobe entstehen.

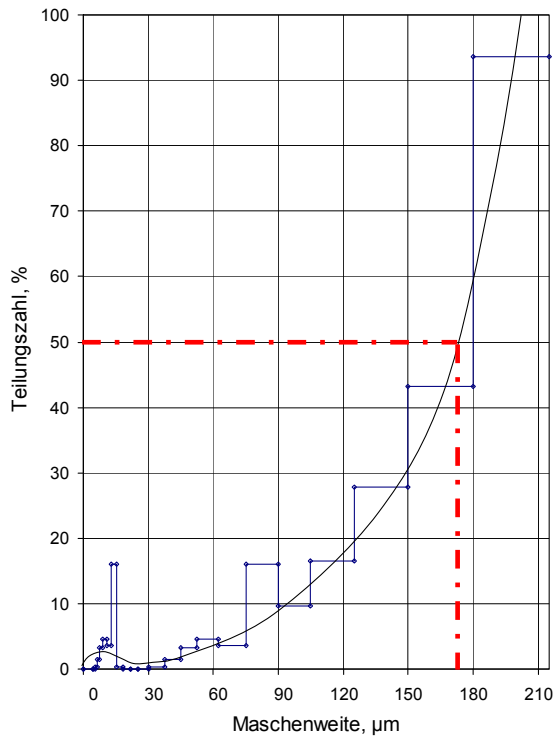


Diagramm 4.8: Teilungskurve des Windsichters SUV 2800; ermittelt am Material Sinter 3A (Lasergranulometrie).

$T_{50}=173\mu\text{m}$

$E_p=29\mu\text{m}$

$r_{mF}=88\%$

$r_{mG}=12\%$

Auffällig bei der ermittelten Teilungskurve ist das fast völlige Fehlen der Fraktion 30/15µm gegenüber dem wiederum erhöhten Auftretens der Korngrößen <15µm im Grobgut.

Zur Ermittlung der Teilungskurve wurde unter Verwendung der Korngrößenverteilungen der Sammelprobe (Sinter 3A) ein Gauss-Ausgleich gemacht.

#### 4.2.2 Darstellung der Schwankungen der Einzelproben am Beispiel Sinter 3A: Probenahme vom 07.11.2006

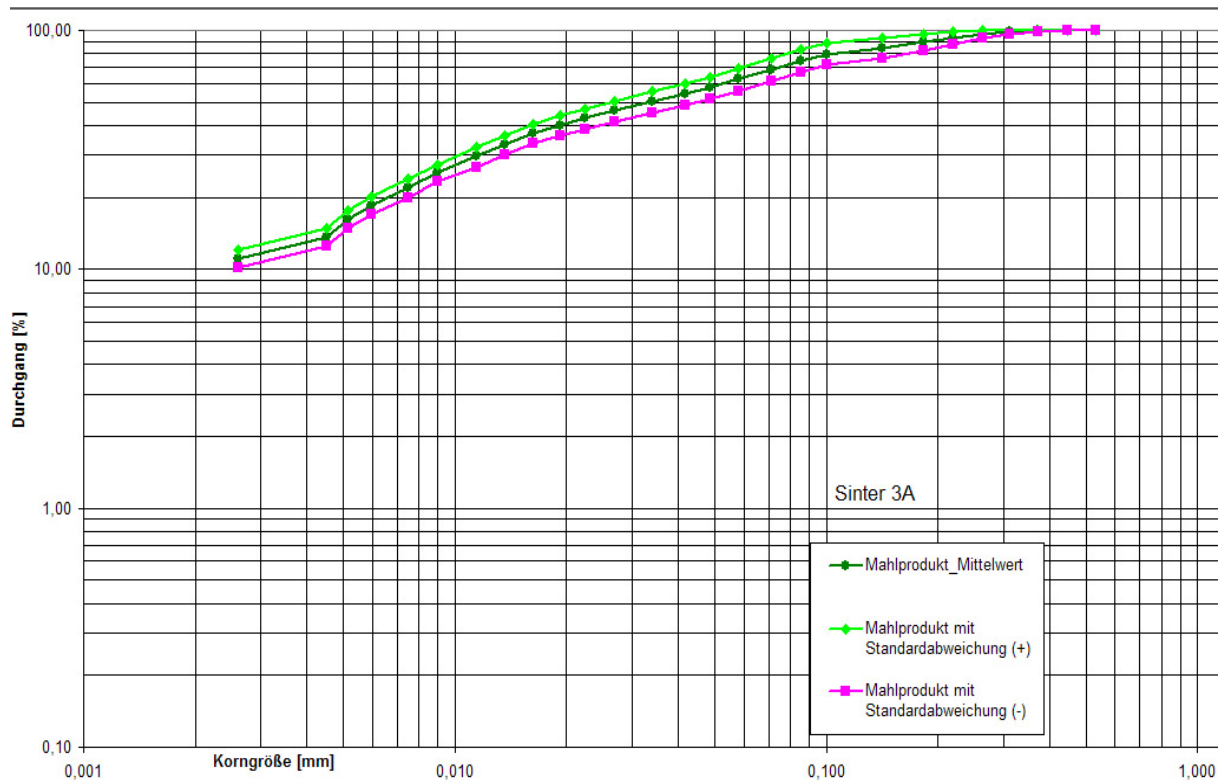


Abb. 4.9: Korngrößenverteilung Sinter 3A Mahlprodukt. Feineinstellung des Lasergranulometers Sympatek H1331 & Rodos. Darstellung der Abweichung (über Standardabweichung berechnet) der Einzelproben vom Mittelwert

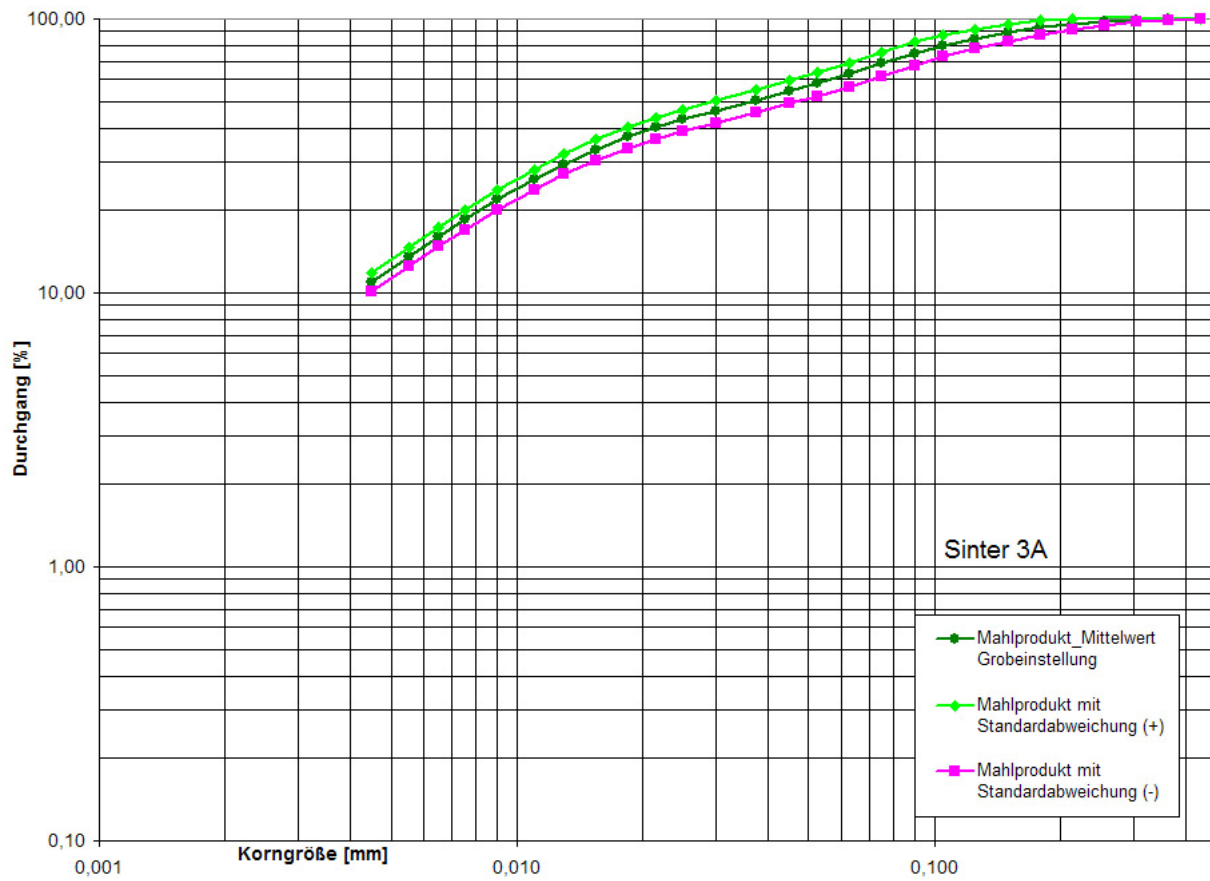


Abb. 4.10: Korngrößenverteilung Sinter 3A Mahlprodukt. Grobeinstellung des Lasergranulometers Sympatek H1331 & Rodos. Darstellung der Abweichung (über Standardabweichung berechnet) der Einzelproben vom Mittelwert

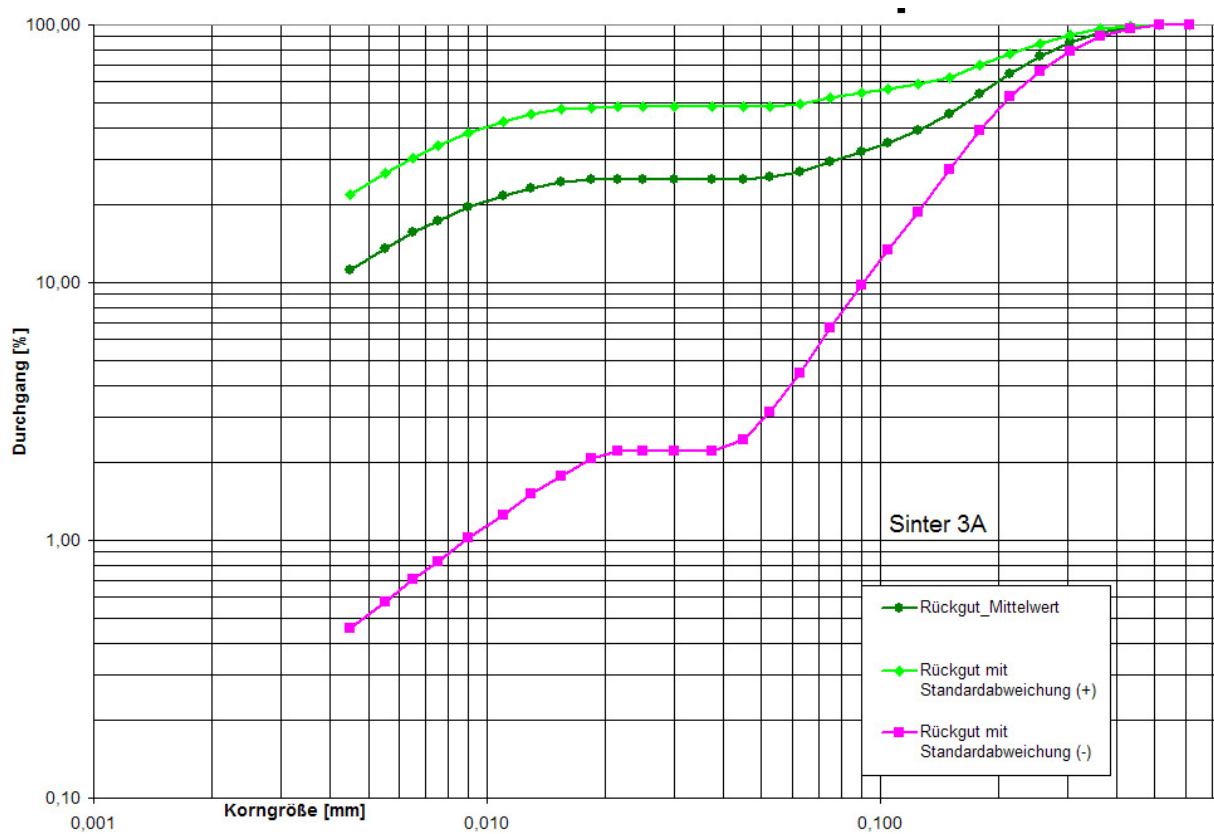


Abb. 4.11: Korngrößenverteilung Sinter 3A Rückgut. Grobeinstellung des Lasergranulometers Sympatek H1331 & Rodos. Darstellung der Abweichung (über Standardabweichung berechnet) der Einzelproben vom Mittelwert.

Da die untere Abweichung in den logarithmischen Zahlenbereich 1-10 fällt, wird die Kurve unsymmetrisch dargestellt. Die GGS-Darstellung eignet sich hier nicht sehr gut zum Darstellen dieses Falles.

Die Darstellung in einem linearen Diagramm veranschaulicht die Abweichung besser.

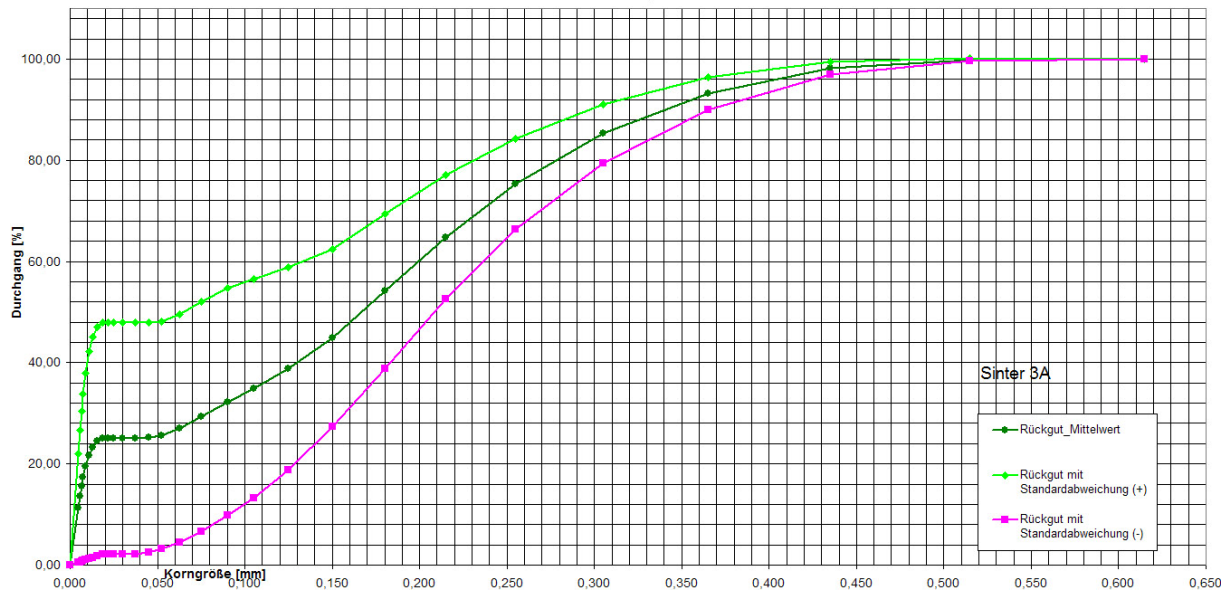


Abb. 4.12 : Korngrößenverteilung Sinter 3A Rückgut. Darstellung im linearen Netz. Grobeinstellung des Lasergranulometers Sympatek H1331 & Rodos. Darstellung der Abweichung (über Standardabweichung berechnet) der Einzelproben vom Mittelwert.

Durch die starken Schwankungen von Frischaufgabe und Rückgutmenge auf die Mühle und durch das periodische Rütteln der Materialschurre ist die Schwankung der Korngrößenverteilung im Rückgut sehr hoch. Auch dies war ein Grund, von der Einzelprobenauswertung zur Sammelprobenauswertung zu wechseln. Die Einzelproben lassen keine objektive Beurteilung der Korngrößenverteilung des Rückgutes zu.

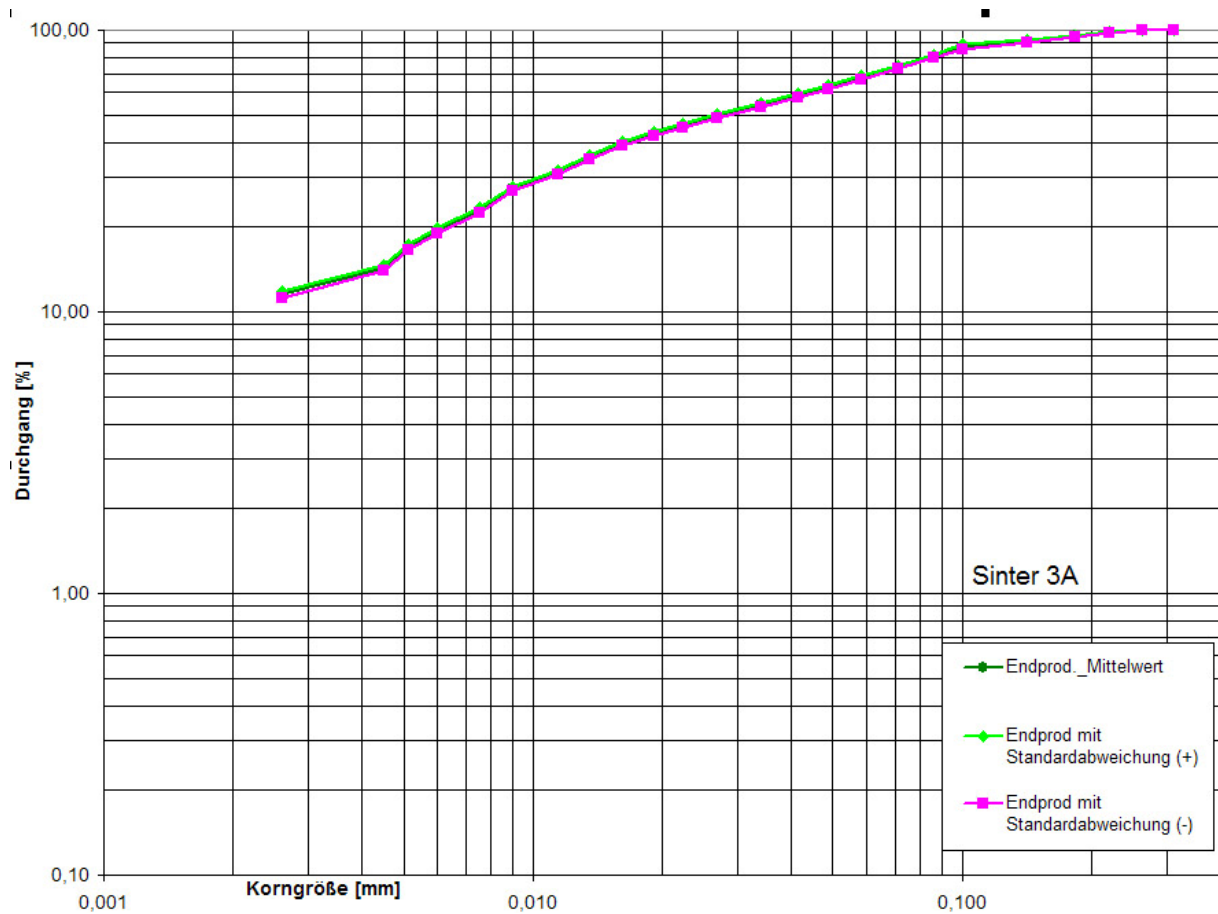


Abb. 4.13: Korngrößenverteilung Sinter 3A Endprodukt. Feineinstellung des Lasergranulometers Sympatek H1331 & Rodos. Darstellung der Abweichung (über Standardabweichung berechnet) der Einzelproben vom Mittelwert.



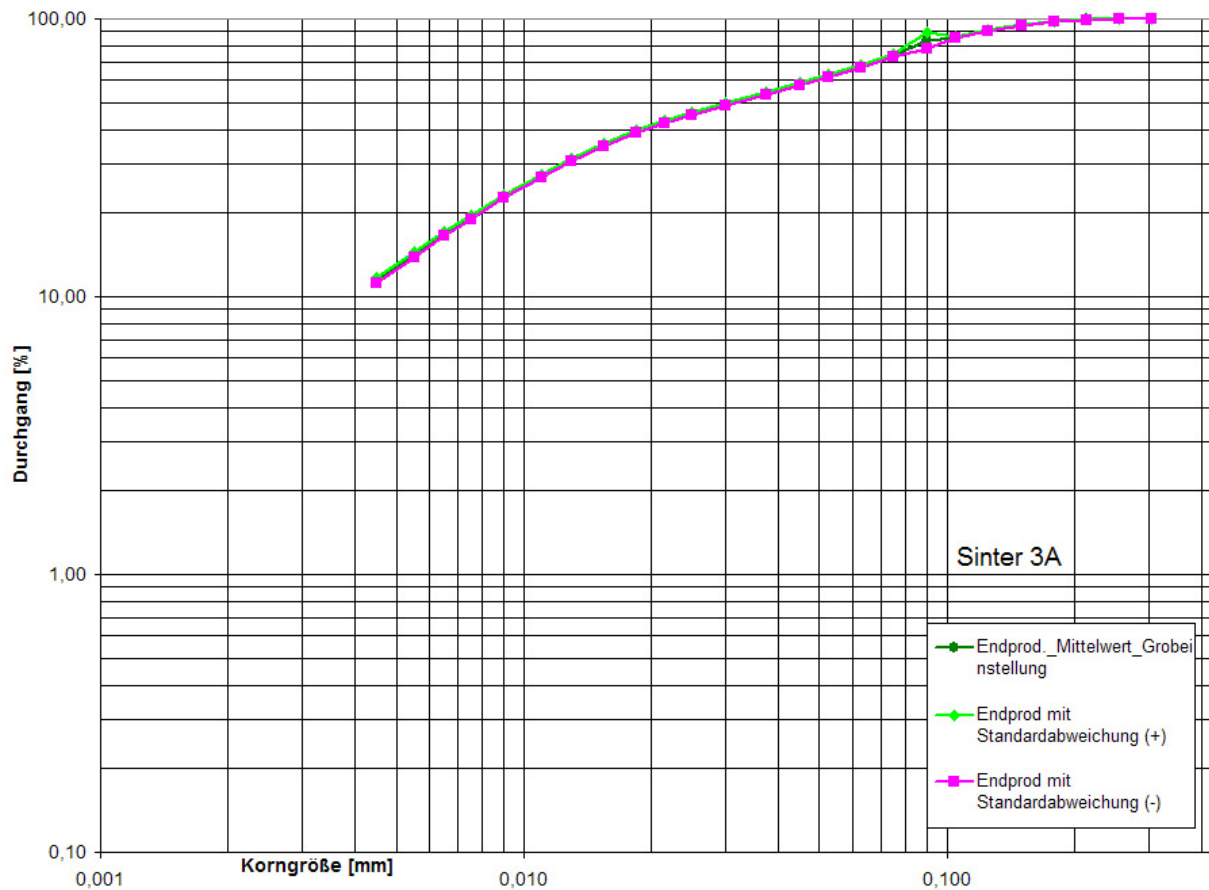


Abb. 4.14: Korngrößenverteilung Sinter 3A Endprodukt. Grobeeinstellung des Lasergranulometers Sympatek H1331 & Rodos. Darstellung der Abweichung (über Standardabweichung berechnet) der Einzelproben vom Mittelwert.

Wie man aus der Abb. 4.14 erkennen kann sind die Schwankungen der Einzelproben sehr gering mit Ausnahme der des Rückguts (Begründung bei Abb. 4.12). Der Staubabschleidezyklon gleich nach dem Mühlenauslauf mit der anschließenden Filteranlage scheidet einen Teil der Feinstkornfraktion ab. Dieser wird im Prozess noch vor der Probenahmestelle Endprodukt dem Materialstrom wieder zugeführt. Wie in den obigen Abbildungen zu erkennen ist, ergibt das Endprodukt die Korngrößenverteilung mit der geringsten Standardabweichung. Man könnte hier vermuten, dass der durch eine Schnecke zugeführte Filterstaub zu einer Vergleichmäßigung des Mühlenproduktes führt.

Es stellt sich die Frage ob nun die Schwankungen des Mühlenproduktes (ohne Filterstaub) durch die Mahlung selbst, oder durch die möglicherweise zeitlich

schwankender Effektivität der Abscheideeinrichtung entstanden ist. Möglicherweise entstehen die Schwankungen auch durch eine Kombination von beiden.

Es ist schwierig, aus den Einzelproben Aussagen zu gewinnen und es ist v.a. für die Analyse des Rückguts wichtig, eine Sammelprobe aus mehreren Einzelproben zu gewinnen.

Deshalb wurden die Ist-Zustandsanalyse mit einem Sammelprobenkonzept wiederholt.

### 4.2.3 Ist-Zustandsanalyse – Sinter 3A. Zweiter Versuch.

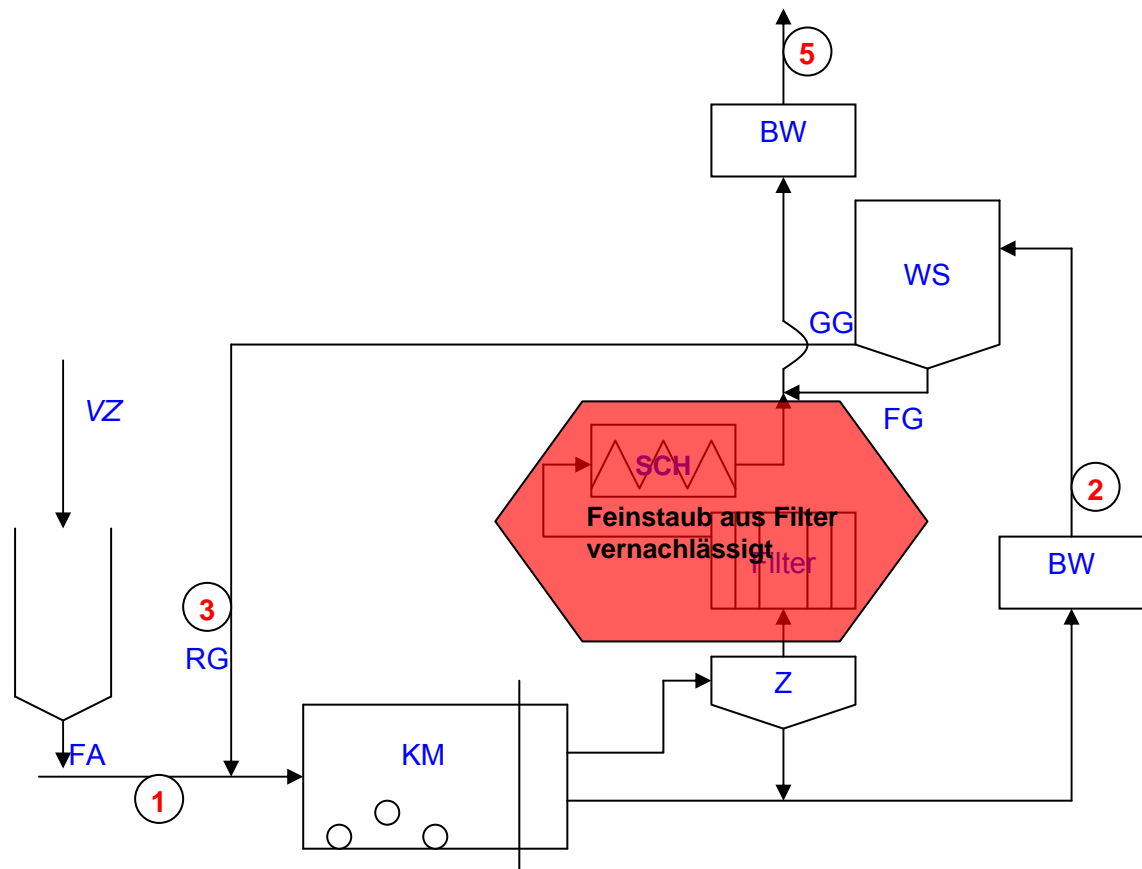


Abb.4.4: Probenahmeplan neu: Wegen oben genannter Gründe wird die Feinstaubbeprobung aus der Förderschnecke ausgeklammert.

Aufgrund der Erkenntnis aus der vorangegangenen Probenahme, dass für die Objektivität der Proben eine Sammelprobe aus vielen Einzelproben erforderlich ist, wurde eine zweite Ist-Zustandsanalyse am Beispiel des Sinter 3A durchgeführt.

Die aus dieser Probenahme entstandene Sammelprobe setzt sich aus 15 Einzelproben zusammen, die in 5 Minuten Abständen gezogen wurden.

Die Sammelprobe wurde mit einem Riffelteiler auf eine Teilmenge von 1/16 oder 1/32 (je nach Masse der Originalprobe) der Ausgangsmenge geteilt. Anschließend wurde aus den geteilten Proben durch Lasergranulometrie und Luftstrahlsiebung die Korngrößenverteilung bestimmt.

Außerdem wurden die Reindichten und die spezifische Oberflächen der Proben bestimmt.

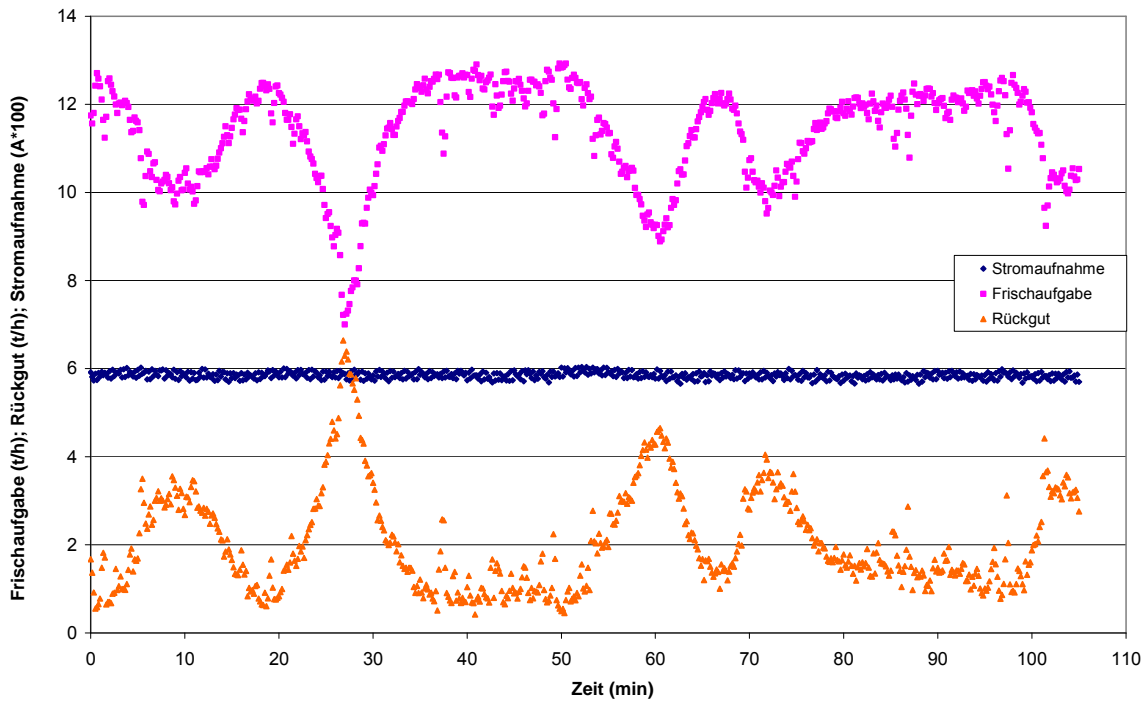


Abb. 4.15: Masseströme von Frishaufgabe und Rückgut [t/h], und Stromaufnahme [A\*100]. Versuch: Ist-Zustandsanalyse neu. Sinter 3A.

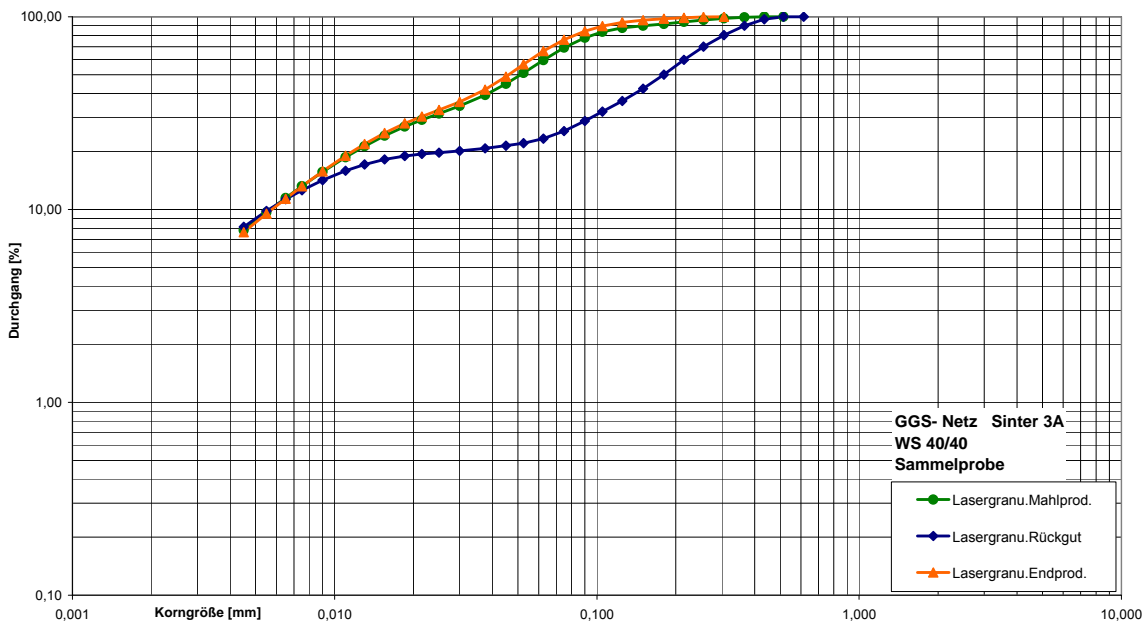


Abb. 4.16: Korngrößenverteilung der beprobten Gutströme; Ermittelt an den Sammelproben durch Lasergranulometrie. Versuch: Ist-Zustandsanalyse neu. Sinter 3A.  $k_{80}$  Mühlenprodukt: 0,097 mm;  $k_{80}$  Endprodukt: 0,081 mm.

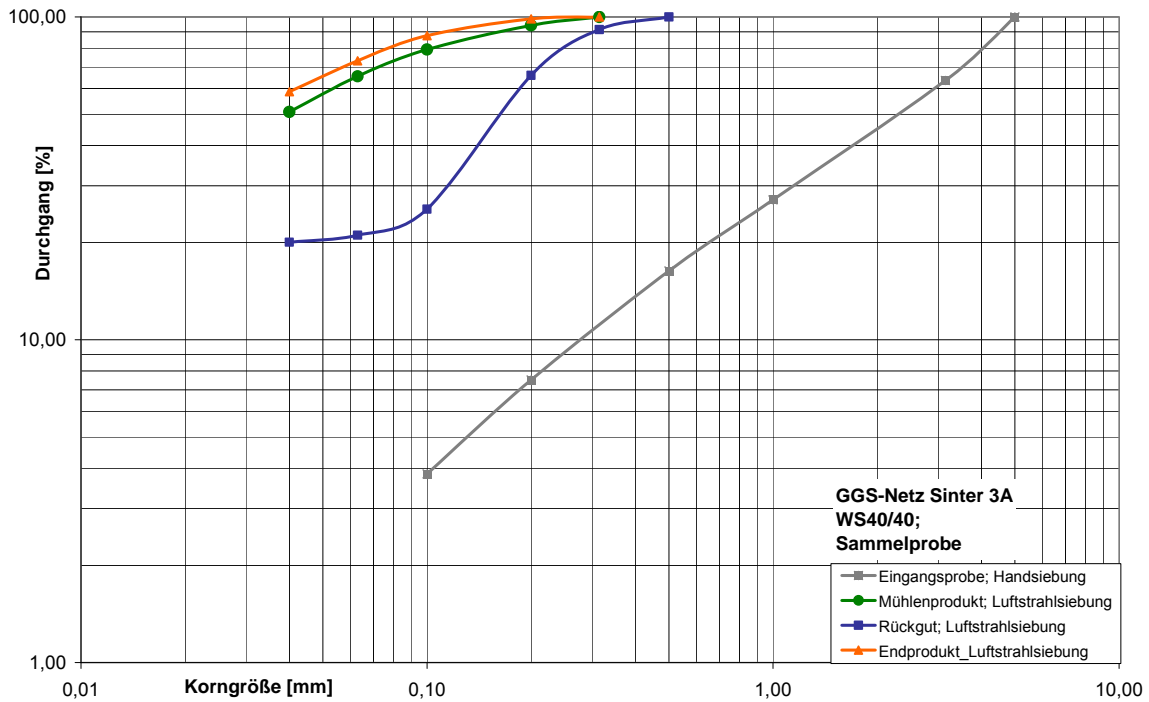


Abb. 4.17: Korngrößenverteilung der beprobten Gutströme; Ermittelt an den Sammelproben durch Luftstrahlsiebung bzw. Handsiebung (Frischaufgabe). Versuch: Ist-Zustandsanalyse neu. Sinter 3A.  $k_{80}$  Mühlenaufgabe: 4,1 mm;  $k_{80}$  Mühlenprodukt: 0,1 mm;  $k_{80}$  Endprodukt: 0,078 mm.

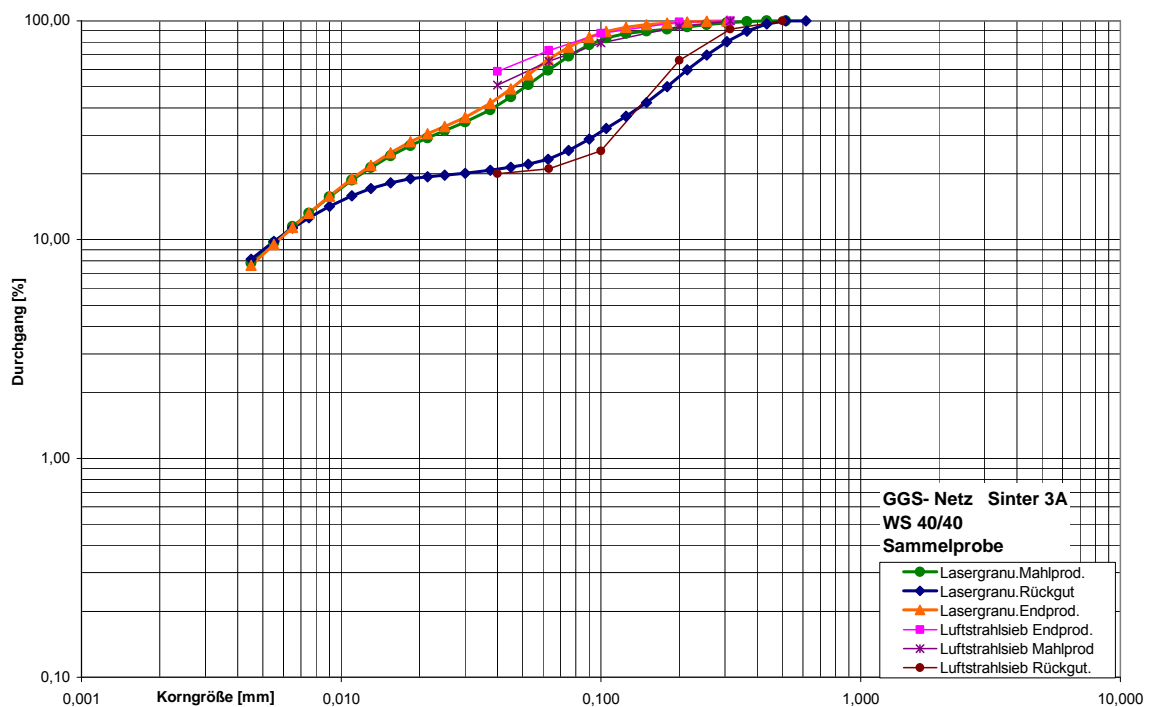


Abb. 4.18: Korngrößenverteilung der beprobten Gutströme; Gegenüberstellung von Lasergranulometrie und Luftstrahlsiebung. Versuch: Ist-Zustandsanalyse neu.

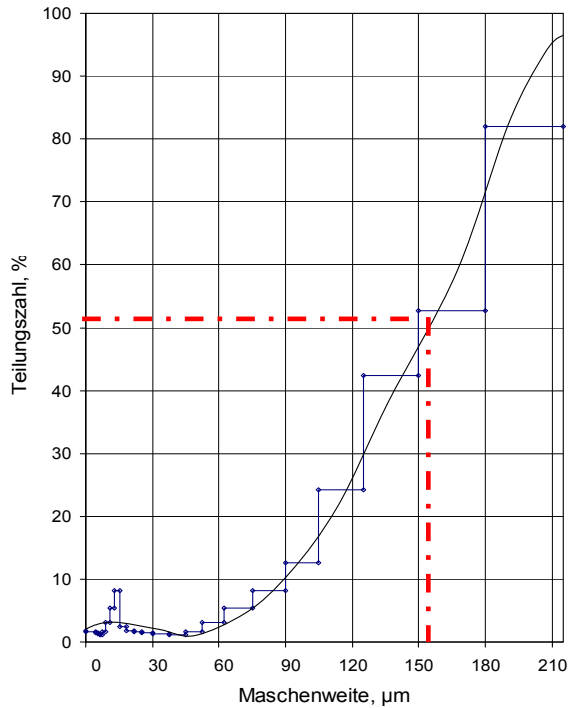


Diagramm 4.8: Teilungskurve des Windsichters SUV 2800; ermittelt am Material Sinter 3A (Lasergranulometrie).  
 $T_{50}=157\mu\text{m}$   
 $E_p=60\mu\text{m}$   
 $r_{mF}=88\%$   
 $r_{mG}=12\%$

	Massespez. Oberfläche Arithmet. Mittel [cm <sup>2</sup> /g]	Standardabweichung Massespez. Oberfläche [cm <sup>2</sup> /g]	Volumsspez. Oberfläche Arithmet. Mittel [cm <sup>-1</sup> ]	Standardabweichung, volumspez. Oberfläche [cm <sup>-1</sup> ]
Mahlprodukt	2432	139	8634	493
Rückgut	835	45	2948	157
Endprodukt	2671	129	9509	459

Tab.4.1: Spezifische Oberflächen des Produkts Sinter 3A; Windsichtereinstellung 40/40; Versuch: Ist-Zustandsanalyse neu;

#### 4.2.4 Versuch: Grobmehlerzeugung

Das Ziel dieses Versuch war die Erzeugung eines Mehls mit einer Mehlfinheit von 60% <63µm.

Zu diesem Zweck wurde die Gesamtaufgabemenge auf die Mühle erhöht, um den Feinanteil am Mahlprodukt zu verringern. Gleichzeitig wurde die Ventilatorleistung des Streutellerwindsichters auf 100 bzw. 90% (gegenüber dem Normalbetriebszustand von 40%) erhöht und die Drehzahl der Gegenflügel auf 30% (136 U/min) verringert, um die Trennschnittlage ins Grobe zu verschieben.

Gleichzeitig mit der Erhöhung des Massestroms von  $M_1=13,4\text{t/h}$  auf  $M_2=16\text{t/h}$  wurde der Sichter auf die Fahrweise 100/30 umgestellt. Die Ventilatorleistung von 100% führte allerdings innerhalb der ersten 15 Minuten dieses Versuches zu dreimaligem automatischem Ausschalten der Anlage wegen Überlastung des Ventilators. Deshalb wurde der Versuch mit der Einstellung 90/30 des Windsichters fortgesetzt.

Die Proben der beiden Windsichtereinstellungen wurden getrennt ausgewertet.

Abschätzung von  $M_2$ :

$$\frac{M_2}{M_1} = \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^n$$

$M_2$ ...Massestrom 2

$M_1$ ...Massestrom 1;  $M_1=13,4\text{t/h}$

$D_1$ ...Durchgang bei 63µm (gemittelt aus den Durchschnittswerten des Durchgangs im Betrieb, während 6 Monate;  $D_1=72\%$ )

$D_2$ ...Durchgang bei 63µm angestrebt für Versuch Grobmehlerzeugung;  $D_2=60\%$

$M_2=15,8 \text{ t/h}$

Massestrom  $M_2$  wurde für den betrieblichen Versuch auf 16t/h aufgerundet.

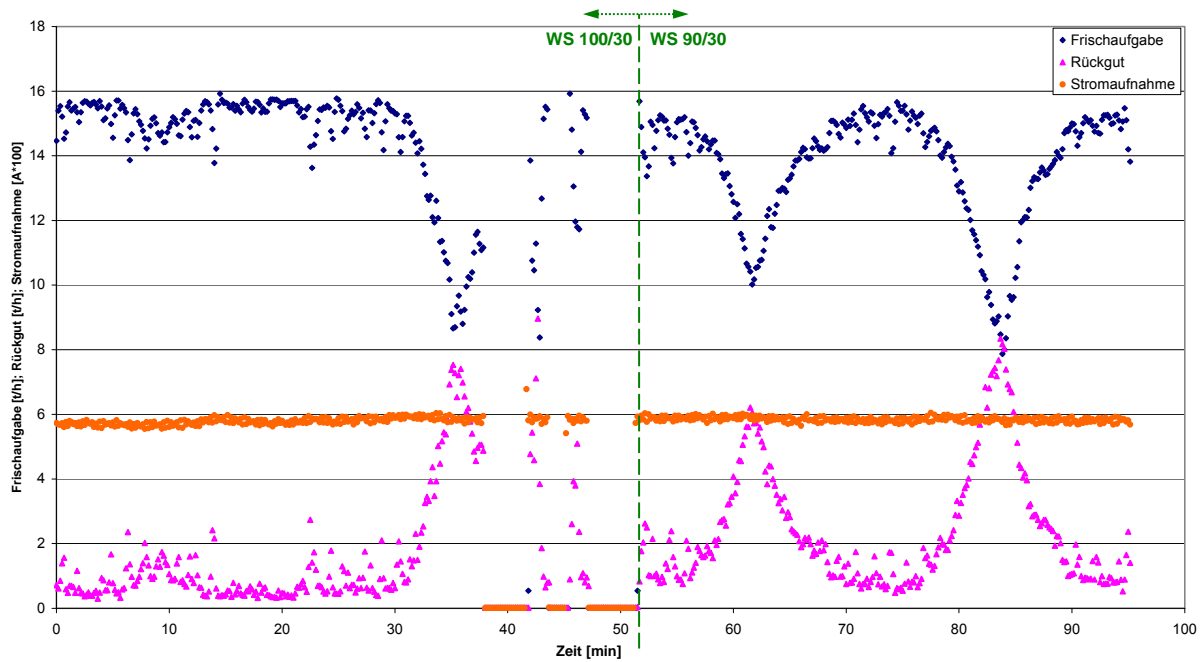


Abb. 4.19: Masseströme von Frischaufgabe und Rückgut [t/h], und Stromaufnahme [A\*100]. Versuch: Grobmehlerzeugung mit Windsichtereinstellung 100/30 (links der strichlierten grünen Trennlinie) bzw. 90/30 (rechts der strichlierten grünen Trennlinie).

Wie schon bei der Beschreibung des Streutellerwindsichters angesprochen, sollte die Drehzahl der Gegenflügel 50% der Nenndrehzahl (entspricht 208 Upm) nicht unterschreiten, da sonst eine regelmäßige Aufgabe auf den Streuteller nicht gewährleistet ist.

Sowohl beim üblichen Betriebszustand als auch bei diesem Versuch der Grobmehlerzeugung wird der Sieher unterhalb dieser 50% der Nenndrehzahl betrieben. Die Schwankungen die sich alle 18-25 Minuten wiederholen (Abb. 4.19) und bei Frischaufgabe und Rückgut zu sehen sind, könnten auf diese unregelmäßige Aufgabe auf den Streuteller zurückzuführen sein.



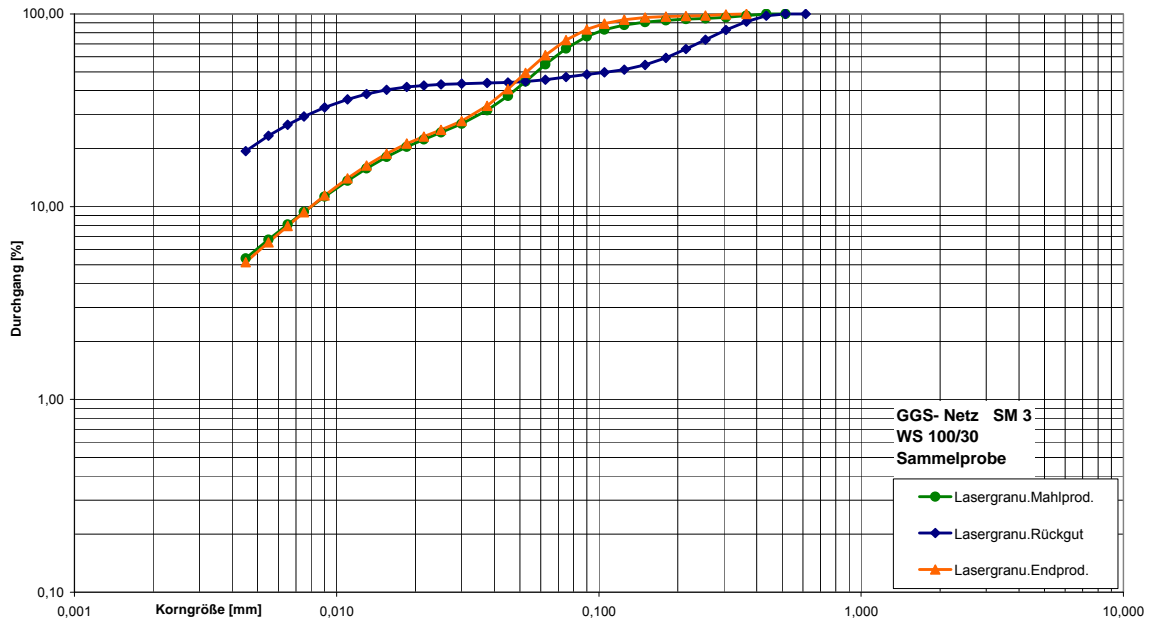


Abb. 4.20: Korngrößenverteilung der beprobten Gutströme; Ermittelt an den Sammelproben durch Lasergranulometrie. Versuch: Grobmehlerzeugung mit Windsichtereinstellung 100/30.

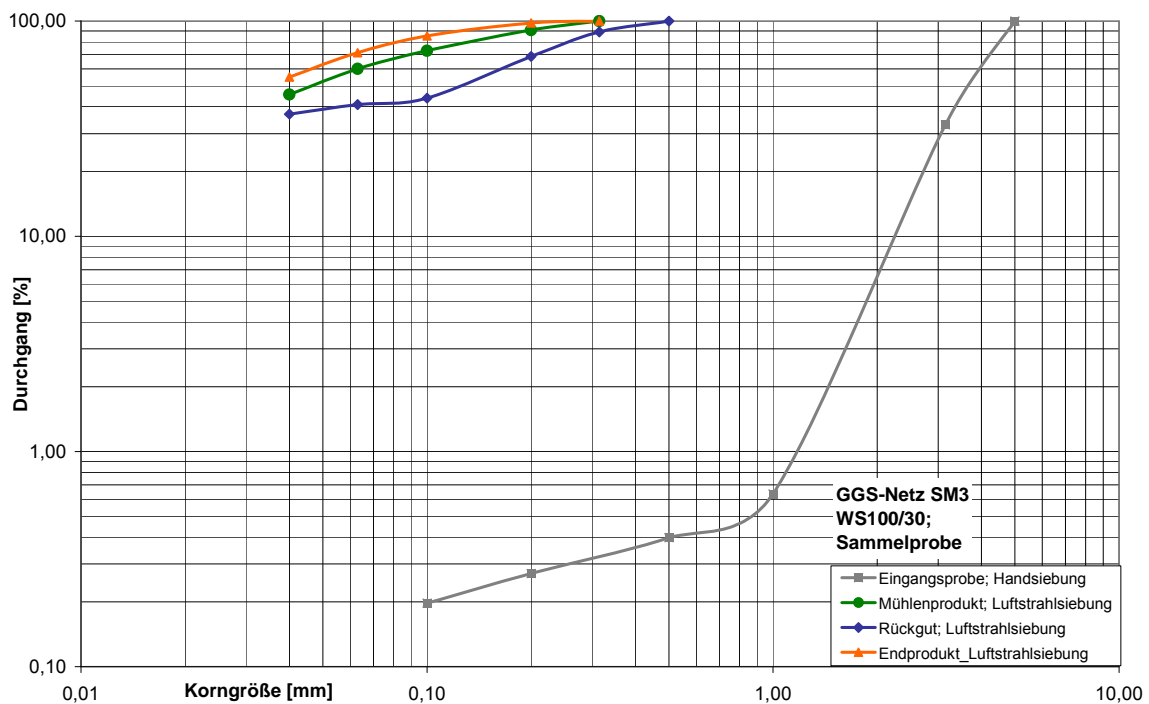


Abb. 4.21: Korngrößenverteilung der beprobten Gutströme; Ermittelt an den Sammelproben durch Luftstrahlsiebung bzw. Handsiebung (Frischaufgabe). Versuch: Grobmehlerzeugung mit Windsichtereinstellung 100/30.

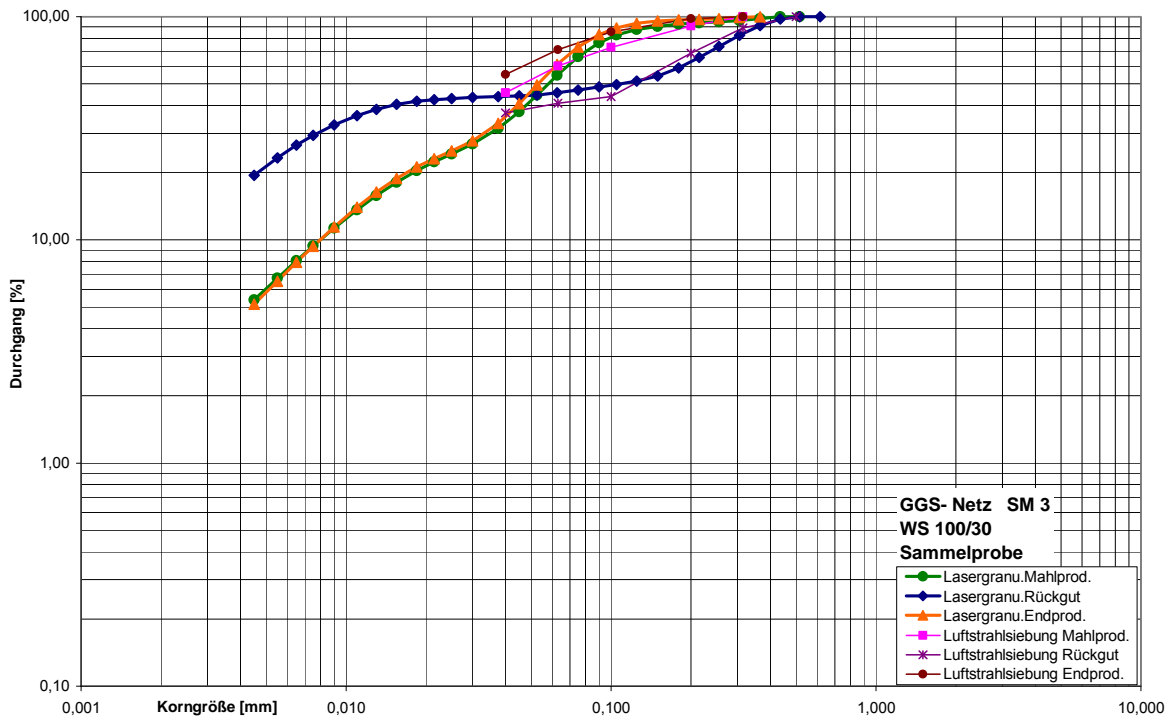


Abb.4.22: Korngrößenverteilung der beprobten Gutströme; Gegenüberstellung von Lasergranulometrie und Luftstrahlsiebung). Versuch: Grobmehlerzeugung mit Windsichtereinstellung 90/30

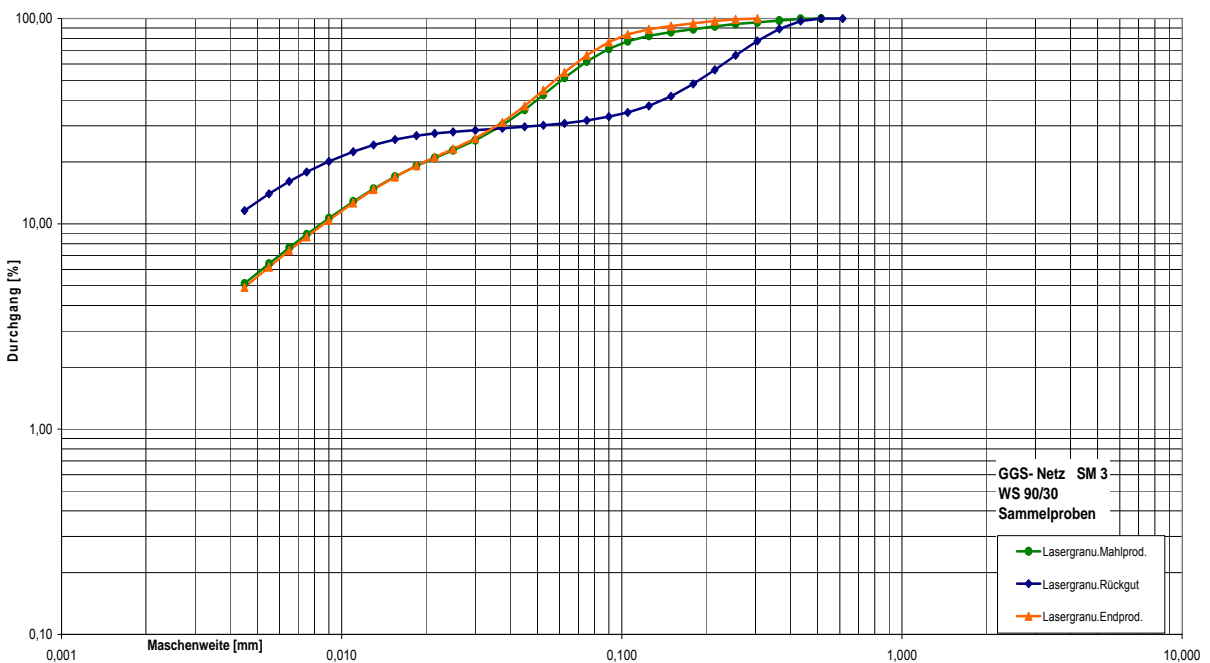


Abb. 4.23: Korngrößenverteilung der beprobten Gutströme; Ermittelt an den Sammelproben durch Lasergranulometrie. Versuch: Grobmehlerzeugung mit Windsichtereinstellung 90/30

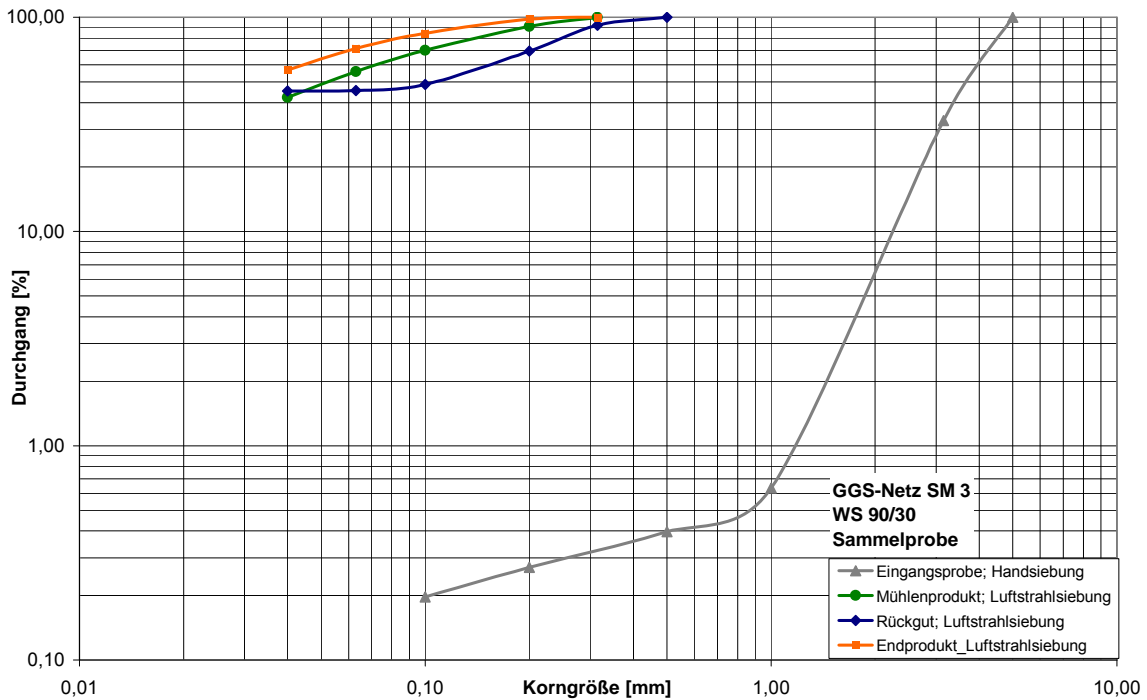


Abb. 4.24: Korngrößenverteilung der beprobten Gutströme; Ermittelt an den Sammelproben durch Luftstrahlsiebung bzw. Handsiebung (Frischaufgabe). Versuch: Grobmehlerzeugung mit Windsichtereinstellung 90/30

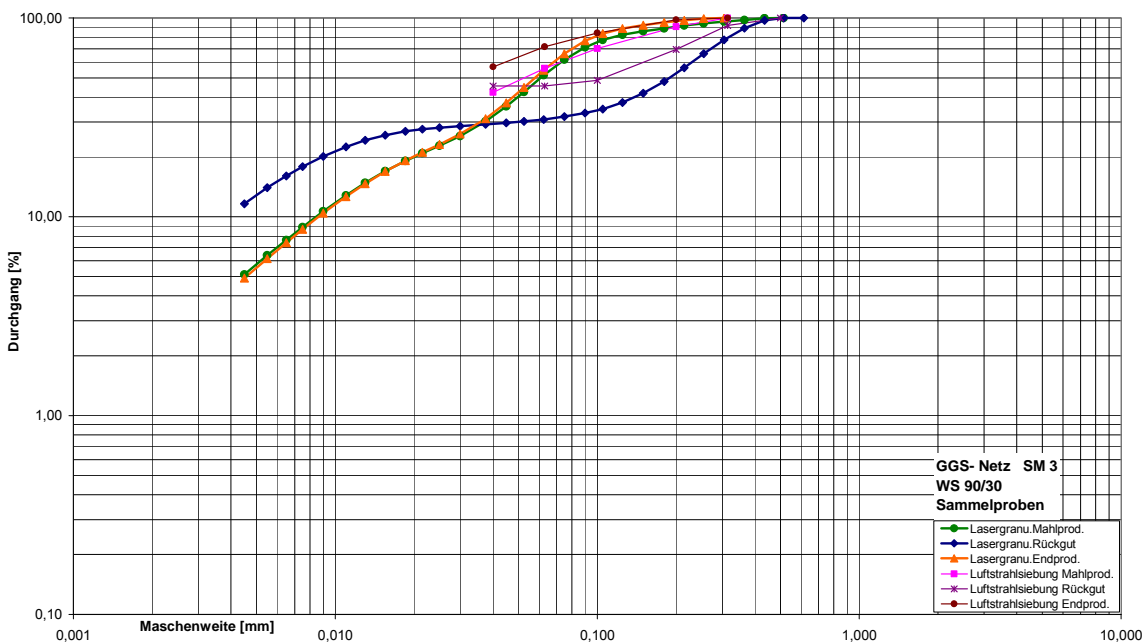


Abb. 4.25: Korngrößenverteilung der beprobten Gutströme; Gegenüberstellung von Lasergranulometrie und Luftstrahlsiebung). Versuch: Grobmehlerzeugung mit Windsichtereinstellung 90/30.

Beim direkten Vergleich der Korngrößenanalysen aus Lasergranulometrie und Siebanalysen fällt der Unterschied in den Korngrößen  $<100\mu\text{m}$  auf. Während die Lasergranulometrie bei der Fahrweise 90/30 einen Durchgangswert des Endprodukts bei  $62,5\mu\text{m}$  von 54,74% ergibt, hat die Luftstrahlsiebung für  $63\mu\text{m}$  einen Durchgang von 71,55%. Nach den Ergebnissen der Lasergranulometrie wäre der Versuch zur Grobmehlerzeugung ein voller Erfolg, da ein Wert von 55-60% Durchgang bei einer Korngröße von  $63\mu\text{m}$  angestrebt wird. Der Unterschied zwischen Lasergranulometrie und Luftstrahlsiebung ist erstaunlich groß, insofern als vorhergehende Versuche, innerhalb des Projektes und auch des Labors im Werk Veitsch Unterschiede von höchstens 2-3% der Durchgangswerte ergeben hatten und das Lasergranulometer des Werkes auf die Luftstrahlsiebung kalibriert ist.

Nach Rücksprache mit dem Labor der Veitsch findet sich eine Erklärung für den großen Unterschied. Die Luftstrahlsiebung, aus der die in den Abbildungen 4.21 und 4.22 dargestellten Ergebnisse hervorgehen, wurde am Institut für Aufbereitung und Veredelung durchgeführt. Es wurde jeweils 15 Minuten lang gesiebt, am Deckel des Siebes anhaftendes Material wurde mit einem Plexiglashammer abgeklopft oder, wenn hartnäckig, weggepinselt. Es wurden 20g Material gesiebt.

Im Labor in der Veitsch wird standardmäßig 5 Minuten lang gesiebt. Anhaftendes Material wird mit der gleichen Methode entfernt. Auch hier werden 20g Probe zur Siebung verwendet.

Die Erfahrung mit den zu untersuchenden Materialien Sinter 3A und SM3 am Institut für Aufbereitung und Veredelung, haben gezeigt, dass die ersten drei bis fünf Minuten dafür verwendet werden müssen, das elektrostatisch geladene Material vom Deckel zu entfernen. Erst nach diesem Unterfangen konnte mit einer effektiven Siebung begonnen werden.

Dass die dreifache Siebzeit von 15 Minuten am Institut für Aufbereitung und Veredelung ein so unterschiedliches Ergebnis liefert, weist sehr deutlich darauf hin, dass fünf Minuten zu kurz sind. Eine Siebung ist analysenscharf, wenn kein Aufgabegut mehr in den Durchgang übergeführt wird.

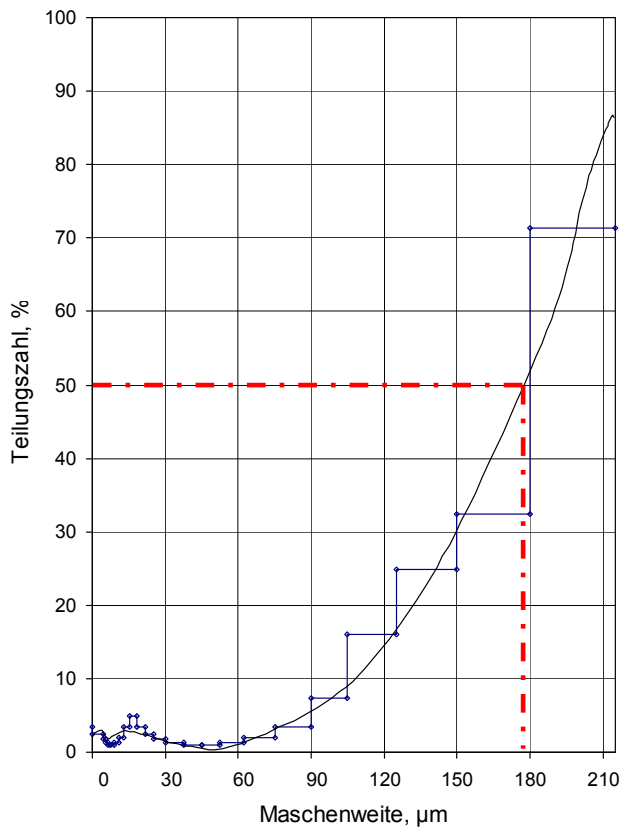


Diagramm 4.26: Teilungskurve des Windsichters SUV 2800; ermittelt am Material SM 3; Versuch: Grobmehlerzeugung.

$T_{50}=178\mu\text{m}$

$E_p=70\mu\text{m}$

$r_{mF}=87\%$

$r_{mG}=13\%$

Zusätzlich zur Korngrößenanalyse wurden die spezifischen Oberflächen von Mahlgut, Rückgut und Endprodukt ermittelt.

	Massespez. Oberfläche Arithmet. Mittel [cm <sup>2</sup> /g]	Standard- abweichung Massespez. Oberfläche [cm <sup>2</sup> /g]	Volumsspez. Oberfläche Arithmet. Mittel [cm <sup>-1</sup> ]	Standard- abweichung, volumspez. Oberfläche [cm <sup>-1</sup> ]
Mahlprodukt	2106	305	7562	1097
Rückgut	2366	133	8470	475
Endprodukt	2227	285	7972	1020

Tab.4.2: Spezifische Oberflächen des Produkts SM3; Windsichtereinstellung 90/30; Versuch: Grobmehlerzeugung.

	Massespez. Oberfläche Arithmet. Mittel [cm <sup>2</sup> /g]	Standard- abweichung Massespez. Oberfläche [cm <sup>2</sup> /g]	Volumsspez. Oberfläche Arithmet. Mittel [cm <sup>-1</sup> ]	Standard- abweichung, volumspez. Oberfläche [cm <sup>-1</sup> ]
Mahlprodukt	2260	60	8112	217
Rückgut	3203	194	12308	759
Endprodukt	2665	323	9540	1158

Tab.4.3: Spezifische Oberflächen des Produkts SM3; Windsichtereinstellung 100/30; Versuch: Grobmehlerzeugung.

Die Oberflächenwerte weisen innerhalb eines Produktes beträchtliche Schwankungen auf. Während Blaine-Messgerät und Permaran-Gerät innerhalb einer Probe durchgehend Unterschiede von unter 5% der Messwerte liefern, ergeben zwei verschiedene Proben eines Produktes sehr unterschiedliche Ergebnisse, wie auch bei der statistischen Auswertung zu erkennen ist (Tabelle 4.2 und 4.3 Standardabweichung). So ergeben beispielsweise zwei Proben des Endproduktes (WS 100/30) bei der Messung mit dem Permaran-Gerät 8794 und 10892 cm<sup>-1</sup>.

Außerdem sind die Oberflächenwerte für das Rückgut von den Erwartungen abweichend. Dieses Material weist von allen Produkten die größten Korngrößen auf. Laut Oberflächenbestimmung hat das Rückgut im Vergleich mit Mahl- und Endprodukt die größten Oberflächenwerte.

Die Einzelwerte sind in Anhang B: Tabellen ersichtlich.

#### 4.2.5 Verweilzeit

Um das Verweilzeitverhalten der Mühle herauszufinden wurde versucht, anhand eines in eine Mahlcharge eingebrachten Fremdmaterials die Dauer der Nachweisbarkeit dieses Materials festzustellen.

Da dieser Versuch während des Normalbetriebszustands der Mahlanlage stattfand, war die Wahl des eingesetzten Fremdmaterials begrenzt.

Um die Qualität des Mahlguts möglichst wenig zu beeinträchtigen, sollte sich das Fremdmaterial möglichst wenig von der Mahlcharge unterscheiden, also keine wesentliche Unterschiede in Chemismus und Verarbeitungseigenschaften zeigen.

Andererseits erschwerten diese Einschränkungen die Nachweisbarkeit des Fremdmaterials im Versuch.

Der Versuch wurde während einer Mahlcharge des Materials Sinter 3A durchgeführt. Als Fremdmaterial wurde SM 2, Schmelzmagnesia mit einem MgO Gehalt von 98% in einer Gesamtmenge von 2,1t verwendet.

Zuerst wurde etwa 30 Minuten lang Sinter 3A mit einem Massestrom von 13,7t/h gemahlen. Nachdem der Aufgabebunker geleert war, wurde auf das Material SM 2 umgestellt. Diese Umstellung dauerte eine Minute lang, während dieser Zeit wurde kein Frischgut auf die Mühle aufgegeben.

Nun wurden innerhalb von 12 Minuten und 30 Sekunden 2,1t SM 2 vermahlen. Nach einer erneuten Umstellphase von einer Minute, wurde weiter das Material Sinter 3A vermahlen.

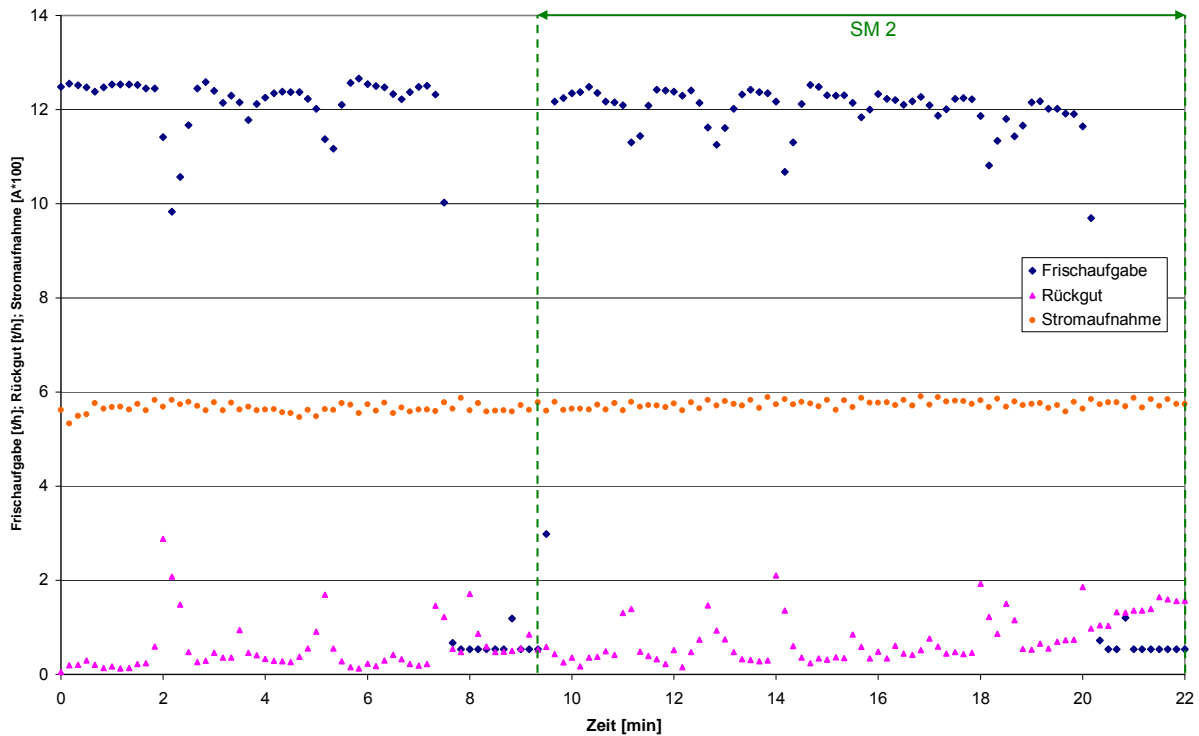


Abb. 4.27: Masseströme von Frischaufgabe und Rückgut [t/h], und Stromaufnahme [A\*100]. Versuch: Verweilzeit. Mahlung von SM 2 innerhalb der durch zwei strichlierte grüne Linien begrenzten Zeit.

Tatsächlich wurde die chemische Ähnlichkeit der Materialien Sinter 3A und SM 2 zu einem Problem. Der Unterschied zwischen den beiden besteht im Auftreten von  $P_2O_3$ ,  $MnO$ ,  $CaO$ , und  $SiO_2$  in geringen Gehalten. Das Vorhandensein von Rückständen anderer Materialien in der Mühle könnte die Gehalte dieser Oxide, die ohnehin schon einen Masseanteil von unter ein Prozent einnehmen, verfälschen. Auch geringe Schwankungen der chem. Zusammensetzung dieser Rohstoffe sind nicht auszuschließen. Das lässt nur vage Aussagen hinsichtlich der Nachweisbarkeit des SM 2 zu.

Die Verweilzeit des Mahlgutes beträgt also zwischen 20 und 40 Minuten. Genauere Angaben können aufgrund obiger Argumente nicht gemacht werden.



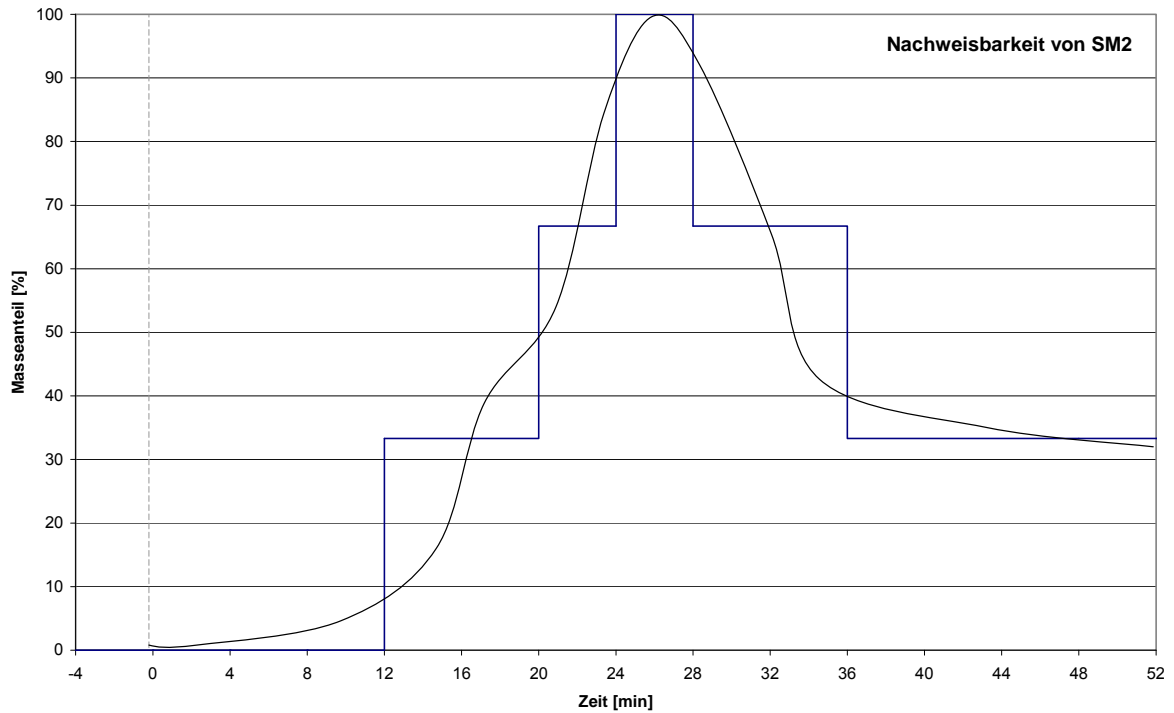


Abb. 4.28: Nachweisbarkeit des SM 2. Versuch: Verweilzeit; Ermittelt am P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Gehalt.

Proben#	Masse [%]							Zeit [min]	Masse [%] SM 2
	SiO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
V1	0,26	0,88	0,46	0,11	0,02	0,10	0,01	-4	0
V2	0,22	0,87	0,46	0,11	0,02	0,10	0,01	0	0
V3	0,20	0,87	0,47	0,11	0,02	0,10	0,01	4	0
V4	0,19	0,86	0,46	0,11	0,02	0,10	0,01	8	0
V5	0,20	0,89	0,46	0,11	0,02	0,10	0,02	12	33,3
V6	0,25	0,92	0,46	0,11	0,02	0,09	0,02	16	33,3
V7	0,27	0,95	0,46	0,11	0,02	0,08	0,03	20	66,7
V8	0,29	0,96	0,46	0,11	0,02	0,08	0,04	24	100
V9	0,28	0,97	0,47	0,11	0,02	0,08	0,03	28	66,7
V10	0,25	0,92	0,46	0,10	0,02	0,08	0,03	32	66,7
V11	0,22	0,90	0,46	0,11	0,02	0,09	0,02	36	33,3
V12	0,19	0,87	0,46	0,11	0,02	0,09	0,02	40	33,3
V13	0,18	0,87	0,46	0,11	0,02	0,09	0,02	44	33,3
V14	0,17	0,85	0,45	0,11	0,02	0,10	0,02	48	33,3
V15	0,18	0,87	0,47	0,11	0,02	0,10	0,02	52	33,3

Tab.4.4: Chemische Analysen des Verweilzeitversuchs. Material Sinter 3A, SM 2.

#### 4.2.6 Mehlfineinheit während eines Chargenwechsels

Während des Wechsels von eisenreichem auf eisenarmen Magnesiasinter ist es aus Qualitätsgründen notwendig, die Mühle leer zu fahren und eine Stunde lang auszumahlen.

Während des Ausmahlens, so die Vermutung, wird das Mehl feiner gemahlen, da bereits gemahlene Gut nicht mehr durch nachkommendes Aufgabegut verdrängt und aus der Mühle ausgetragen wird.

Während eines Chargenwechsels mit leeren der Mühle wurde alle fünf Minuten eine Einzelprobe des Endprodukts gezogen.

Das wurde in der ersten halben Stunde während des Einmahlens der Mühle fortgesetzt, um festzustellen, wie lange es dauert, bis das Mehl nach dem Chargenwechsel die geforderte Mehlfineinheit erreicht.

Der Wechsel erfolgte vom Material Z-Sinter (Massestrom: 13t/h) auf das Material 95 F (Massestrom: 14,9t/h). Nach dem Aufgabestopp auf die Mühle wurde die Mühle leergefahren. Dieser Vorgang dauert etwa 15 Minuten. Anschließend wurde die Mühle eine Stunde lang ausgemahlen. Nach dem Chargenwechsel dauerte es etwa eine halbe Stunde, bis die Mahlanlage ihren Betriebszustand erreicht hat.

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die Durchgangswerte [%] bei einer Korngröße von 63µm in Abhängigkeit der Zeit [min] und der Anzahl der entnommenen Proben [1].

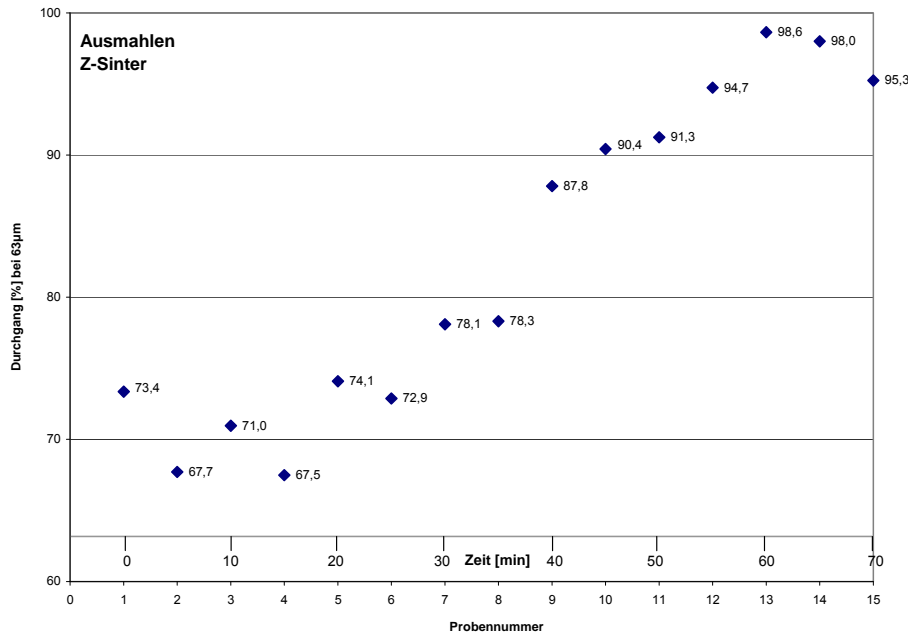


Abb. 4.29: Durchgang [%] bei der Korngröße 63µm während des Ausmahlvorgangs. Beginn der Messung bei Zeit [min]=0

Die Mühle wurde von einem ursprünglichen Aufgabemassestrom (Z-Sinter) von 13t/h, auf 0t/h leergefahren. Nach dem Ausmahlen der Mühle wurde das Material 95 F mit 14,9 t/h aufgegeben.

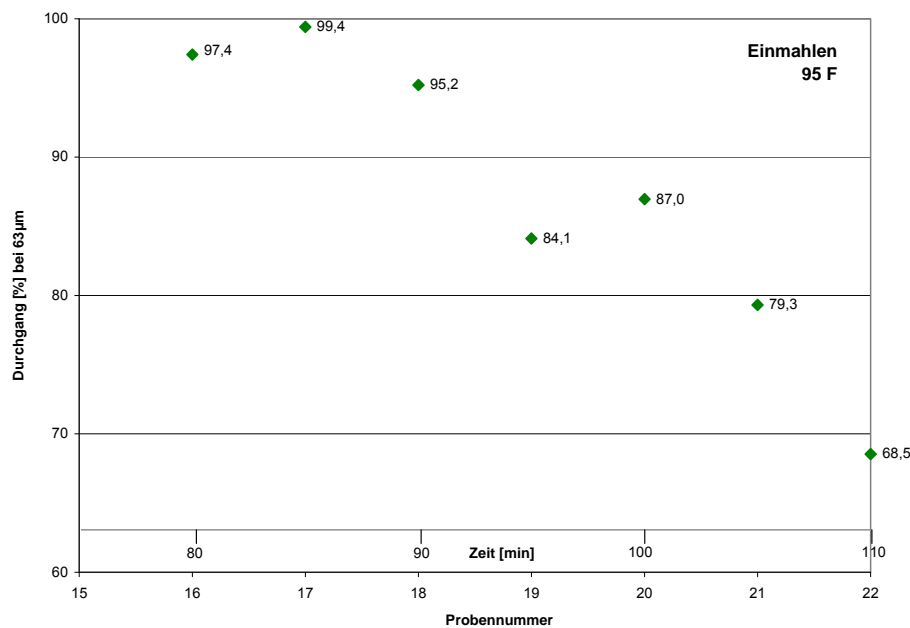


Abb. 4.30: Durchgang [%] bei der Korngröße 63µm während des Einmahlvorgangs. Es wurde die erste halbe Stunde nach dem Chargenwechsel beprobt.

Auch am Ende des Ausmahlvorgangs, nach einer Stunde konnte noch ein stetiger Materialfluss an den Probenahmestellen Mahlprodukt und Endprodukt festgestellt werden. Durch die Zeitverzögerung mit welcher der Filterstaub dem Endprodukt zugeführt wird (diskontinuierliches Abklopfen des Filters und Förderung in den zwei Schnecken), stellt der Filterstaub vor allem in der letzten halben Stunde des Ausmahlvorgangs vermutlich einen beträchtlichen Anteil der Probe. Beweisen lässt sich das jedoch nicht, da eine objektive massestrombezogene Beprobung des Filterstaubs nicht möglich war.

Das Vorhandensein von Z-Sinter im Produkt 95 F lässt sich optisch auch noch 30 Minuten nach dem Chargenwechsel feststellen. Erst nach dieser Zeit erreicht das Material 95 F die Helligkeit des Reinmaterials.

Aufgrund der Erkenntnisse in Kapitel 4.2.3 bezüglich der Abweichungen der Lasergranulometrie von der Luftstrahlsiebung sind die Einzelwerte in Abb. 4.22 und 4.23 kritisch zu beurteilen. Dennoch kann man mit Sicherheit sagen, dass die Mehlfineinheit während des Ausmahlvorgangs zunimmt.

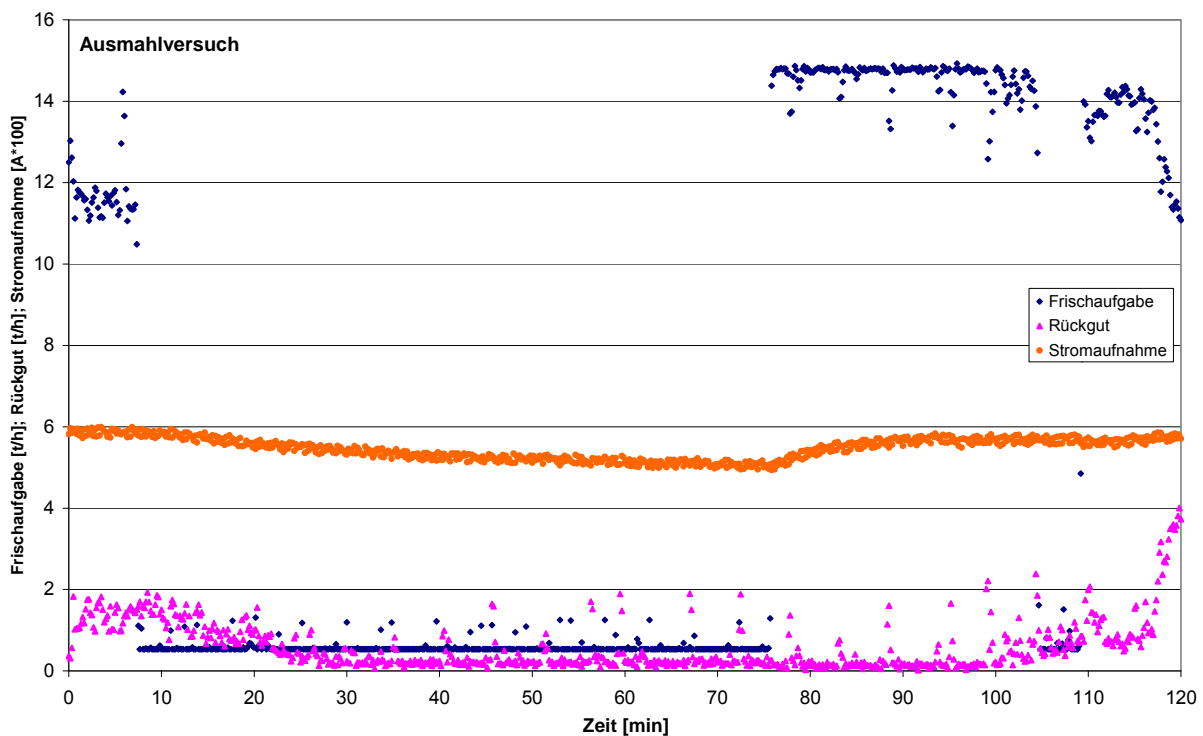


Abb. 4.31: Masseströme von Frischaufgabe und Rückgut [t/h], und Stromaufnahme [A\*100]. Versuch: Chargenwechsel mit Leerfahren und Ausmahlen der Mühle.

## 5. Resümee

### Grobmehlerzeugung:

Mit der Einstellung 90/30 des Windsichters (90% Ventilatorleistung, 30% der Nenndrehzahl der Gegenflügel) befindet sich dieser an der maximal zu erreichbaren Trennschnittlage. Ein weiteres Erhöhen der Ventilatorleistung führt zum Stillstand durch Überlastung. Ein erneutes Reduzieren der Gegenflügeldrehzahl führt vermutlich zu stärkeren Schwankungen des Rückgutmassesstroms. Außerdem werden nur 4 von 12 Gegenflügeln verwendet, eine weitere Reduktion auf drei ist möglich. Laut Hersteller des Windsichters ist von einer vollständigen Entnahme der Gegenflügel abzuraten, da diese die Stabilität der Masseströme beeinträchtigt.

Eine Erhöhung des Massestroms der Aufgabe auf die Mühle ist mit einer entsprechenden Überbeladung des Windsichters verbunden. Dieser wurde für einen Massestrom von 12t/h ausgelegt. Bei einer Massestromerhöhung auf 18t/h, wie es bei dem Grobmehlerzeugungsversuch der Fa. RHI AG im September 2006 gemacht wurde, hat somit eine Überbeladung von 33% zur Folge.

Bei dem Grobmehlerzeugungsversuch im Zuge dieses Projektes wurde der Massestrom auf 16t/h erhöht. Im Vergleich zu dem Versuch mit 18t/h war das Endprodukt bei diesem Versuch gröber. Die Überbeladung hat vermutlich eine zunehmend ungenauere Trennung zur Folge, was bei einem Massestrom von 18t/h stärker zu tragen kommt, als bei 16t/h.

Angesichts der widersprüchlichen Ergebnisse von Lasergranulometrie und Luftstrahlsiebung, wie im Kapitel 4.2.3 beschrieben, muss von einem Scheitern des Versuchs der Grobmehlerzeugung ausgegangen werden.

Aufgrund obiger Argumente bezüglich Windsichtereinstellung und Beladung ist eine stabile Grobmehlerzeugung mit den vorhandenen Aggregaten wohl nicht möglich. Diese ist nur durch bauliche Maßnahmen wie Umgehung des Sichters und eventuell einer zusätzlichen Klassiereinrichtung des Rückguts (Abscheidung von Spritzkorn) umzusetzen.

## Prozessstabilität

Wie in den obigen Kapiteln beschrieben, werden an der Mühle viele verschiedene Materialien gemahlen, die sich hinsichtlich Aufgabekorngrößen, natürlicher Bruchcharakteristik und Anforderungen an die Produktfeinheit voneinander unterscheiden. Zusätzlich können auch die Aufgabekorngrößen innerhalb eines Produktes variieren. Der Massestrom der Aufgabe wird dem jeweiligen Zustand der Gattierung angepasst. Zwischen der Mahlung einzelner Materialien muss die Mühle ausgemahlen werden, oder es erfolgt eine Schwemmung (nach dem Leerfahren des Aufgabebunkers, wird eine halbe Stunde lang, während des Übergangs von einem aufs nächste Material, das Mahlprodukt in den Bunker mit der geringeren Qualität gefahren).

Die hier genannten Beispiele stellen alle Variablen dar, die Einfluss auf die Prozessstabilität haben können. Zusätzlich dauert eine Mahlcharge oft nur ein bis zwei Stunden lang, bevor der Wechsel zum nächsten Material erfolgt.

Es ist deshalb nicht erstaunlich, dass die Durchgangswerte der einzelnen Mahlchargen desselben Produktes starken Schwankungen unterliegen.

Die Erhöhung der Mahlfeinheit während des Ausmahlens der Mühle führt bei der geringen Bunkerkapazität von 25t dazu, dass mehrere Tonnen zu feines Material direkt in den Produktionsprozess gelangen.

Eine Stabilisierung des Prozesses ist nur durch eine Stabilisierung der Prozessbedingungen und durch die Installation einer Homogenisiereinrichtung möglich.

Wenn weiterhin so viele verschiedene Materialien an derselben Mahlanlage gemahlen werden sollen, so wären konstante Bedingungen innerhalb eines Produktes von großem Vorteil, als konstante Aufgabekorngröße eines Produktes, Austesten von Massestrom und Windsichtereinstellung für dieses Produkt und möglichst große Mahlchargen, um die Übergangsphasen gering zu halten.

Zusätzlich wäre für Materialien, die während eines Aus- oder Einmahlvorgangs gemahlen werden eine Homogenisierung des Endproduktes wichtig.

Beide eben genannten Punkte sind nur durch eine Erhöhung der Produktbunkerkapazitäten sinnvoll umzusetzen.

## ANHANG A

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Sinter 3A; Eingangsprobe nach Siebung.	4
Abb. 2.2: SM3; Eingangsprobe nach Siebung.	5
Abb. 2.3: Z-Sinter; Eingangsprobe nach Siebung.	6
Abb. 2.4: Korngrößenverteilungen der Eingangsproben.	7
Abb. 2.5: Prinzip eines Schrittes aus der energieoptimierten Zerkleinerungskette.	8
Abb. 2.6: Zerkleinerungsstammbaum der optimierten Zerkleinerungskette.	10
Abb. 2.7: Natürliche Bruchcharakteristik des Sinter 3A. Dargestellt im GGS-Netz.	13
Abb. 2.8: Natürliche Bruchcharakteristik des SM 3. Dargestellt im GGS-Netz.	13
Abb. 2.9: Natürliche Bruchcharakteristik des Z-Sinters.	14
Abb. 2.10: Rittinger Geraden der Materialien Sinter 3A, SM 3, Z-Sinter.	15
Abb. 2.11: Work-Indizes der Materialien Sinter 3A, SM 3, Z-Sinter in [kWh/t].	15
Abb. 2.12: Natürliche Bruchcharakteristik des Z-Sinters	16



Abb. 2.13: Darstellung der Ergebnisse der Mahlbarkeitsanalyse, durch $\Delta e$ und $k_{80}$ der Zerkleinerungsstufen. Material: Sinter 3A	17
Abb. 2.14: Darstellung der Ergebnisse der Mahlbarkeitsanalyse, durch $\Delta e$ und $k_{80}$ der Zerkleinerungsstufen. Material: SM 3	17
Abb. 2.15: Darstellung der Ergebnisse der Mahlbarkeitsanalyse, durch $\Delta e$ und $k_{80}$ der Zerkleinerungsstufen. Material: Z-Sinter	18
Abb. 2.16: Vergleich Handsiebung – Lasergranulometrie anhand der Fraktion 0,2/0,1mm. Material: Sinter 3A.	20
Abb. 2.17: Vergleich Luftstrahlsiebung – Lasergranulometrie anhand der Fraktion 0,1/0,04mm. Material: Sinter 3A.	20
Abb. 2.18: Vergleich Handsiebung – Lasergranulometrie anhand der Fraktion <0,04mm. Material: Sinter 3A.	21
Abb. 2.19: Vergleich Handsiebung – Lasergranulometrie, rechnerisch vervollständigte Korngrößenklasse 0,2/0mm. Material: Sinter 3A.	21
Abb. 3.1: Fließbild der Mahlanlage Fa. RHI AG, Werk Veitsch.	23
Abb. 3.2: Innenansicht der Mühle mit Auskleidung und Austragsrost.	25
Abb. 3.3: Funktionsprinzip des Windsichters SUV 2800 der Fa. Gebr. Pfeiffer	27

Abb. 4.1: Fließbild der Mahlanlage, Werk Veitsch mit den geplanten Probenahmestellen	29
Abb. 4.2: Probenehmer	32
Abb. 4.3: Probenahmestelle 5; Endprodukt	32
Abb. 4.1: Sinter 3A. Darstellung der Korngrößenverteilung der Einzelprobe 1.	34
Abb. 4.2: Sinter 3A. Darstellung der Korngrößenverteilung der Einzelprobe 2.	36
Abb. 4.3: Sinter 3A. Darstellung der Korngrößenverteilung der Einzelprobe 3.	36
Abb. 4.4: Sinter 3A. Darstellung der Korngrößenverteilung des arithmetischen Mittels der Einzelproben.	37
Abb. 4.5: SM 3. Darstellung der Korngrößenverteilung der Einzelprobe 1.	38
Abb. 4.6: SM 3. Darstellung der Korngrößenverteilung der Einzelprobe 2.	38
Abb. 4.7: Darstellung der Korngrößenverteilung des arithmetischen Mittels der Einzelproben.	39
Abb. 4.8: Teilungskurve des Windsichters SUV 2800; ermittelt am Material Sinter 3A (Lasergranulometrie).	40
Abb. 4.9: Korngrößenverteilung Sinter 3A Mahlprodukt.	41

Abb. 4.10: Korngrößenverteilung Sinter 3A Mahlprodukt.	42
Abb. 4.11: Korngrößenverteilung Sinter 3A Rückgut.	43
Abb. 4.12 : Korngrößenverteilung Sinter 3A Rückgut. Darstellung im linearen Netz.	44
Abb. 4.13: Korngrößenverteilung Sinter 3A Endprodukt.	45
Abb. 4.14: Korngrößenverteilung Sinter 3A Endprodukt.	46
Abb.4.4a: Probenahmeplan neu	48
Abb. 4.15: Masseströme von Frischaufgabe und Rückgut	49
Abb. 4.16: Korngrößenverteilung der beprobten Gutströme	49
Abb. 4.17: Korngrößenverteilung der beprobten Gutströme	50
Abb. 4.18: Korngrößenverteilung der beprobten Gutströme	50
Abb. 4.8: Teilungskurve des Windsichters SUV 2800; ermittelt am Material Sinter 3A (Laserg granulometrie).	51
Abb. 4.19: Masseströme von Frischaufgabe und Rückgut	53
Abb. 4.20: Korngrößenverteilung der beprobten Gutströme	54

Abb. 4.21: Korngrößenverteilung der beprobten Gutströme	54
Abb. 4.22: Korngrößenverteilung der beprobten Gutströme	55
Abb. 4.23: Korngrößenverteilung der beprobten Gutströme	55
Abb. 4.24: Korngrößenverteilung der beprobten Gutströme	56
Abb. 4.25: Korngrößenverteilung der beprobten Gutströme	56
Abb. 4.26: Teilungskurve des Windsichters SUV 2800; ermittelt am Material SM 3	58
Abb. 4.27: Masseströme von Frischaufgabe und Rückgut	61
Abb. 4.28: Nachweisbarkeit des SM 2. Versuch: Verweilzeit; Ermittelt am $P_2O_3$ Gehalt.	62
Abb. 4.29: Durchgang [%] bei der Korngröße $63\mu m$ während des Ausmahlvorgangs.	64
Abb. 4.30: Durchgang [%] bei der Korngröße $63\mu m$ während des Einmahlvorgangs.	64
Abb. 4.31: Masseströme von Frischaufgabe und Rückgut	65

## Formelverzeichnis

Drehmomentenmessung an der Laborkugelmühle:

$$\bar{M} = \frac{1}{T} \int M(t) dt$$

Gl. 1

$$\bar{P} = \bar{M} * \omega$$

Gl. 2

$$\bar{E} = \bar{M} * U$$

Gl. 3

Mühlenformel nach Steiner:

$$\Delta e = c_p \cdot g \cdot D \cdot M_{MK} \cdot \frac{U}{F}$$

$c_p$ ... Leistungsfaktor: Zahlenwert: 1,1  
 $U/F$ ... 1 / spezifische Feingutbildung [U/g]  
 $D$ ... Durchmesser Mühle [m]  
 $M_{MK}$ ... Masse der Mahlkörper [kg]

Gl. 4

Work-Index nach Bond:

$$w_i = \frac{\Delta e}{\sqrt{\frac{k_{80,B}}{k_{80,P}} - \frac{k_{80,B}}{k_{80,A}}}}$$

$k_{80,A}$ ... k80 Wert der Aufgabe [ $\mu\text{m}$ ]  
 $k_{80,P}$ ... k80 Wert der Produkt [ $\mu\text{m}$ ]  
 $k_{80,B}$ ... 100 [ $\mu\text{m}$ ]

Gl. 5

$$P_n = c_p * M_k * g * D_i * n$$

$$P_n = 1,1 * 27500 * 10 * 2,31 * 20,5 / 60$$

$c_p$ ... Leistungszahl  
 $M_k$ ... Masse der Mahlkörper [kg]  
 $D_i$ ... Innendurchmesser der Mühle [m]  
 $n$ ... Mühlendrehzahl [U/s]

Gl. 6

$$P_n = c_p * M_{G,k} * g * D_i * n$$

$$P_n = 1,1 * 34000 * 10 * 2,31 * 20,5 / 60$$

$c_p$ ... Leistungszahl  
 $M_{G,k}$ ... Masse der Mahlkörper [kg]  
 $D_i$ ... Innendurchmesser der Mühle [m]  
 $n$ ... Mühlendrehzahl [U/s]

Gl. 6a

$$n_c = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2 \cdot g}{D}}$$

D... Durchmesser der Mühle (m)

Gl. 7

$$\frac{M_2}{M_1} = \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^n$$

M<sub>2</sub>... Massestrom 2

M<sub>1</sub>... Massestrom 1; M<sub>1</sub>=13,4t/h

D<sub>1</sub>... Durchgang bei 63µm (gemittelt aus den Durchschnittswerten des Durchgangs im Betrieb, während 6 Monate; D<sub>1</sub>=72%)

D<sub>2</sub>... Durchgang bei 63µm angestrebt für Versuch  
Grobmehlerzeugung; D<sub>2</sub>=60%

## Tabellenverzeichnis

Tab.2.1: Kennwerte der Magnesia (Eingangspalten).	6
Tab.2.2: Abmessungen und Kennwerte der Zerkleinerungsaggregate am Institut für Aufbereitung und Veredlung.	9
Tab.2.3: Kornformfaktoren der untersuchten Materialien	18
Tab.3.1: Gattierung der Mühle	25
Tab.3.2: Spezifischer Energieverbrauch der an der 9to-Mühle gemahlten Materialien (Berechnung über gesamte Mahlanlage inkl Windsichter).	26
Tab.4.1: Spezifische Oberflächen des Produkts Sinter 3A; Windsichtereinstellung 40/40; Versuch: Ist-Zustandsanalyse neu;	51
Tab.4.2: Spezifische Oberflächen des Produkts SM3; Windsichtereinstellung 90/30; Versuch: Grobmehlerzeugung.	58
Tab.4.3: Spezifische Oberflächen des Produkts SM3; Windsichtereinstellung 100/30; Versuch: Grobmehlerzeugung.	59
Tab.4.4: Chemische Analysen des Verweilzeitversuchs. Material Sinter 3A, SM 2.	62

## Literatur:

- [1] P. Wichert; Untersuchungen zur Gestaltung eines Mahlbarkeitsprüfverfahrens, Dissertation am Institut für Aufbereitung und Veredlung, Leoben; 1977
- [2] A. Böhm, H. Flachberger; Überblick über Methoden der Mahlbarkeitsprüfung, BHM Band 151 - Heft 6; 2006
- [3] A. Böhm, R. Mayerhofer, W. Oefner; Energy for rock breakage (EU Project Less Fines; 2006
- [4] H.J. Steiner, Zerkleinerungsvorgänge im Bergbau und in der Aufbereitung – ein Vergleich; BHM, Band 140 – Heft 6; 1995
- [5] H.J. Steiner, Zerkleinerungstechnische Eigenschaften von Gesteinen. Heft Sonderdruck aus Felsbau 16, 1998 - Nr. 5.



## ANHANG B

Maschenweite [mm]	Masse [kg]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.
20,00	0,000	0,0	0,0	100,0	-
16,00	0,000	0,0	0,0	100,0	0,00
10,00	20,612	60,5	60,5	39,5	1,98
6,30	11,468	33,7	94,1	5,9	4,13
0,00	1,996	5,9	100,0	0,0	-
<b>Summe:</b>	<b>34,076</b>	<b>100,0</b>			

Maschenweite [mm]	Masse [g]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.
6,30	0,0	0,0	0,0	100	-
4,00	1131,00	56,7	56,7	43,3	1,84
2,00	563,91	28,3	85,0	15,0	1,53
1,00	152,70	7,7	92,6	7,4	1,03
0,50	58,80	2,9	95,6	4,4	0,74
0,10	53,70	2,7	98,3	1,7	0,58
0,00	34,50	1,7	100,0	0,0	-
<b>Summe:</b>	<b>1994,61</b>	<b>100,0</b>			

Maschenweite [mm]	Masse [g]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.
20,00	0,00	0,0	0,00	100,00	-
16,00	0,00	0,0	0,00	100,00	0,00
10,00	20612,00	60,5	60,49	39,51	1,98
6,30	11468,00	33,7	94,15	5,85	4,13
4,00	1131,00	3,3	97,47	2,53	1,84
2,00	563,91	1,7	99,12	0,88	1,53
1,00	152,70	0,4	99,57	0,43	1,03
0,50	58,80	0,2	99,74	0,26	0,74
0,10	53,70	0,2	99,90	0,10	0,58
0,00	34,50	0,1	100,00	0,00	-
<b>Summe:</b>	<b>34074,61</b>	<b>100,0</b>			

**Schüttdichte der Eingangsprobe**

lose			gerüttelt		
Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
6212	3350	1,85	6786	3350	2,03

Dispersitätsanalyse  
Korngrößenverteilung und Schüttdichte  
der Eingangsprobe Sinter 3A

Sinter 3A

Tabelle

Maschenweite [mm]	Masse [kg]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.
63,00	0,000	0,0	0,00	100,00	-
50,00	1,258	3,5	3,46	96,54	0,15
40,00	2,136	5,9	9,33	90,67	0,28
31,50	7,478	20,6	29,90	70,10	1,08
20,00	14,366	39,5	69,40	30,60	1,83
16,00	3,038	8,4	77,76	22,24	1,43
10,00	4,362	12,0	89,75	10,25	1,65
6,30	1,880	5,2	94,92	5,08	1,52
0,00	1,846	5,1	100,00	0,00	-
<b>Summe:</b>	<b>36,364</b>	<b>100,0</b>			

Maschenweite [mm]	Masse [g]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.
6,30	0,0	0,0	0,0	100	-
4,00	768,72	41,7	41,7	58,3	1,19
2,00	572,84	31,1	72,8	27,2	1,10
1,00	288,53	15,6	88,4	11,6	1,23
0,50	102,32	5,5	93,9	6,1	0,94
0,10	71,11	3,9	97,8	2,2	0,63
0,00	40,49	2,2	100,0	0,0	-
<b>Summe:</b>	<b>1844,01</b>	<b>100,0</b>			

Maschenweite [mm]	Masse [g]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.
63,00	0,00	0,00	0,00	100,00	-
50,00	1258,00	3,46	3,46	96,54	0,15
40,00	2136,00	5,87	9,33	90,67	0,28
31,50	7478,00	20,57	29,90	70,10	1,08
20,00	14366,00	39,51	69,41	30,59	1,83
16,00	3038,00	8,35	77,76	22,24	1,43
10,00	4362,10	12,00	89,76	10,24	1,65
6,30	1880,00	5,17	94,93	5,07	1,52
4,00	768,72	2,11	97,04	3,0	1,19
2,00	572,84	1,58	98,62	1,4	1,10
1,00	288,53	0,79	99,41	0,6	1,23
0,50	102,32	0,28	99,69	0,3	0,94
0,10	71,11	0,20	99,89	0,1	0,63
0,00	40,49	0,11	100,00	0,0	-
<b>Summe:</b>	<b>36362,11</b>	<b>100,0</b>			

Schüttdichte der Eingangprobe; gesamt

lose			gerüttelt		
Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
12060	6618	1,82	12060	6188	1,95

Schüttdichte der Eingangprobe; KG 40/6,3 (Brecheraufgabe)

lose			gerüttelt		
Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
7782	4550,5	1,71	7782	4248,5	1,83

Dispersitätsanalyse  
Korngrößenverteilung und Schüttdichte  
der Eingangprobe SM3

SM3  
Tabelle

Maschenweite [mm]	Masse [g]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.
10,00	0,00	0,0	0,0	100,0	
6,30	413,49	5,4	5,4	94,6	0,12
4,00	1180,00	15,34	20,7	79,3	0,39
2,00	2113,00	27,48	48,2	51,8	0,61
1,00	3154,00	41,01	89,2	10,8	2,26
0,50	766,20	10,0	99,2	0,8	3,70
0,10	47,91	0,6	99,8	0,2	0,86
0,00	15,91	0,2	100,0	0,0	-
<b>Summe:</b>	<b>7690,51</b>	<b>100,0</b>			

**Schüttdichte der Eingangprobe; gesamt**

lose			gerüttelt		
Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
973,5	515	1,89	973,5	440	2,21

Dispersitätsanalyse  
Korngrößenverteilung und Schüttdichte  
der Eingangprobe Z-Sinter

Z-Sinter

Tabelle

**Backenbrecher:** Fa. Retsch BB200 Mangan Antriebsleistung: 1500 W

charakteristische Maschinendaten:	gemessener Wert [mm]			arithmet. M.	gemessen mit:	Bemerkungen
	1	2	3			
Spaltbreite:	100	-	-	100	Maßband	
CSS:	6,4	6,3	6,7	6,5	Bissabdruck/Schiebelehre	Closedside Setting
OSS:	30	-	-	30		Openside Setting
Maulbreite:	100	-	-	100		entspr. Spaltbreite
Maulweite (CSS):		-	-			
Maulweite (OSS):	100	-	-	100	Maßband	
Zahnhöhe:	7,4	7,6	7,5	7,5	Stichmaß/Schiebelehre	
Zahnbreite:	20	-	-	20	Maßband	
Hubzahl (U/s):	2,4	2,4	-	2,4	Stoppuhr (30 s)	

**Probenbeschreibung:** synth. Magnesiasinter Niederlande (Nedmag) Aufgegebene Korngrößenklasse: 16/6,3 mm  
**Probemasse:** 31938 g

Zyklus	Aufgabe [g]	Feingut (<6,3mm) [g]	Grobgut (>6,3mm) [g]	Σ		Zeit [s]	Durchsatzleistung [g/s]	Verluste [g]	Umlaufende Last [%]
				Aufgabe [g]	Feingut [g]				
1	31938	28354	3584	31938	28354	647	49	0	12,64
2	3584	2770	812	35522	31124	39	92	2	29,31
3	812	562	250	36334	31686	11	74	0	44,48
	<b>36334</b>	<b>31686</b>	<b>4646</b>						

**Schüttdichte des Brecherproduktes 6,3/1 mm**

lose			gerüttelt		
Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
973	500	1,95	1073	500	2,15

Dispersitätsanalyse  
 Zerkleinerung im Backenbrecher BB200 Mangan  
 Maschinendaten und Schüttdichte des Brecherprodukts

Sinter 3A

Tabelle

**Backenbrecher:** Fa. Retsch BB200 Mangan Antriebsleistung: 1500 W

charakteristische Maschinendaten:	gemessener Wert [mm]			arithmet. M.	gemessen mit:	Bemerkungen
	1	2	3			
Spaltbreite:	100	-	-	100	Maßband	
CSS:	6,1	6,3	6,2	6,2	Bissabdruck/Schiebelehre	Closedside Setting
OSS:	30	-	-	30		Openside Setting
Maulbreite:	100	-	-	100		entspr. Spaltbreite
Maulweite (CSS):		-	-			
Maulweite (OSS):	100	-	-	100	Maßband	
Zahnhöhe:	7,4	7,6	7,5	7,5	Stichmaß/Schiebelehre	
Zahnbreite:	20	-	-	20	Maßband	
Hubzahl (U/s):	2,4	2,4	-	2,4	Stoppuhr (30 s)	

**Probenbeschreibung:** Schmelzmagnesia SM3  
**Probemasse:** 31056 g Aufgegebene Korngrößenklasse: 40/6,3 mm

Zyklus	Aufgabe [g]	Feingut (<6,3mm) [g]	Grobgut (>6,3mm) [g]	Σ Aufgabe [g]	Σ Feingut [g]	Zeit [s]	Durchsatzleistung [g/s]	Verluste [g]	Umlaufende Last [%]
1	31056	24806	6248	31056	24806	600,05	52	2	25,19
2	6248	3710	2538	37304	28516	56,91	110	0	68,41
3	2538	1434	1102	39842	29950	24,37	104	2	76,85
	39842	29950	9888						

**Schüttdichte des Brecherproduktes 6,3/1 mm**

lose			gerüttelt		
Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
920	500	1,84	942	440	2,14

Dispersitätsanalyse  
 Zerkleinerung im Backenbrecher BB200 Mangan  
 Maschinendaten und Schüttdichte des Brecherprodukts

SM3

Tabelle

Maschenweite [mm]	Masse [g]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.	Bemerkungen
6,3	0,0	0,0	0,0	100		
4	2576,0	32,5	32,5	67,5	0,86	Probenteilung durch Riffelteiler Siebung mit 1/4 Teilprobe
2	1697,0	21,4	53,9	46,1	0,55	
1	1074,0	13,5	67,4	32,6	0,50	
0	2583,0	32,6	100,0	0,0	-	
<b>Summe:</b>	<b>7930,0</b>	<b>100,0</b>				

Maschenweite [mm]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.	
1	0,0	0,0	100	-	Probeteilung durch Ladenschaufel Siebung mit 1/4 Teilprobe
0,5	31,8	31,8	68,2	0,55	
0,315	16,1	47,9	52,1	0,58	
0,2	12,0	59,9	40,1	0,58	
0,1	13,2	73,1	26,9	0,58	
0,04	7,1	80,2	19,8	0,34	
0	19,8	100,1	-0,1	-	
<b>Summe:</b>	<b>100,1</b>				

Maschenweite [mm]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.
6,3	0,0	0,00	100,00	-
4,0	32,5	32,48	67,52	0,86
2,0	21,4	53,88	46,12	0,55
1,0	13,5	67,43	32,57	0,50
0,5	10,4	77,78	22,22	0,55
0,3	5,2	83,02	16,98	0,58
0,2	3,9	86,93	13,07	0,58
0,1	4,3	91,22	8,78	0,57
0,0	2,3	93,54	6,46	0,33
0,0	6,5	100,00	0,00	-
<b>Summe:</b>	<b>100,0</b>			

Luftstrahlsieb: 20,02 g  
Grobgut: 14,5 g  
Masseverlust: 5,52 g  
Masseverlust: 27,57 %

Dispersitätsanalyse Korngrößenverteilung des Brecherproduktes Ermittelt durch Hand- und Luftstrahlsiebung	Sinter 3A Tabelle
---	----------------------

Maschenweite [mm]	Masse [g]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.	Bemerkungen
6,3	0,0	0,0	0,0	100		
4,0	1920,0	26,0	26,0	74,0	0,66	Probenteilung durch Riffelteiler Siebung mit 1/4 Teilprobe
2,0	1455,0	19,7	45,7	54,3	0,45	
1,0	1100,0	14,9	60,6	39,4	0,46	
0,0	2905,0	39,4	100,0	0,0	-	
<b>Summe:</b>	<b>7380,0</b>	<b>100,0</b>				

Maschenweite [mm]	Masse [g]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.	Bemerkungen	
1	0,0	0,0	0,0	100	-	Probenteilung durch Ladenschaufel Siebung mit 1/4 Teilprobe	
0,5	175,8	27,2	27,2	72,8	0,46		
0,315	110,9	17,2	44,4	55,6	0,58		
0,2		13,5	57,9	42,1	0,61		
0,1	181,9	14,6	72,4	27,6	0,61		
0,04	82,5	11,8	84,3	15,7	0,61		
0	95,4	15,7	100,0	0,0	-		
<b>Summe:</b>	<b>646,39</b>	<b>100,0</b>					

Maschenweite [mm]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.
6,3	0,0	0,00	100,00	-
4,0	26,0	26,02	73,98	0,66
2,0	19,7	45,73	54,27	0,45
1,0	14,9	60,64	39,36	0,46
0,5	10,7	71,35	28,65	0,46
0,3	6,8	78,11	21,89	0,58
0,2	5,3	83,43	16,57	0,61
0,1	5,8	89,18	10,82	0,61
0,0	4,7	93,85	6,15	0,62
0,0	6,2	100,02	-0,02	-
<b>Summe:</b>	<b>100,0</b>			

Luftstrahlsieb: 20,00 g  
 Grobgut: 18,57 g  
 Masseverlust: 1,43 g  
 Masseverlust: 7,15 %

Dispersitätsanalyse Korngrößenverteilung des Brecherproduktes Ermittelt durch Hand- und Luftstrahlsiebung	SM3  Tabelle
---	--------------------



**Stabmühle:**

**charakteristische Maschinendaten:**

<b>Innendurchmesser D:</b>	154,5 mm			
<b>Länge l:</b>	300,0 mm			
<b>Hubleisten:</b>	4 Stck.	6x6 mm		
<b>Mahlstäbe:</b>	9 Stck.	22x285 mm		
<b>Mahlkörpermasse M<sub>MK</sub>:</b>	7863,3 g	v.d.M.	7863,0 g	n.d.M
<b>Antrieb über Rollenbock der Fa. Alpine/Augsburg</b>			0,0038 %	Masseverlust
<b>Installierte Antriebsleistung:</b>	0,3 kW			
<b>Kritische Drehzahl n<sub>c</sub>:</b>	1,79 U/s			
<b>Drehzahl n:</b>	1,30 U/s	n/n <sub>c</sub>	72,6 %	

**Schüttdichte der Stabmühlenaufgabe (6,3/1mm)**

lose			gerüttelt		
Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
973	500	1,95	1073	500	2,15

Zyklusnummer	Umdrehungen		Frischaufgabe [g]	Grobgut (>1mm) [g]	Feingut (<1mm) [g]		Umlaufende Last [%]	spez. Feinkornbildung [g/U]
	Δ	Σ			Δ	Σ		
	1	520	520	609,4	299,3	309,5	220	96,5
2	505	1025	310,1	249,3	358,4	578,4	69,2	0,71
3	495	1520	360,1	229,3	379,7	958,1	60,3	0,77
4	420	1940	380,1	273,5	334,4	1292,5	81,4	0,80
5	370	2310	335,9	318,4	289,3	1581,8	109,4	0,78
6	370	2680	291	310,5	298,6	1880,4	103,9	0,81
7	377	3057	298,9	308,6	300,1	2180,5	102,6	0,80
8	380	3437	300,8	307,9	300,9	2481,4	102,1	0,79
9	383	3820	301,5	314,2	294,5	2775,9	106,4	0,77
10	383	4203	295,2	314	293,9	3069,8	106,3	0,77
11	393	4596	295,4	302,8	306,4	3376,2	98,8	0,78
12	393	4989	306,6	297,7	311,2	3687,4	95,7	0,79
		Σ	4085,0	3525,5	3776,9		Mittelwert	0,76

Dispersitätsanalyse  
Zerkleinerung in der Stabmühle  
Maschinendaten und Mahlzyklen

Sinter 3A  
Tabelle

**Stabmühle:**

**charakteristische Maschinendaten:**

Innendurchmesser D:	154,5 mm			
Länge l:	300,0 mm			
Hubleisten:	4 Stck.	6x6 mm		
Mahlstäbe:	9 Stck.	22x285 mm		
Mahlkörpermasse $M_{MK}$ :	7863 g	v.d.M.	7863,0 g	n.d.M
Antrieb über Rollenbock der Fa. Alpine/Augsburg			0,0000 %	Masseverlust
Installierte Antriebsleistung	0,3 kW			
Kritische Drehzahl $n_c$ :	1,79 U/s			
Drehzahl n:	1,27 U/s	n/ $n_c$	70,76 %	

**Schüttdichte der Stabmühlenaufgabe (6,3/1mm)**

lose			gerüttelt		
Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
920	500	1,84	942	440	2,14

Zyklusnummer	Umdrehungen		Frischaufgabe [g]	Grobgut (>1mm) [g]	Feingut (<1mm) [g]		Umlaufende Last [%]	spez. Feinkornbildung [g/U]
	$\Delta$	$\Sigma$			$\Delta$	$\Sigma$		
	1	260	260	575	284,1	286,8	220	97,7
2	230	490	290,9	263,15	310,8	530,8	84,4	1,35
3	216	706	311,85	271,3	301,9	832,7	89,3	1,40
4	180	886	303,7	310,5	264,2	1096,9	117,4	1,47
5	198	1084	264,5	291,3	283,1	1380	102,7	1,43
6	205	1289	283,7	288,3	287,7	1667,7	100,6	1,40
7	205	1494	286,7	268,3	306,4	1974,1	87,5	1,49
8	203	1697	306,7	268,1	306,1	2280,2	87,4	1,51
9	193	1890	306,9	287,4	286,7	2566,9	99,9	1,49
10	188	2078	287,6	291,9	282,5	2849,4	103,1	1,50
11	190	2268	283,1	287,4	287,4	3136,8	99,9	1,51
12	190	2458	287,6	281,8	293,5	3430,3	96,0	1,54
		$\Sigma$	3788,3	3393,6	3497,1		Mittelwert	1,43

Dispersitätsanalyse  
Zerkleinerung in der Stabmühle  
Maschinendaten und Mahlzyklen

SM3

Tabelle

**Stabmühle:**
**charakteristische Maschinendaten:**

Innendurchmesser D:	154,5 mm			
Länge l:	300,0 mm			
Hubleisten:	4 Stck.	6x6 mm		
Mahlstäbe:	9 Stck.	22x285 mm		
Mahlkörpermasse $M_{MK}$ :	7863 g	v.d.M.	7863,0 g	n.d.M
Antrieb über Rollenbock der Fa. Alpine/Augsburg			0,0000 %	Masseverlust
Installierte Antriebsleistung	0,3 kW			
Kritische Drehzahl $n_c$ :	1,79 U/s			
Drehzahl n:	1,27 U/s	n/ $n_c$	70,76 %	

**Schüttdichte der Stabmühlenaufgabe (6,3/1mm)**

lose			gerüttelt		
Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
520	273	1,90	520	245	2,12

Zyklusnummer	Umdrehungen		Frischaufgabe [g]	Grobgut (>1mm) [g]	Feingut (<1mm) [g]		Umlaufende Last [%]	spez. Feinkornbildung [g/U]
					$\Delta$	$\Sigma$		
	$\Delta$	$\Sigma$	[g]	[g]	$\Delta$	$\Sigma$	[g]	
1	285	285	593,75	313,5	277,3	220	111,9	0,97
2	250	535	280,25	327,2	264,9	484,9	122,8	1,06
3	277	812	266,55	297,5	296,6	781,5	100,4	1,07
4	282	1094	296,25	282,6	308,3	1089,8	90,8	1,09
5	278	1372	311,15	295,1	298,9	1388,7	98,8	1,08
6	270	1642	298,65	295,4	297,9	1686,6	99,0	1,10
7	268	1910	298,35	302,8	290,0	1976,6	104,1	1,08
8	270	2180	290,95	298,1	294,4	2271	100,8	1,09
9	270	2450	295,65	288,5	304,6	2575,6	94,5	1,13
10	270	2720	305,25	295,5	297,4	2873	99,1	1,10
11	270	2990	298,25	296,5	296,0	3169	100,2	1,10
		$\Sigma$	3535,1	3292,7	3226,3		Mittelwert	1,08

Dispersitätsanalyse  
Zerkleinerung in der Stabmühle  
Maschinendaten und Mahzyklen

Z-Sinter

Tabelle

MW	Masse	R	D	GGs Exp.	Bemerkungen
[mm]	[%]	[%]	[%]		
1	0,00	0,00	100,0	-	
0,5	47,55	47,55	52,4	<b>0,93</b>	
0,315	16,16	63,71	36,3	<b>0,80</b>	Luftstrahlensieb: 20,00 g
0,2	9,23	72,94	27,1	<b>0,65</b>	
0,1	9,78	82,72	17,3	<b>0,65</b>	Grobgut: 17,58 g
0,04	7,45	90,17	9,8	<b>0,62</b>	Masseverlust: 2,42 g
0	9,85	100,02	0,0	-	Masseverlust: 12,10 %
	<b>100,0</b>				

**Spez. Energieverbrauch nach Steiner**

$$\Delta e = c_p \cdot g \cdot D \cdot M_{MK} \cdot \frac{U}{F} = 17188,01 \text{ J/kg} \quad 4,77 \text{ kWh/t}$$

$c_p$  Leistungsfaktor: Zahlenwert: 1,1  
 $U/F$  1 / spezifische Feingutbildung [U/g]

**Workindex n. Bond:**

Die Bestimmung der k80-Werte über das relevante Polygonsegment der GGS-Kurve

**Aufgabe:**

Korngrößengrenze k: 4,0 mm  
Durchgang  $D_k$ : 67,5 %  
GGs Exponent der relevanten Korngrößengrenze (für k80) n: 0,86

**k80 Aufgabe** 4,87 = 10  $\frac{\log\left(\frac{80}{D_k}\right) + n \cdot \log(k)}{n}$  Umgeformt aus:

$$D_k = 80 \cdot \left(\frac{k}{k_{80}}\right)^n$$

**Produkt:**

Korngrößengrenze k: 0,5 mm  
Durchgang  $D_k$ : 52,4 %  
GGs Exponent der relevanten Korngrößengrenze (für k80) n: 0,93

**k80 Produkt** 0,79

**Workindex nach Bond:**

$$w_i = \frac{\Delta e}{\sqrt{\frac{k_{80,B}}{k_{80,P}} - \frac{k_{80,B}}{k_{80,A}}}} = 22,40 \text{ kWh/t}$$

$w_{i,real} =$  0,67 22,40 15,10 kWh/t 54372 J/kg

Korngrößenverteilung der Stabmühlennmahlung	Sinter 3A
Spez. Energieverbrauch nach Steiner	
Errechneter Workindex nach Bond	Tabelle

MW	Masse	R	D	GGs Exp.	Bemerkungen
[mm]	[%]	[%]	[%]		
1	0	0	100,0	-	
0,5	48,9	48,9	51,1	<b>0,97</b>	
0,315	16,2	65,0	35,0	<b>0,82</b>	Luftstrahlensieb: 20,00 g
0,2	10,2	75,2	24,8	<b>0,76</b>	
0,1	10,1	85,3	14,7	<b>0,76</b>	Grobgut: 18,56 g
0,04	7,5	92,8	7,2	<b>0,78</b>	Masseverlust: 1,44 g
0	7,2	100,0	0,0	-	Masseverlust: 7,2 %
	<b>100</b>				
<b>Spez. Energieverbrauch nach Steiner</b>					
$\Delta e = c_p \cdot g \cdot D \cdot M_{MK} \cdot \frac{U}{F} = \quad \mathbf{9145,42 \text{ J/kg}} \quad \mathbf{2,54 \text{ kWh/t}}$					
$c_p$	<b>Leistungsfaktor: Zahlenwert: 1,2</b>				
$U/F$	<b>1 / spezifische Feingutbildung [U/g]</b>				
<b>Workindex n. Bond:</b>					
<b>Die Bestimmung der k80-Werte erfolgte über das relevante(letzte) Polygonsegment der GGS-Kurve</b>					
<b>Aufgabe:</b>					
Korngrößengrenze k:	<b>4,0 mm</b>				
Durchgang $D_k$ :	<b>74,0 %</b>				
GGs Exponent der relevanten Korngrößengrenze (für k80) n:	<b>0,66</b>				
<b>k80 Aufgabe</b>	<b>4,50</b>	<b>= 10</b>	$\frac{\log\left(\frac{80}{D_k}\right) + n \cdot \log(k)}{n}$	Umgeformt aus:	
				$D_k = 80 \cdot \left(\frac{k}{k_{80}}\right)^n$	
<b>Produkt:</b>					
Korngrößengrenze k:	<b>0,5 mm</b>				
Durchgang $D_k$ :	<b>51,1 %</b>				
GGs Exponent der relevanten Korngrößengrenze (für k80) n:	<b>0,97</b>				
<b>k80 Produkt</b>	<b>0,79</b>				
<b>Workindex nach Bond:</b>					
$w_i = \frac{\Delta e}{\sqrt{\frac{k_{80,B}}{k_{80,P}} - \frac{k_{80,B}}{k_{80,A}}}} = \quad \mathbf{12,34 \text{ kWh/t}}$					
<b>w<sub>i,real</sub></b>	<b>0,61</b>	<b>12,34</b>	<b>7,48</b>	<b>kWh/t</b>	
Korngrößenverteilung der Stabmühlenmahlung					SM3
Spez. Energieverbrauch nach Steiner					
Errechneter Workindex nach Bond					Tabelle

MW	Masse	R	D	GGs Exp.
[mm]	[%]	[%]	[%]	
1	0	0	100,0	-
0,5	56,2	56,2	43,8	1,19
0,315	15,7	71,9	28,1	0,96
0,2	7,9	79,8	20,2	0,73
0,1	8,0	87,8	12,2	0,73
0,04	5,9	93,7	6,3	0,73
0	6,3	100,0	0,0	-
	100,0			

**Bemerkungen**

Luftstrahlensieb: 20,00 g  
 Grobgut: 18,8 g  
 Masseverlust: 1,2 g  
 Masseverlust: 6 %

**Spez. Energieverbrauch nach Steiner**

$$\Delta e = c_p \cdot g \cdot D \cdot M_{MK} \cdot \frac{U}{F} = 12144,85 \text{ J/kg} \quad 3,37 \text{ kWh/t}$$

$c_p$  Leistungsfaktor: Zahlenwert: 1,2  
 $U/F$  1 / spezifische Feingutbildung [U/g]

**Workindex n. Bond:**

Die Bestimmung der k80-Werte erfolgte über das relevante(letzte) Polygonsegment der GGS-Kurve

**Aufgabe:**

Korngrößengrenze k: 4,0 mm  
 Durchgang  $D_k$ : 79,3 %  
 GGS Exponent der relevanten Korngrößengrenze (für k80) n: 0,39

k80 Aufgabe 4,09 = 10  $\frac{\log\left(\frac{80}{D_k}\right) + n \cdot \log(k)}{n}$  Umgeformt aus:

$$D_k = 80 \cdot \left(\frac{k}{k_{80}}\right)^n$$

**Produkt:**

Korngrößengrenze k: 0,5 mm  
 Durchgang  $D_k$ : 43,8 %  
 GGS Exponent der relevanten Korngrößengrenze (für k80) n: 1,19

k80 Produkt 0,83

**Workindex nach Bond:**

$$w_i = \frac{\Delta e}{\sqrt{k_{80,B}} - \sqrt{k_{80,A}}} = 17,67 \text{ kWh/t}$$

$w_{i,real} = 0,89 \quad 17,67 \quad 15,76 \text{ kWh/t}$

Korngrößenverteilung der Stabmühlmahlung	Z-Sinter
Spez. Energieverbrauch nach Steiner	Tabelle
Errechneter Workindex nach Bond	

MW	Masse	R	D	GGs Exp.	Bemerkungen
[mm]	[%]	[%]	[%]		
1	0,00	0,00	100,0	-	
0,5	47,55	47,55	52,4	0,93	
0,315	16,16	63,71	36,3	0,80	Luftstrahlensieb: 20,00 g
0,2	9,23	72,94	27,1	0,65	
0,1	9,78	82,72	17,3	0,65	Grobgut: 17,58 g
0,04	7,45	90,17	9,8	0,62	Masseverlust: 2,42 g
0	9,85	100,02	0,0	-	Masseverlust: 12,10 %
	100,0				

**Workindex n. Bond:**

Die Bestimmung der k80-Werte über das relevante Polygonsegment der GGS-Kurve

**Aufgabe:**

Korngrößengrenze k: 4,0 mm

Durchgang D<sub>k</sub>: 67,5 %

GGs Exponent der relevanten Korngrößeklasse (für k80) n: 0,86

**k80 Aufgabe** 4,87 = 10  $\frac{\log\left(\frac{80}{D_k}\right) + n \cdot \log(k)}{n}$  Umgeformt aus:

$$D_k = 80 \cdot \left(\frac{k}{k_{80}}\right)^n$$

**Produkt:**

Korngrößengrenze k: 0,5 mm

Durchgang D<sub>k</sub>: 52,4 %

GGs Exponent der relevanten Korngrößeklasse (für k80) n: 0,93

**k80 Produkt** 0,79

**Workindex nach Bond:**

$$w_i = \frac{\Delta e}{\sqrt{k_{80,B}} - \sqrt{k_{80,A}}} = 22,40 \text{ kWh/t}$$

w<sub>i,real</sub> = 0,67 22,40 15,10 kWh/t 54372 J/kg

Korngrößenverteilung der Kugelmühlmahlung	Sinter 3A
Errechneter Workindex nach Bond	Tabelle

MW	Masse	R	D	GGs Exp.	Bemerkungen
[mm]	[%]	[%]	[%]		
0,2	0	0	100,0	-	
0,1	50,1	50,1	49,9	1,00	
0,04	26,1	76,3	23,7	0,81	
0	23,7	100,0	0,0		
	100				

Luftstrahlensieb: 20 g  
Grobgut: 18,73 g  
Masseverlust: 1,27 g  
Masseverlust: 6,35 %

**Workindex n. Bond:**  
Die Bestimmung der k80-Werte erfolgte über das relevante(letzte) Polygonsegment der GGS-Kurve

**Aufgabe:**  
Korngrößengrenze k: 0,5 mm  
Durchgang D<sub>k</sub>: 59,7 %  
GGs Exponent der relevanten Korngrößeklasse (für k80) n: 0,74

**k80 Aufgabe**                      0,74                      = 10  $\frac{\log\left(\frac{80}{D_k}\right) + n \cdot \log(k)}{n}$                       Umgeformt aus:

$$D_k = 80 \cdot \left(\frac{k}{k_{80}}\right)^n$$

**Produkt:**  
Korngrößengrenze k: 0,1 mm  
Durchgang D<sub>k</sub>: 49,9 %  
GGs Exponent der relevanten Korngrößeklasse (für k80) n: -

**k80 Produkt**                      0,16

**Workindex nach Bond:**

$$w_i = \frac{\Delta e}{\sqrt{\frac{k_{80,B}}{k_{80,P}} - \sqrt{\frac{k_{80,B}}{k_{80,A}}}}} = 23,12 \text{ kWh/t}$$

w<sub>i,real</sub> =                      0,68                      23,12                      15,81 kWh/t

Korngrößenverteilung der Kugelmühlmahlung	SM3
Errechneter Workindex nach Bond	Tabelle



MW	Masse	R	D	GGs Exp.	Bemerkungen
[mm]	[%]	[%]	[%]		
0,2	0	0	100,0	-	
0,1	46,4	46,4	53,6	<b>0,90</b>	
0,04	26,9	73,3	26,7	<b>0,76</b>	
0	26,7	100,0	0,0		
	<b>100</b>				

Luftstrahlensieb: 20 g  
Grobgut: 19,29 g  
Masseverlust: 0,71 g  
Masseverlust: 3,55 %

**Workindex n. Bond:**  
Die Bestimmung der k80-Werte erfolgte über das relevante(letzte) Polygonsegment der GGS-Kurve

**Aufgabe:**  
Korngrößengrenze k: 0,5 mm  
Durchgang Dk: 43,8 %  
GGs Exponent der relevanten Korngrößeklasse (für k80) n: 1,19

**k80 Aufgabe** 0,83  $= 10^{\frac{\log\left(\frac{80}{D_k}\right) + n \cdot \log(k)}{n}}$  Umgeformt aus:  

$$D_k = 80 \cdot \left(\frac{k}{k_{80}}\right)^n$$

**Produkt:**  
Korngrößengrenze k: 0,1 mm  
Durchgang Dk: 53,6 %  
GGs Exponent der relevanten Korngrößeklasse (für k80) n: 0,90

**k80 Produkt** 0,16

**Workindex nach Bond:**

$$w_i = \frac{\Delta e}{\sqrt{\frac{k_{80,B}}{k_{80,P}} - \frac{k_{80,B}}{k_{80,A}}}} = 32,11 \text{ kWh/t} \quad \text{Drehmoment}$$

$w_{i,real} = 0,80 \quad 32,11 \quad 25,64 \text{ kWh/t} \quad \text{Drehmoment}$

Korngrößenverteilung der Kugelmühlmahlung	Z-Sinter
Errechneter Workindex nach Bond	Tabelle

MW	Masse	R	D	GGs Exp.	Bemerkungen
[mm]	[%]	[%]	[%]		
0,1	0,0	0	100,0	-	
0,04	57,5	57,5	42,5	<b>0,93</b>	
0	42,5	100,0	0,0		
	<b>100</b>				

**Luftstrahlensieb:** 20 g  
**Grobgut:** 19,01 g  
**Masseverlust:** 0,99 g  
**Masseverlust:** 4,95 %

**Workindex n. Bond:**  
**Die Bestimmung der k80-Werte erfolgte über das relevante(letzte) Polygonsegment der GGS-Kurve**

**Aufgabe:**  
Korngrößengrenze k: **0,5 mm**  
Durchgang Dk: **43,8 %**  
GGs Exponent der relevanten Korngrößeklasse (für k80) n: **1,19**

**k80 Aufgabe** **0,83** **= 10**  $\frac{\log\left(\frac{80}{D_k}\right) + n \cdot \log(k)}{n}$  **Umgeformt aus:**

$$D_k = 80 \cdot \left(\frac{k}{k_{80}}\right)^n$$

**Produkt:**  
Korngrößengrenze k: **0,04 mm**  
Durchgang Dk: **45,3 %**  
GGs Exponent der relevanten Korngrößeklasse (für k80) n: **0,86**

**k80 Produkt** **0,08**

**Workindex nach Bond:**

$$w_i = \frac{\Delta e}{\sqrt{\frac{k_{80,B}}{k_{80,P}} - \frac{k_{80,B}}{k_{80,A}}}} = 28,11 \text{ kWh/t}$$

**w<sub>i,real</sub>** = **0,12** **28,11** **3,42 kWh/t**

Korngrößenverteilung der Kugelmühlmahlung Zweitversuch Kugelmühle: Mahlstufe von 1/0,1 auf 100% <0,1mm Errechneter Workindex nach Bond	Z-Sinter Tabelle
--	---------------------

<b>Kugelmühle</b>				<b>gemessener Durchmesser</b>	<b>Masse:</b>	<b>Kugel Volumen: [cm³]</b>	<b>Kugel Vol. gesamt [cm³]</b>
Anzahl der Klasse 20 mm:	37	19,94 mm	1192 g		4,15	153,59	
Anzahl der Klasse 25 mm:	46	24,93 mm	2825 g		8,11	373,18	
Anzahl der Klasse 30 mm:	48	29,74 mm	4819 g		13,77	661,09	
Gesamtzahl der Kugeln:	131		8836 g		26,04	1187,87	
Reindichte von Stahlguss:	7,8 g/cm³		9265 g				
<b>Durchmesser (1/3 der Kugeln wurden vermessen)</b>						<b>Lückenvolumen: [cm³]</b>	<b>Faktor k:</b>
	<b>Klasse: 20mm</b>	<b>Klasse: 25mm</b>	<b>Klasse: 30mm</b>				
	19,9	24,9	29,6	<b>Dichteste Kugelpackung:</b>			
	19,9	24,7	29,6	kubisch flächenzentriert	417,36	0,74	
	19,9	24,4	29,9	kubisch raumzentriert	559,00	0,68	
	20,0	24,9	29,3				
	19,9	24,8	29,9	<i>Berechnung: <math>k=V_k/V_{ges}</math></i>			
	20,0	28,0	29,8	<i><math>V_{ges}=V_k+V_L</math></i>			
	19,9	23,9	29,9	<i><math>V_L=(V_k-k*V_k)/k</math></i>			
	19,9	24,9	29,5				
	20,0	24,9	30,2				
	19,9	24,9	29,8				
	20,0	24,9	29,6				
	20,0	25,0	30,0				
	19,9	24,6	30,1				
		24,9	29,4				
		24,6	29,6				
		24,6	29,6				
<b>MW</b>	<b>19,94</b>	<b>24,93</b>	<b>29,74 mm</b>				
Bestimmung des Mahlkugelvolumens der Laborkugelmühle am Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung							Kugelvol. Tabelle

# Kugelmühle

## charakteristische Maschinendaten:

Innendurchmesser D: 200 mm

Länge l: 200,0 mm

Hubleisten: 8 Stck.

Mahlkugeln: 131 Stck.

37 Stk. d=20 mm	46 Stk. d=25 mm	48 Stk. d=30mm
-----------------	-----------------	----------------

### Kugelmühle:

Mahlkörpermasse  $M_{MK}$ : 8836 g v.d.M. 8832,0 g n.d.M  
 0,045 % Masseverlust

Installierte Antriebsleistung: 0,3 kW

Kritische Drehzahl  $n_c$ : 1,58 U/s

Drehzahl n: 1,05 U/s  $n/n_c$  66,46 %

### Schüttdichte der Kugelmühlenaufgabe (1/0,2mm)

lose			gerüttelt		
Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
860	500	1,72	860	442,5	1,94

Zyklusnummer	Umdrehungen		Frischaufgabe [g]	Grobgut (>0,2mm) [g]	Feingut (<0,2mm) [g]		Umlaufende Last [%]	spez. Feinkornbildung [g/U]	Mittl. Drehmoment [Nm]	Energie eintrag [J/kg]	Energie eintrag [kWh/t]
					$\Delta$	$\Sigma$					
	$\Delta$	$\Sigma$	[g]	[g]	$\Delta$	$\Sigma$	[g]	[g]	[J/kg]	[kWh/t]	
1	300	300	917,7	754,8	160,6	220	463,4	0,54	3,66	42901,40	
2	460	760	162,9	688,1	223,5	443,5	299,7	0,49	3,65	47173,07	
3	521	1281	229,6	645,2	272,1	715,6	236,8	0,52	3,68	44290,12	
4	520	1801	272,5	650,4	266,8	982,4	243,3	0,51	3,68	45101,41	
5	486	2287	267,3	650,7	266,5	1248,9	243,7	0,55	3,69	42335,86	
6	470	2757	267	653	263,3	1512,2	246,7	0,56	3,67	41206,81	
		$\Sigma$	2117,0	4042,2			Mittelwert	0,53	3,67	43834,78	12,18

Dispersitätsanalyse  
 Zerkleinerung in der Kugelmühle  
 Maschinendaten und Mahlzyklen

Sinter 3A

Tabelle

# Kugelmühle

## charakteristische Maschinendaten:

Innendurchmesser D:	200 mm			
Länge l:	200,0 mm			
Hubleisten:	8 Stck.			
Mahlkugeln:	131 Stck.	37 Stk. d=20 mm	46 Stk. d=25 mm	48 Stk. d=30mm
Mahlkörpermasse $M_{MK}$ :	8832 g	v.d.M.	8832,0 g	n.d.M
			0,000 %	Masseverlust
Installierte Antriebsleistung:	0,3 kW			
Kritische Drehzahl $n_c$ :	1,58 U/s			
Drehzahl n:	1,05 U/s	$n/n_c$	66,46 %	

## Schüttdichte der Kugelmühlenaufgabe (1/0,2mm)

lose			gerüttelt		
Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
904,5	508,5	1,78	904,5	440,5	2,05

Zyklusnummer	Umdrehungen		Frischaufgabe [g]	Grobgut (>0,2mm) [g]	Feingut (<0,2mm) [g]		Umlaufende Last [%]	spez. Feinkornbildung [g/U]	Mittl. Drehmoment [Nm]	Energieeintrag [J/kg]	Energieeintrag kWh/t
	$\Delta$	$\Sigma$			$\Delta$	$\Sigma$					
	1	300	300	970,0	766,3	199,6	220,0	376,1	0,67	3,67	34624,94
2	370	670	203,7	733,6	234,6	454,6	310,2	0,63	3,65	36144,52	
3	445	1115	236,5	686,9	279,3	733,9	245,2	0,63	3,66	36629,51	
4	435	1550	280,2	686,9	283,2	1017,0	243,0	0,65	3,63	35055,70	
5	410	1960	282,7	694,5	274,5	1291,5	252,1	0,67	3,57	33508,66	
		$\Sigma$	1973,1	3568,2			Mittelwert	0,54	3,63	35192,67	9,78

Dispersitätsanalyse  
 Zerkleinerung in der Kugelmühle  
 Maschinendaten und Mahlzyklen

SM3

Tabelle

# Kugelmühle

## charakteristische Maschinendaten:

Innendurchmesser D:	200 mm		
Länge l:	200,0 mm		
Hubleisten:	8 Stck.	mm	
Mahlkugeln:	131 Stck.	37 Stk. d=20 mm	46 Stk. d=25 mm
Mahlkörpermasse $M_{MK}$ :	8832 g	v.d.M.	8832 g
			0,000 %
			n.d.M
			Masseverlust
Installierte Antriebsleistung:	0,3 kW		
Kritische Drehzahl $n_c$ :	1,58 U/s		
Drehzahl n:	1,05 U/s	$n/n_c$	66,46 %

## Schüttdichte der Kugelmühlenaufgabe (1/0,2mm)

lose			gerüttelt		
Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
904,5	508,5	1,78	904,5	440,5	2,05

Zyklusnummer	Umdrehungen		Frischaufgabe [g]	Grobgut (>0,2mm) [g]	Feingut (<0,2mm) [g]		Umlaufende Last [%]	spez. Feinkornbildung [g/U]	Mittl. Drehmoment [Nm]	Energieeintrag [J/kg]	Energieeintrag kWh/t
					$\Delta$	$\Sigma$					
	$\Delta$	$\Sigma$	[g]	[g]	$\Delta$	$\Sigma$					
1	480	480	940,8	733,8	203,0	203,0	354,4	0,42	3,69	54862,97	
2	585	1065	207,0	676,3	262,6	465,6	255,7	0,45	3,68	51478,45	
3	615	1680	264,5	667,2	272,3	737,9	243,8	0,44	3,69	52443,72	
4	600	2280	273,7	667,8	272,4	1010,3	244,7	0,45	3,67	50773,63	
		$\Sigma$	1686,0	2745,1			Mittelwert	0,29	3,68	52389,69	14,55

Dispersitätsanalyse  
Zerkleinerung in der Kugelmühle  
Maschinendaten und Mahlzyklen

Z-Sinter

Tabelle

# Kugelmühle

## charakteristische Maschinendaten:

Innendurchmesser D:	200 mm		
Länge l:	200,0 mm		
Hubleisten:	8 Stck. mm		
Mahlkugeln:	131 Stck.	37 Stk. d=20 mm	46 Stk. d=25 mm
Mahlkörpermasse $M_{MK}$ :	8832 g	v.d.M.	8832 g
			0,000 %
			n.d.M
			Masseverlust
Installierte Antriebsleistung:	0,3 kW		
Kritische Drehzahl $n_c$ :	1,58 U/s		
Drehzahl n:	1,05 U/s	n/ $n_c$	66,46 %

## Schüttdichte der Kugelmühlenaufgabe (1/0,1mm)

lose			gerüttelt		
Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Masse [g]	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
909,8	510,5	1,78	909,8	442	2,06

Zyklusnummer	Aufgabe gesamt 940,8						Umlaufende Last [%]	spez. Feinkornbildung [g/U]	Mittl. Drehmoment [Nm]	Energie eintrag [J/kg]	Energie eintrag kWh/t
	Umdrehungen		Frischaufgabe [g]	Grobgut (>0,2mm) [g]	Feingut (<0,2mm) [g]						
	$\Delta$	$\Sigma$			$\Delta$	$\Sigma$					
1	680	680	267,4	760,5	177,0	177,0	48,3	0,26	3,53	85206,23	
2	930	1610	180,3	677,7	263,0	440,0	257,6	0,28	3,56	79170,90	
3	990	2600	263,1	664,3	275,9	715,9	240,2	0,28	3,58	80668,15	
4	950	3550	276,5	654,5	285,9	1001,7	228,6	0,30	3,59	74980,72	
5	900	4450	286,3	645,7	295,3	1297,1	218,8	0,33	3,60	68960,52	
6	820	5270	295,1	676,9	263,7	1560,8	256,4	0,32	3,61	70581,38	
7	820	6090	264,0	675,2	263,8	1824,5	254,2	0,32	3,59	70126,42	
8	825	6915	265,6	675,9	264,0	2088,5	255,1	0,32	3,88	76252,31	
		$\Sigma$	987,4	2757,0			Mittelwert	0,19	3,62	80006,50	22,22

Dispersitätsanalyse  
 Zerkleinerung in der Kugelmühle  
 Maschinendaten und Mahlzyklen

Zweitversuch Kugelmühle: Mahlstufe von 1/0,1 auf 100% <0,1mm

Z-Sinter

Tabelle

Probenbezeichnung	err. Probe Masse (g)	Volumen EW (cm <sup>3</sup> )	Volumen MW (cm <sup>3</sup> )	Standardabw	Temp. (°C)	err. MW Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	Bemerkungen	err. MW Dichte (kg/m <sup>3</sup> )
Kalibrierkugeln 6,371790 cm <sup>3</sup> +/-0,0049 cm <sup>3</sup>		6,3748 6,3764 6,3767	6,3760	0,0010	25,2			
Sinter 3A I/B/T2/3 KG 2/1mm	14,91	4,2864 4,2869 4,2886	4,2873	0,0012	27,0	<b>3,48</b>		3478
Sinter 3A I/B/T2/6 KG 0,5/0,315mm	14,59	4,1863 4,1879 4,1903	4,1882	0,0020	26,6	<b>3,48</b>		3484
Sinter 3A I/B/T2/LS KG 0,1/0,04mm	14,48	4,0952 4,0946 4,0960	4,0953	0,0007	25,7	<b>3,54</b>		3536
Sinter 3A I/B/T2/9 KG <0,04mm	11,56	3,2370 3,2383 3,2393	3,2382	0,0012	26,1	<b>3,57</b>	Volumen <10% von Vollausschlag	3570
Ermittlung der Reindichte mit dem Heliumpyknometer AccuPyc 1330 <b>Sinter 3A</b> Dichtebestimmung im Zuge der Dispersitätsanalyse								
						Sinter 3A		
						Tabelle		



Probenbezeichnung	err. Probe Masse (g)	Volumen EW (cm <sup>3</sup> )	Volumen MW (cm <sup>3</sup> )	Standardabw	Temp. (°C)	err. MW Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	Bemerkungen	err. MW Dichte (kg/m <sup>3</sup> )
Kalibrierkugeln 6,371790 cm <sup>3</sup> +/-0,0049 cm <sup>3</sup>		6,3721 6,3707 6,3730	6,3719	0,0012	22,8			
SM 3 II/B/T2/3 KG 2/1mm	15,09	4,1926 4,1979 4,2015	4,1973	0,0045	23,0	3,60		3595
SM 3 II/B/T2/6 KG 0,5/0,315mm	15,28	4,2487 4,2504 4,2533	4,2508	0,0023	24,0	3,59		3595
SM 3 II/B/T2/LS KG 0,1/0,04mm	15,01	4,1753 4,1765 4,1753	4,1757	0,0007	23,3	3,59		3595
SM 3 II/B/T2/9 KG <0,04mm	11,48	3,2308 3,2316 3,2291	3,2305	0,0013	23,6	3,55	Volumen <10% von Vollausschlag	3554
Ermittlung der Reindichte mit dem Heliumpyknometer AccuPyc 1330 <b>SM3</b> Dichtebestimmung im Zuge der Dispersitätsanalyse								
						SM3		
						Tabelle		

Probenbezeichnung	err.Probe Masse (g)	Volumen EW (cm³)	Volumen MW (cm³)	Standardabw	Temp. (°C)	err. MW Dichte (g/cm³)	Bemerkungen	err. MW Dichte (kg/m³)
Kalibrierkugeln 6,371790 cm³ +/-0,0049 cm³		6,3751 6,3768 6,3763	6,3761	0,0009	23,6			
Z-Sinter III/EG/4 KG 2/1mm	16,60	4,6509 4,6517 4,6521	4,6516	0,0006	24,2	3,57		3569
Z-Sinter III/EG/6 KG 0,5/0,315mm	15,26	4,2522 4,2542 4,2572	4,2545	0,0025	24,8	3,59		3587
Z-Sinter III/SM/LS KG 0,1/0,04mm	13,96	3,8432 3,8445 3,8453	3,8443	0,0011	24,2	3,63		3631
Z-Sinter III/SM/5 KG <0,04mm	10,82	2,9675 2,9702 2,9699	2,9692	0,0015	24,8	3,64	Volumen <10% von Vollausschlag	3644
Z-Sinter III/KM/LS KG 0,1/0,04mm	15,29	4,2206 4,2215 4,2265	4,2229	0,0032	25,2	3,62		3621
Z-Sinter II/KM/3 KG <0,04mm	11,62	3,1843 3,1850 3,1856	3,1850	0,0007	25,6	3,65	Volumen <10% von Vollausschlag	3648
Ermittlung der Reindichte mit dem Heliumpyknometer AccuPyc 1330 <b>Z-Sinter</b> Dichtebestimmung im Zuge der Dispersitätsanalyse								
						Z-Sinter		
						Tabelle		

Probenbezeichnung	BLAINE cm <sup>2</sup> /g	PERMARAN cm <sup>2</sup> /g	Mittelwert cm <sup>2</sup> /g	Standardabw cm <sup>2</sup> /g	BLAINE cm <sup>-1</sup>	PERMARAN cm <sup>-1</sup>	Mittelwert cm <sup>-1</sup>	Standardabw cm <sup>-1</sup>
Brecherprodukt: Sinter 3A I/B/T2/LS KG 100/40µm Dichte = 3,54 g/cm <sup>3</sup>	440 443	460 460	<b>451</b>	<b>11</b>	1559 1569	1628 1628	<b>1596</b>	<b>37</b>
Sinter 3A I/B/T2/9 KG <40µm Dichte = 3,57 g/cm <sup>3</sup>	3873 3973	4013 4013	<b>3968</b>	<b>66</b>	13828 14184	14328 14328	<b>14167</b>	<b>236</b>
Stabmühlenprod.:								
Sinter 3A I/SM/LS KG 100/40µm Dichte = 3,54 g/cm <sup>3</sup>	477 473	482 492	<b>481</b>	<b>8</b>	1687 1675	1707 1742	<b>1703</b>	<b>29</b>
Sinter 3A I/SM/5 KG <40µm Dichte = 3,59 g/cm <sup>3</sup>	3267 3175	3277 3184	<b>3226</b>	<b>54</b>	11730 11397	11765 11430	<b>11581</b>	<b>194</b>
Kugelmühlenprod.:								
Sinter 3A I/KM/LS KG 100/40µm Dichte = 3,54 g/cm <sup>3</sup>	459 444	470 448	<b>455</b>	<b>12</b>	1624 1571	1663 1585	<b>1611</b>	<b>41</b>
Sinter 3A I/KM/3 KG <40µm Dichte = 3,60 g/cm <sup>3</sup>	3286 3291	3390 3405	<b>3343</b>	<b>63</b>	11829 11849	12202 12258	<b>12035</b>	<b>227</b>

	Mittelwert (am):	Stabw (am):	Mittelwert (av):	Stabw (av):
KG 100/40µm	462	16	1637	58
KG <40µm	3512,25	399	12594	1381

Ermittlung der spez. Körneroberfläche mit dem BLAINE-Gerät 295/83 und PERMARAN-Gerät 113-102, Blaine-Meßzelle 295. <b>Sinter 3A</b> Oberflächenermittlung im Zuge der Dispersitätsanalyse				Sinter 3A Tabelle
---	--	--	--	----------------------

Probenbezeichnung	BLAINE cm <sup>2</sup> /g	PERMARAN cm <sup>2</sup> /g	Mittelwert cm <sup>2</sup> /g	Standardabw cm <sup>2</sup> /g	BLAINE cm <sup>-1</sup>	PERMARAN cm <sup>-1</sup>	Mittelwert cm <sup>-1</sup>	Standardabw cm <sup>-1</sup>
Brecherprodukt: SM 3 II/B/T2/LS KG 100/40µm Dichte = 3,6 g/cm <sup>3</sup>	450 431	482 440	<b>451</b>	<b>22</b>	1619 1553	1735 1582	<b>1622</b>	<b>80</b>
SM 3 II/B/T2/9 KG <40µm Dichte = 3,55 g/cm <sup>3</sup>	3482 3484	3644 3597	<b>3552</b>	<b>82</b>	12360 12370	12936 12769	<b>12609</b>	<b>290</b>
Stabmühlenprod.:								
SM3 II/SM/LS KG 100/40µm Dichte = 3,58 g/cm <sup>3</sup>	416 435	398 490	<b>435</b>	<b>40</b>	1488 1557	1426 1756	<b>1557</b>	<b>143</b>
SM 3 II/SM/4 KG <40µm Dichte = 3,56 g/cm <sup>3</sup>	2977 3118	3166 3315	<b>3144</b>	<b>139</b>	10688 11100	11273 11802	<b>11216</b>	<b>461</b>
Kugelmühlenprod.:								
SM 3 II/KM/LS KG 100/40µm Dichte = 3,59 g/cm <sup>3</sup>	447 431	478 468	<b>456</b>	<b>21</b>	1604 1548	1716 1679	<b>1637</b>	<b>75</b>
SM 3 II/KM/3 KG <40µm Dichte = 3,60 g/cm <sup>3</sup>	2875 2996	3014 3112	<b>2999</b>	<b>97</b>	10352 10679	10849 11204	<b>10771</b>	<b>355</b>

	Mittelwert (am):	Stabw (am):	Mittelwert (av):	Stabw (av):
KG 100/40µm	447	11	1605	43
KG <40µm	3232	286	11532	959

Ermittlung der spez. Körneroberfläche mit dem BLAINE-Gerät 295/83 und PERMARAN-Gerät 113-102, Blaine-Meßzelle 295. <b>SM3</b> Oberflächenermittlung im Zuge der Dispersitätsanalyse				SM3 Tabelle
---	--	--	--	----------------

Probenbezeichnung	BLAINE cm <sup>2</sup> /g	PERMARAN cm <sup>2</sup> /g	Mittelwert cm <sup>2</sup> /g	Standardabw cm <sup>2</sup> /g	BLAINE cm <sup>-1</sup>	PERMARAN cm <sup>-1</sup>	Mittelwert cm <sup>-1</sup>	Standardabw cm <sup>-1</sup>
Brecherprod.: entfällt hier								
Stabmühlenprod.:								
Z-Sinter III/SM/LS KG 100/40µm Dichte = 3,63 g/cm <sup>3</sup>	454	497	<b>492</b>	<b>38</b>	1648	1806	<b>1786</b>	<b>138</b>
Z-Sinter III/SM/5 KG <40µm Dichte = 3,64 g/cm <sup>3</sup>	2900	3005	<b>2943</b>	<b>61</b>	10557	10938	<b>10713</b>	<b>223</b>
Kugelmühlenprod.:								
Z-Sinter III/KM/LS KG 100/40µm Dichte = 3,62 g/cm <sup>3</sup>	461	465	<b>454</b>	<b>10</b>	1669	1684	<b>1645</b>	<b>38</b>
Z-Sinter III/KM/3 KG <40µm Dichte = 3,65 g/cm <sup>3</sup>	2958	3054	<b>2978</b>	<b>69</b>	10795	11146	<b>10869</b>	<b>253</b>

	Mittelwert (am):	Stabw (am):	Mittelwert (av):	Stabw (av):
KG 100/40µm	473	<b>274</b>	1716	<b>993</b>
KG <40µm	2960	<b>1709</b>	10791	<b>6230</b>

Ermittlung der spez. Körneroberfläche mit dem BLAINE-Gerät 295/83 und PERMARAN-Gerät 113-102, Blaine-Meßzelle 295. <b>Z-Sinter</b> Oberflächenermittlung im Zuge der Dispersitätsanalyse			Z-Sinter	
			Tabelle	

**Probenbezeichnung**

Versuchsmaterial

Sinter 3A	I
SM 3	II
Z Sinter	III

Bezeichnung (aus Siebanalyse resultierend)

EG	MW [mm]	KG[mm]	#
	20,00	>20	1
	16,00	20/16	2
	10,00	16/10	3
	6,30	10/6,3	4
	4,00	6,3/4	5
	2,00	4/2	6
	1,00	2/1	7
	0,50	1/0,5	8
	0,10	0,5/0,1	9
	0,00	<0,1	10

Brecher	B	MW [mm]	KG[mm]	#
T		4,00	6,3/4	1
		2,00	4/2	2
		1,00	2/1	3
		0,00	<1	4
T2		0,50	1/0,5	5
		0,315	0,5/0,315	6
		0,10	0,315/0,1	7
		0,04	0,1/0,04	8
		0,00	<0,04	9
LS		0,04	0,1/0,04	

Verwendete Aufgabe:  
1/4 Teilung des Brecherprodukts  
Bezeichnung: T

I/B/T1-3: Rest der Stabmühlenaufgabe  
KG: 6,3/1mm

I/B/T/Rest: Rest der KM-Aufgabe (für Mischung)  
KG: 1/0,2mm

Verwendete Aufgabe:  
1/4 Teilprobe der Fraktion 1/0 mmm  
Bezeichnung: T2

I/B/T/KM/2: Feingut aus Absiebung für KM-Aufgabe  
KG <0,2mm

Luftstrahlsiebung der Fraktion 0,1/0,04 mm

Stabmühle	SM	Mahlungszyklus	KG[mm]	#
Z		1	6,3/1	1
	1	1	<1	2
	n	n		

Bez: VV: Vorversuch der Mahlung  
Verwendete Aufgabe: Brecherprodukt  
Fraktion 6,3/1 mm  
Beispiel: I/SM/Z/1/1

	MW [mm]	KG[mm]	#
	0,50	1/0,5	1
	0,315	0,5/0,315	2
	0,10	0,315/0,1	3
	0,04	0,1/0,04	4
	0,00	<0,04	5
LS	0,04	0,1/0,04	

Verwendete Aufgabe: Das Feingut der letzten  
3 Zyklen aus der Stabmühlmahlung

Kugelmühle	KM	Mahlungszyklus	KG[mm]	#
Z		1	1/0,2	1
	1	1	<0,2	2
	n	n		

Verwendete Aufgabe:  
I/B/T/4 und I/SM/Z/7-14/2  
jeweils bei 0,2 mm abgesiebt

	MW [mm]	KG[mm]	#
	0,10	0,2/0,1	1
	0,04	0,1/0,04	2
	0,10	<0,04	3
LS	0,04	0,1/0,04	

Verwendete Aufgabe: Das Feingut der letzten  
3 Zyklen aus der Kugelmühlmahlung

Untersuchungen

	Siebanalyse	Luftstrahl	Schüttdichte	Brecher	Stabmühle	Kugelmühle	Pyknom.	Oberfl.	Ch.Analyse	KG [mm]
I/EG/ges	X		X							16/0
I/EG/1	Y									>20
I/EG/2	Y									20/16
I/EG/3	Y									16/10
I/EG/4	Y									10/6,3
I/EG/5	Y									6,3/4
I/EG/6	Y									4/2
I/EG/7	Y									2/1
I/EG/8	Y									1/0,5
I/EG/9	Y									0,5/0,1
I/EG/10	Y									<0,1
I/EG/(16/6,3)				X						16/6,3
I/BT/1	Y									6,3/4
I/BT/2	Y									4/2
I/BT/3	Y						X			2/1
I/BT/4	Y					X <sup>†</sup>				<1
I/BT/2/5	Y									1/0,5
I/BT/2/6	Y						X			0,5/0,315
I/BT/2/7	Y									0,315/0,1
I/BT/2/8	Y	X								0,1/0,04
I/BT/2/9	Y						X	X		<0,04
I/BT/2/LS	Y						X	X		0,1/0,04
I/BT/(6,3/1)	X		X		X					6,3/1
I/BT/1-3										6,3/1
I/BT/Rest										1/0,2
I/BT/KM/2										<0,2
I/SM/VV/1/1										6,3/1
I/SM/VV/1/2										<1
I/SM/VV/2/1										6,3/1
I/SM/Z/1/1					Y					6,3/1
I/SM/Z/1/2										<1
I/SM/Z/2/1					Y					6,3/1
I/SM/Z/2/2										<1
I/SM/Z/3/1					Y					6,3/1
I/SM/Z/3/2										<1
I/SM/Z/4/1					Y					6,3/1
I/SM/Z/4/2										<1
I/SM/Z/5/1					Y					6,3/1
I/SM/Z/5/2										<1
I/SM/Z/6/1					Y					6,3/1
I/SM/Z/6/2					Y					<1
I/SM/Z/7/1					Y					6,3/1
I/SM/Z/7/2						X				<1
I/SM/Z/8/1					Y					6,3/1
I/SM/Z/8/2						X				<1
I/SM/Z/9/1					Y					6,3/1
I/SM/Z/9/2						X				<1
I/SM/Z/10/1					Y					6,3/1
I/SM/Z/10/2						X				<1
I/SM/Z/11/1					Y					6,3/1
I/SM/Z/11/2						X				<1
I/SM/Z/12/1					Y					6,3/1
I/SM/Z/12/2	X					X				<1
I/SM/Z/13/1					Y					6,3/1
I/SM/Z/13/2	X					X				<1
I/SM/Z/14/1										6,3/1
I/SM/Z/14/2	X					X				<1
I/SM/1										1/0,5
I/SM/2										0,5/0,315
I/SM/3										0,315/0,1
I/SM/4		X								0,1/0,04
I/SM/5							X	X		<0,04
I/SM/LS							X	X		0,1/0,04
I/KM/A/2			X			X				1/0,2
I/KM/Z/1/1						Y				1/0,2
I/KM/Z/1/2										<0,2
I/KM/Z/2/1						Y				1/0,2
I/KM/Z/2/2										<0,2
I/KM/Z/3/1						Y				1/0,2
I/KM/Z/3/2										<0,2
I/KM/Z/4/1						Y				1/0,2
I/KM/Z/4/2	X									<0,2
I/KM/Z/5/1						Y				1/0,2
I/KM/Z/5/2	X									<0,2
I/KM/Z/6/1										1/0,2
I/KM/Z/6/2	X									<0,2
I/KM/1	Y									0,2/0,1
I/KM/2	Y	X								0,1/0,04
I/KM/3	Y						X	X		<0,04
I/KM/LS							X	X		0,1/0,04

x...durchgeführt  
y...aus x resultierend (x derselben Spalte, sofern nicht anders angegeben)  
<sup>†</sup> bei MW 0,2 mm abgesiebt  
Fraktion 1/0,2 mm für KM verwendet

*Schrift: kursiv*  
keine Untersuchungen;  
meist Restproben

<sup>2</sup> setzt sich zusammen  
aus I/BT/4 und I/SM/Z/7-14/2  
jeweils bei 0,2 mm abgesiebt

grau hinterlegt:  
Produkt weiterverarbeitet

**Probenbezeichnung**

Versuchsmaterial

Sinter 3A	I
SM 3	II
Z Sinter	III

Eingangspröbe EG **Bezeichnung (aus Siebanalyse resultierend)**

MW [mm]	KG[mm]	#
50,00	>50	1
40,00	50/40	2
31,50	40/31,5	3
20,00	31,5/20	4
16,00	20/16	5
10,00	16/10	6
6,30	10/6,3	7
4,00	6,3/4	8
2,00	4/2	9
1,00	2/1	10
0,50	1/0,5	11
0,10	0,5/0,1	12
0,00	<0,1	13

Brecher

B	MW [mm]	KG[mm]	#
T	4,00	6,3/4	1
	2,00	4/2	2
	1,00	2/1	3
	0,00	<1	4
T2	0,50	1/0,5	5
	0,315	0,5/0,315	6
	0,10	0,315/0,1	7
	0,04	0,1/0,04	8
	0,00	<0,04	9
LS	0,04	0,1/0,04	

Stabmühle

SM	Mahlungszyklus	KG[mm]	#
Z	1	6,3/1	1
1	1	<1	2
n	n		

MW [mm]	KG[mm]	#	
0,50	1/0,5	1	
0,315	0,5/0,315	2	
0,10	0,315/0,1	3	
0,04	0,1/0,04	4	
0,00	<0,04	5	
LS	0,04	0,1/0,04	

Kugelmühle

KM	Mahlungszyklus	KG[mm]	#
Z	1	1/0,2	1
1	1	<0,2	2
n	n		

MW [mm]	KG[mm]	#	
0,10	0,2/0,1	1	
0,04	0,1/0,04	2	
0,10	<0,04	3	
LS	0,04	0,1/0,04	

Verwendete Aufgabe:  
1/4 Teilung des Brecherprodukts  
Bezeichnung: T

I/B/T1-3: Rest der Stabmühlenaufgabe  
KG: 6,3/1mm

Verwendete Aufgabe:  
1/4 Teilprobe der Fraktion 1/0 mmm  
Bezeichnung: T2

I/B/T/KM/R: Rest der KM-Aufgabe (für Mischung)  
KG: 1/0,2mm

I/B/T/KM/2: Feingut aus Absiebung für KM-Aufgabe  
KG <0,2mm

Luftstrahlsiebung der Fraktion 0,1/0,04 mm

Bez: VV: Vorversuch der Mahlung  
Verwendete Aufgabe: Brecherprodukt  
Fraktion 6,3/1 mm  
Beispiel: II/SM/Z1/1

Verwendete Aufgabe: Das Feingut der letzten  
3 Zyklen aus der Stabmühlmahlung

Verwendete Aufgabe:  
I/B/T/4 und /SM/Z7-14/2  
jeweils bei 0,2 mm abgesiebt

Verwendete Aufgabe: Das Feingut der letzten  
3 Zyklen aus der Kugelmühlmahlung



Untersuchungen

	Siebanalyse	Luftstrahl	Schüttdichte	Brecher	Stabmühle	Kugelmühle	Pyknom.	Oberfl.	Ch.Analyse	KG [mm]
II/EG/ges	X		X							60/0,0
II/EG/1	Y									>50
II/EG/2	Y									50/40
II/EG/3	Y									40/31,5
II/EG/4	Y									31,5/20
II/EG/5	Y									20/16
II/EG/6	Y									16/10
II/EG/7	Y									10/6,3
II/EG/8	Y									6,3/4
II/EG/9	Y									4/2
II/EG/10	Y									2/1
II/EG/11	Y									1/0,5
II/EG/12	Y									0,5/0,1
II/EG/13	Y									<0,1
II/EG/(40/6,3)			X	X						16/6,3
II/B/T/1	Y									6,3/4
II/B/T/2	Y									4/2
II/B/T/3	Y						X			2/1
II/B/T/4	Y					X <sup>1</sup>				<1
II/B/T/5	Y									1/0,5
II/B/T/2/6	Y						X			0,5/0,315
II/B/T/2/7	Y									0,315/0,1
II/B/T/2/8	Y	X								0,1/0,04
II/B/T/2/9	Y						X	X		<0,04
II/B/T/2/LS	Y						X	X		0,1/0,04
II/B/T/(6,3/1)	X		X		X					6,3/1
II/B/T/1-3										6,3/1
II/B/T/KM/Rest										1/0,2
II/B/T/KM/1										1/0,2
II/B/T/KM/2										<0,2
II/SM/Z/1/1					Y					6,3/1
II/SM/Z/1/2						X				<1
II/SM/Z/2/1					Y					6,3/1
II/SM/Z/2/2										<1
II/SM/Z/3/1					Y					6,3/1
II/SM/Z/3/2						X				<1
II/SM/Z/4/1					Y					6,3/1
II/SM/Z/4/2										<1
II/SM/Z/5/1					Y					6,3/1
II/SM/Z/5/2						X				<1
II/SM/Z/6/1					Y					6,3/1
II/SM/Z/6/2										<1
II/SM/Z/7/1					Y					6,3/1
II/SM/Z/7/2										<1
II/SM/Z/8/1					Y					6,3/1
II/SM/Z/8/2										<1
II/SM/Z/9/1					Y					6,3/1
II/SM/Z/9/2						X				<1
II/SM/Z/10/1					Y					6,3/1
II/SM/Z/10/2						X				<1
II/SM/Z/11/1					Y					6,3/1
II/SM/Z/11/2						X				<1
II/SM/Z/12/1					Y					6,3/1
II/SM/Z/12/2	X					X				<1
II/SM/1										1/0,5
II/SM/2										0,5/0,315
II/SM/3										0,315/0,1
II/SM/4		X								0,1/0,04
II/SM/5							X	X		<0,04
II/SM/LS							X	X		0,1/0,04
II/SM/KM/Rest										1/0,2
II/KM/A <sub>2</sub>			X			X				1/0,2
II/KM/Z/1/1						Y				1/0,2
II/KM/Z/1/2										<0,2
II/KM/Z/2/1						Y				1/0,2
II/KM/Z/2/2										<0,2
II/KM/Z/3/1						Y				1/0,2
II/KM/Z/3/2										<0,2
II/KM/Z/4/1						Y				1/0,2
II/KM/Z/4/2	X									<0,2
II/KM/Z/5/1						Y				1/0,2
II/KM/Z/5/2	X									<0,2
II/KM/A/Rest										1/0,2
II/KM/1	Y									0,2/0,1
II/KM/2	Y	X								0,1/0,04
II/KM/3	Y						X	X		<0,04
II/KM/LS							X	X		0,1/0,04

x...durchgeführt  
y...aus x resultierend (x derselben Spalte, sofern nicht anders angegeben)

<sup>1</sup> bei MW 0,2 mm abgesiebt  
Fraktion 1/0,2 mm für KM verwendet

Schrift: kursiv  
keine Untersuchungen;

meist Restproben

<sup>2</sup> setzt sich zusammen  
aus II/B/T/4 und II/SM/Z/7-14/2  
jeweils bei 0,2 mm abgesiebt

grau hinterlegt:  
Produkt weiterverarbeitet.

**Probenbezeichnung**

Versuchsmaterial

Sinter 3A	I
SM 3	II
Z Sinter	III

Verwendete Aufgabe:  
1/4 Teilung der Eingangspröbe  
Bezeichnung: T

Siebanalyse im Feinkornbereich:  
Verwendete Aufgabe:  
1/4 Teilprobe der Fraktion 1/0 mm  
Bezeichnung: T2

Luftstrahlsiebung  
der Fraktion 0,1/0,04 mm

Beispiel: III/SM/Z1/1

Eingangspröbe EG Bezeichnung (aus Siebanalyse resultierend)

MW [mm]	KG[mm]	#
4,00	10/6,3	1
2,00	6,3/4	2
1,00	4/2	3
0,50	2/1	4
0,10	1/0,5	5
0,00	0,5/0,1	6

Stabmühle SM

Mahlungszyklus	KG[mm]	#
Z	1 6,3/1	1
1	1 <1	2
n	n	

Siebanalyse:

3 Zyklen aus der Stabmühlenmahlung

MW [mm]	KG[mm]	#
0,50	1/0,5	1
0,315	0,5/0,315	2
0,10	0,315/0,1	3
0,04	0,1/0,04	4
0,00	<0,04	5

LS

Verwendete Aufgabe:  
aus III/SM/Zx/2 des Stabmühlenprodukts  
jeweils bei 0,2 mm abgesiebt

Kugelmühle KM

Mahlungszyklus	KG[mm]	#
Z	1 1/0,2	1
1	1 <0,2	2
n	n	

Siebanalyse:

Verwendete Aufgabe: Das Feingut der letzten  
3 Zyklen aus der Kugelmühlenmahlung

MW [mm]	KG[mm]	#
0,10	0,2/0,1	1
0,04	0,1/0,04	2
0,10	<0,04	3

LS

Untersuchungen

	Siebanalyse	Luftstrahls.	Schüttichte	Stabmühle	Kugelmühle	Pyknom.	Oberfl.	Ch.Analyse	KG [mm]
III/EG/ges	X		X						10/6,3
III/EG/1	Y								6,3/4
III/EG/2	Y								4/2
III/EG/3	Y								2/1
III/EG/4	Y								1/0,5
III/EG/5	Y								0,5/0,1
III/EG/6	Y								<0,1
III/EG/(6,3/1)			X						6,3/1
III/SM/Z1/1				Y					6,3/1
III/SM/Z1/2					X				<1
III/SM/Z2/1				Y					6,3/1
III/SM/Z2/2									<1
III/SM/Z3/1				Y					6,3/1
III/SM/Z3/2					X				<1
III/SM/Z4/1				Y					6,3/1
III/SM/Z4/2									<1
III/SM/Z5/1				Y					6,3/1
III/SM/Z5/2					X				<1
III/SM/Z6/1				Y					6,3/1
III/SM/Z6/2									<1
III/SM/Z7/1				Y					6,3/1
III/SM/Z7/2									<1
III/SM/Z8/1				Y					6,3/1
III/SM/Z8/2									<1
III/SM/Z9/1				Y					6,3/1
III/SM/Z9/2					X				<1
III/SM/Z10/1				Y					6,3/1
III/SM/Z10/2					X				<1
III/SM/Z11/1				Y					6,3/1
III/SM/Z11/2					X				<1
III/SM/Z12/1				Y					6,3/1
III/SM/Z12/2	X				X				<1
III/SM/1									1/0,5
III/SM/2									0,5/0,315
III/SM/3									0,315/0,1
III/SM/4		X							0,1/0,04
III/SM/5						X	X		<0,04
III/SM/LS						X	X		0,1/0,04
III/SM/KM/Rest									1/0,2
III/KM/A2			X		X				1/0,2
III/KM/Z1/1					Y				1/0,2
III/KM/Z1/2									<0,2
III/KM/Z2/1					Y				1/0,2
III/KM/Z2/2									<0,2
III/KM/Z3/1					Y				1/0,2
III/KM/Z3/2									<0,2
III/KM/Z4/1					Y				1/0,2
III/KM/Z4/2	X								<0,2
III/KM/A/Rest									1/0,2
III/KM/1	Y								0,2/0,1
III/KM/2	Y	X							0,1/0,04
III/KM/3	Y					X	X		<0,04
III/KM/LS						X	X		0,1/0,04

Rest aus Kugelmühlmahlung vorhanden

x...durchgeführt

2 setzt sich zusammen aus III/SM/Zx/2 des Stabmühlenprodukts jeweils bei 0,2 mm abgeseibt

grau hinterlegt: Produkt weiterverarbeitet.

Sammelprobe: Produktstrom 5; Endprodukt

Feineinstellung					Grobeinstell.						
Probe.stelle	5				arimet. Mittel	Probe.stelle:	5				arimet. Mittel
[mm]	D [%]	D [%]	D [%]	D [%]		[mm]	D [%]	D [%]	D [%]	D [%]	
						0,515					
						0,435					
						0,365					
						0,305	100,00	100,00	100,00	100,00	
0,31178	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,255	100,00	100,00	100,00	100,00	
0,26287	99,82	99,80	99,74	99,79	99,79	0,215	99,61	99,98	99,45	99,68	
0,22008	98,26	97,97	98,50	98,24	98,24	0,18	97,93	98,27	97,30	97,83	
0,1834	95,31	94,62	95,90	95,28	95,28	0,15	95,11	94,95	94,01	94,69	
0,14142	91,32	90,19	91,92	91,14	91,14	0,125	91,34	90,49	90,09	90,64	
0,1	86,51	89,98	86,71	87,73	87,73	0,105	86,59	85,28	85,50	85,79	
0,08573	81,43	79,59	81,07	80,70	80,70	0,09	81,35	79,93	90,45	83,91	
0,07126	74,97	72,85	74,03	73,95	73,95	0,075	74,57	73,24	73,78	73,86	
0,058	68,80	66,61	67,72	67,71	67,71	0,0625	68,19	66,96	67,42	67,52	
0,04861	63,52	61,45	62,66	62,54	62,54	0,0525	62,89	61,69	62,10	62,23	
0,04161	59,34	57,47	58,77	58,53	58,53	0,045	58,78	57,64	58,04	58,15	
0,03408	54,86	53,27	54,62	54,25	54,25	0,0375	54,40	53,41	53,88	53,90	
0,02689	49,85	48,64	49,98	49,49	49,49	0,03	49,53	48,76	49,37	49,22	
0,02233	45,98	45,04	46,36	45,79	45,79	0,025	45,73	45,15	45,84	45,57	
0,01921	42,74	42,03	43,31	42,69	42,69	0,0215	42,55	42,12	42,85	42,51	
0,0162	39,37	38,84	40,09	39,43	39,43	0,0185	39,21	38,92	39,65	39,26	
0,01358	35,21	34,86	36,04	35,37	35,37	0,0155	35,06	34,95	35,62	35,21	
0,01147	31,02	30,82	31,90	31,24	31,24	0,013	30,87	30,91	31,50	31,09	
0,009	27,14	27,04	28,02	27,40	27,40	0,011	26,98	27,15	27,65	27,26	
0,0075	22,78	22,77	23,62	23,06	23,06	0,009	22,61	22,89	23,29	22,93	
0,00598	19,20	19,24	19,98	19,47	19,47	0,0075	19,03	19,37	19,69	19,36	
0,00514	16,68	16,73	17,39	16,93	16,93	0,0065	16,51	16,87	17,13	16,84	
0,0045	14,05	14,12	14,68	14,28	14,28	0,0055	13,89	14,26	14,46	14,20	
0,0026	11,34	11,41	11,87	11,54	11,54	0,0045	11,20	11,53	11,69	11,47	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabelle: Sinter 3 A Endprodukt 5  
 Sammelprobe 7.11.07  
 Auswertung der Korngrößenverteilungen

Sinter 3A

Sympatek/Einzelmessungen

KG			Grobeinstell.	KG			Grobeinstell.	KG			Grobeinstell.
Mühlenauslauf	Probe.stelle:	2	Rückgut	Probe.stelle:	3	Endprodukt	Probe.stelle:	5			
[µm]	[mm]	D [%]	[µm]	[mm]	D [%]	[µm]	[mm]	D [%]			
			615	0,615	100,00						
515	0,515	100,00	515	0,515	100,00	515	0,515				
435	0,435	100,00	435	0,435	97,00	435	0,435				
365	0,365	99,25	365	0,365	89,76	365	0,365				
305	0,305	98,06	305	0,305	80,26	305	0,305	100,00			
255	0,255	96,14	255	0,255	69,89	255	0,255	99,70			
215	0,215	93,89	215	0,215	59,79	215	0,215	98,77			
180	0,18	91,66	180	0,18	50,13	180	0,18	97,57			
150	0,15	89,77	150	0,15	42,30	150	0,15	96,09			
125	0,125	87,46	125	0,125	36,59	125	0,125	93,60			
105	0,105	83,44	105	0,105	32,24	105	0,105	89,43			
90	0,09	77,75	90	0,09	28,82	90	0,09	84,09			
75	0,075	69,01	75	0,075	25,50	75	0,075	76,02			
62,5	0,0625	59,52	62,5	0,0625	23,30	62,5	0,0625	66,39			
52,5	0,0525	51,06	52,5	0,0525	22,11	52,5	0,0525	56,65			
45	0,045	44,83	45	0,045	21,43	45	0,045	48,92			
37,5	0,0375	39,25	37,5	0,0375	20,77	37,5	0,0375	41,93			
30	0,03	34,45	30	0,03	20,12	30	0,03	36,21			
25	0,025	31,45	25	0,025	19,72	25	0,025	32,86			
21,5	0,0215	29,20	21,5	0,0215	19,41	21,5	0,0215	30,42			
18,5	0,0185	26,93	18,5	0,0185	18,97	18,5	0,0185	27,98			
15,5	0,0155	24,14	15,5	0,0155	18,20	15,5	0,0155	24,95			
13	0,013	21,30	13	0,013	17,13	13	0,013	21,86			
11	0,011	18,66	11	0,011	15,89	11	0,011	19,01			
9	0,009	15,68	9	0,009	14,20	9	0,009	15,80			
7,5	0,0075	13,22	7,5	0,0075	12,58	7,5	0,0075	13,20			
6,5	0,0065	11,48	6,5	0,0065	11,30	6,5	0,0065	11,38			
5,5	0,0055	9,67	5,5	0,0055	9,83	5,5	0,0055	9,52			
4,5	0,0045	7,80	4,5	0,0045	8,14	4,5	0,0045	7,63			
0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00			

Tabelle: Sinter 3 A  
 Sammelprobenname 7.12.07  
 Auswertung der Korngrößenverteilungen

<b>Siebanalyse der Mühlenaufgabe</b>						<b>SM 3</b>	<b>1</b>
<b>Maschenweite</b> <b>[mm]</b>	<b>Masse</b> <b>[g]</b>	<b>Masse</b> <b>[%]</b>	<b>R</b> <b>[%]</b>	<b>D</b> <b>[%]</b>	<b>GGs Exp.</b>	<b>HS</b>	
5,00	0,000	0,0	0,00	100,00	-		
3,15	281,560	36,5	36,48	63,52	0,98		
1,00	280,740	36,4	72,86	27,14	0,74		
0,50	83,410	10,8	83,66	16,34	0,73		
0,20	68,140	8,8	92,49	7,51	0,85		
0,10	28,290	3,7	96,16	3,84	0,97		
0,00	29,650	3,8	100,00	0,00	-		
<b>Summe:</b>	<b>771,790</b>	<b>100,0</b>					
<b>Siebanalyse des Mühlenprodukts</b>						<b>SM3</b>	<b>2</b>
<b>Maschenweite</b> <b>[mm]</b>	<b>Masse</b> <b>[g]</b>	<b>Masse</b> <b>[%]</b>	<b>R</b> <b>[%]</b>	<b>D</b> <b>[%]</b>	<b>GGs Exp.</b>	<b>LS</b>	
0,315	0,000	0,0	0,00	100,00	-		
0,20	1,170	5,9	5,85	94,15	0,13		
0,10	2,980	14,9	20,75	79,25	0,25		
0,06	2,750	13,8	34,50	65,50	0,41		
0,04	2,940	14,7	49,20	50,80	0,56		
0,00	10,160	50,8	100,00	0,00	-		
<b>Summe:</b>	<b>20,00</b>	<b>100,00</b>					
<b>Siebanalyse des Rückguts</b>						<b>SM3</b>	<b>3</b>
<b>Maschenweite</b> <b>[mm]</b>	<b>Masse</b> <b>[g]</b>	<b>Masse</b> <b>[%]</b>	<b>R</b> <b>[%]</b>	<b>D</b> <b>[%]</b>	<b>GGs Exp.</b>	<b>LS</b>	
0,50	0,000	0,0	0,00	100,00	-		
0,315	1,710	8,6	8,55	91,45			
0,20	5,100	25,5	34,05	65,95	0,45		
0,10	8,110	40,6	74,60	25,40	1,38		
0,06	0,860	4,3	78,90	21,10	0,40		
0,04	0,210	1,1	79,95	20,05	0,11		
0,00	4,010	20,1	100,00	0,00	-		
<b>Summe:</b>	<b>20,00</b>	<b>100,00</b>					
<b>Siebanalyse des Endprodukts</b>						<b>SM3</b>	<b>5</b>
<b>Maschenweite</b> <b>[mm]</b>	<b>Masse</b> <b>[g]</b>	<b>Masse</b> <b>[%]</b>	<b>R</b> <b>[%]</b>	<b>D</b> <b>[%]</b>	<b>GGs Exp.</b>	<b>LS</b>	
0,315	0,000	0,0	0,00	100,00	-		
0,20	0,270	1,4	1,35	98,65	0,03		
0,10	2,220	11,1	12,45	87,55	0,17		
0,06	2,880	14,4	26,85	73,15	0,39		
0,04	2,900	14,5	41,35	58,65	0,49		
0,00	11,730	58,7	100,00	0,00	-		
<b>Summe:</b>	<b>20,00</b>	<b>100,00</b>					
Korngrößenverteilung 07.12.2006						Sinter 3A	
Sinter 3A WS 40/40						Tabelle	
Ist-Zustandanalyse an der 9to Mahlanlage							

SM3

WS 90/30

Sym patek/Einzelmessungen

KG			Grobeinstell.	KG			Grobeinstell.	KG			Grobeinstell.
Mühlenauslauf	Probe.stelle:		2	Rückgut	Probe.stelle:		Endprodukt	Probe.stelle:		5	
[ $\mu\text{m}$ ]	[mm]		D [%]	[ $\mu\text{m}$ ]	[mm]	D [%]	[ $\mu\text{m}$ ]	[mm]		D [%]	
515	0,515		100,00	615	0,615	100,00					
435	0,435		99,62	515	0,515	100,00	515	0,515			
365	0,365		97,63	435	0,435	97,21	435	0,435			
305	0,305		95,84	365	0,365	88,89	365	0,365			
255	0,255		94,05	305	0,305	77,67	305	0,305	100,00		
215	0,215		91,57	255	0,255	66,11	255	0,255	99,16		
180	0,18		88,64	215	0,215	56,26	215	0,215	97,37		
150	0,15		85,80	180	0,18	47,98	180	0,18	94,78		
125	0,125		82,39	150	0,15	41,77	150	0,15	91,97		
105	0,105		77,50	125	0,125	37,52	125	0,125	88,61		
90	0,09		71,22	105	0,105	34,85	105	0,105	83,62		
75	0,075		61,76	90	0,09	33,25	90	0,09	76,79		
62,5	0,0625		51,52	75	0,075	31,87	75	0,075	66,20		
52,5	0,0525		42,45	62,5	0,0625	30,85	62,5	0,0625	54,74		
45	0,045		35,89	52,5	0,0525	30,15	52,5	0,0525	44,71		
37,5	0,0375		30,17	45	0,045	29,66	45	0,045	37,48		
30	0,03		25,51	37,5	0,0375	29,13	37,5	0,0375	31,18		
25	0,025		22,82	30	0,03	28,53	30	0,03	26,07		
21,5	0,0215		20,93	25	0,025	28,04	25	0,025	23,14		
18,5	0,0185		19,12	21,5	0,0215	27,56	21,5	0,0215	21,11		
15,5	0,0155		16,95	18,5	0,0185	26,89	18,5	0,0185	19,19		
13	0,013		14,80	15,5	0,0155	25,74	15,5	0,0155	16,91		
11	0,011		12,83	13	0,013	24,22	13	0,013	14,68		
9	0,009		10,64	11	0,011	22,47	11	0,011	12,65		
7,5	0,0075		8,88	9	0,009	20,12	9	0,009	10,42		
6,5	0,0065		7,65	7,5	0,0075	17,86	7,5	0,0075	8,64		
5,5	0,0055		6,39	6,5	0,0065	16,07	6,5	0,0065	7,40		
4,5	0,0045		5,12	5,5	0,0055	14,00	5,5	0,0055	6,16		
0	0		0,00	4,5	0,0045	11,61	4,5	0,0045	4,91		
				0	0	0,00	0	0	0,00		

Tabelle: SM3

WS 90/30

Sammelprobenname 7.12.07

Auswertung der Korngrößenverteilungen



Siebanalyse der Mühlenaufgabe						SM 3	1
Maschenweite [mm]	Masse [g]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.	HS	
5,00	0,000	0,0	0,00	100,00	-		
3,15	499,380	67,0	67,00	33,00	2,40		
1,00	241,230	32,4	99,37	0,63	3,44		
0,50	1,770	0,2	99,60	0,40	0,68		
0,20	0,940	0,1	99,73	0,27	0,42		
0,10	0,550	0,1	99,80	0,20	0,46		
0,00	1,470	0,2	100,00	0,00	-		
<b>Summe:</b>	<b>745,340</b>	<b>100,0</b>					

Siebanalyse des Mühlenprodukts						SM3	2
Maschenweite [mm]	Masse [g]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.	LS	
0,315	0,000	0,0	0,00	100,00	-		
0,20	1,900	9,5	9,50	90,50	0,22		
0,10	4,060	20,3	29,80	70,20	0,37		
0,06	2,890	14,5	44,25	55,75	0,50		
0,04	2,700	13,5	57,75	42,25	0,61		
0,00	8,450	42,3	100,00	0,00	-		
<b>Summe:</b>	<b>20,00</b>	<b>100,00</b>					

Siebanalyse des Rückguts						SM3	3
Maschenweite [mm]	Masse [g]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.	LS	
0,50	0,000	0,0	0,00	100,00	-		
0,315	1,670	8,4	8,35	91,65	-		
0,20	4,420	22,1	30,45	69,55	0,40		
0,10	4,180	20,9	51,35	48,65	0,52		
0,06	0,620	3,1	54,45	45,55	0,14		
0,04	0,030	0,1	54,60	45,40	0,01		
0,00	9,080	45,4	100,00	0,00	-		
<b>Summe:</b>	<b>20,00</b>	<b>100,00</b>					

Siebanalyse des Endprodukts						SM3	5
Maschenweite [mm]	Masse [g]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.	LS	
0,315	0,000	0,0	0,00	100,00	-		
0,20	0,430	2,2	2,15	97,85	0,05		
0,10	2,730	13,7	15,80	84,20	0,22		
0,06	2,530	12,7	28,45	71,55	0,35		
0,04	2,960	14,8	43,25	56,75	0,51		
0,00	11,350	56,8	100,00	0,00	-		
<b>Summe:</b>	<b>20,00</b>	<b>100,00</b>					

Korngrößenverteilung	07.12.2006	SM3 WS 90/30
SM3	WS 90/30	
Versuch: Grobmehlerzeugung an der 9to Mahlanlage		Tabelle



SM3

WS 100/30

Sympatek/Einzelmessungen

KG			Grobeinstell.	KG			Grobeinstell.	KG			Grobeinstell.
Mühlenauslauf	Probe.stelle:		2	Rückgut	Probe.stelle:		5	Endprodukt	Probe.stelle:		5
[ $\mu\text{m}$ ]	[mm]		D [%]	[ $\mu\text{m}$ ]	[mm]		D [%]	[ $\mu\text{m}$ ]	[mm]		D [%]
				615	0,615		100,00				
515	0,515		100,00	515	0,515		100,00	515	0,515		
435	0,435		100,00	435	0,435		97,78	435	0,435		
365	0,365		98,02	365	0,365		91,21	365	0,365		100,00
305	0,305		96,07	305	0,305		82,54	305	0,305		99,31
255	0,255		94,83	255	0,255		73,55	255	0,255		98,05
215	0,215		93,85	215	0,215		65,70	215	0,215		97,39
180	0,18		92,56	180	0,18		59,06	180	0,18		96,91
150	0,15		90,60	150	0,15		54,31	150	0,15		95,82
125	0,125		87,59	125	0,125		51,43	125	0,125		93,29
105	0,105		82,86	105	0,105		49,73	105	0,105		88,97
90	0,09		76,41	90	0,09		48,50	90	0,09		83,05
75	0,075		66,15	75	0,075		47,01	75	0,075		73,13
62,5	0,0625		54,70	62,5	0,0625		45,59	62,5	0,0625		61,03
52,5	0,0525		44,61	52,5	0,0525		44,61	52,5	0,0525		49,41
45	0,045		37,52	45	0,045		44,15	45	0,045		40,72
37,5	0,0375		31,60	37,5	0,0375		43,84	37,5	0,0375		33,32
30	0,03		26,96	30	0,03		43,45	30	0,03		27,83
25	0,025		24,28	25	0,025		43,03	25	0,025		25,01
21,5	0,0215		22,35	21,5	0,0215		42,54	21,5	0,0215		23,12
18,5	0,0185		20,44	18,5	0,0185		41,79	18,5	0,0185		21,23
15,5	0,0155		18,11	15,5	0,0155		40,41	15,5	0,0155		18,84
13	0,013		15,78	13	0,013		38,44	13	0,013		16,35
11	0,011		13,65	11	0,011		36,06	11	0,011		14,03
9	0,009		11,29	9	0,009		32,69	9	0,009		11,43
7,5	0,0075		9,39	7,5	0,0075		29,33	7,5	0,0075		9,36
6,5	0,0065		8,08	6,5	0,0065		26,58	6,5	0,0065		7,94
5,5	0,0055		6,74	5,5	0,0055		23,31	5,5	0,0055		6,53
4,5	0,0045		5,39	4,5	0,0045		19,43	4,5	0,0045		5,15
0	0		0,00	0	0		0,00	0	0		0,00

Tabelle: SM3 WS 100/30

Sammelprobenname 7.12.07

Auswertung der Korngrößenverteilungen

Siebanalyse der Mühlenaufgabe						SM 3	1
Maschenweite [mm]	Masse [g]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.	HS	
5,00	0,000	0,0	0,00	100,00	-		
3,15	499,380	67,0	67,00	33,00	2,40		
1,00	241,230	32,4	99,37	0,63	3,44		
0,50	1,770	0,2	99,60	0,40	0,68		
0,20	0,940	0,1	99,73	0,27	0,42		
0,10	0,550	0,1	99,80	0,20	0,46		
0,00	1,470	0,2	100,00	0,00	-		
<b>Summe:</b>	<b>745,340</b>	<b>100,0</b>					

Siebanalyse des Mühlenprodukts						SM3	2
Maschenweite [mm]	Masse [g]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.	LS	
0,315	0,000	0,0	0,00	100,00	-		
0,20	1,830	9,2	9,15	90,85	0,21		
0,10	3,620	18,1	27,25	72,75	0,32		
0,06	2,540	12,7	39,95	60,05	0,42		
0,04	2,900	14,5	54,45	45,55	0,61		
0,00	9,110	45,6	100,00	0,00	-		
<b>Summe:</b>	<b>20,00</b>	<b>100,00</b>					

Siebanalyse des Rückguts						SM3	3
Maschenweite [mm]	Masse [g]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.	LS	
0,50	0,000	0,0	0,00	100,00	-		
0,315	2,180	10,9	10,90	89,10			
0,20	4,110	20,6	31,45	68,55	0,41		
0,10	4,940	24,7	56,15	43,85	0,64		
0,06	0,590	3,0	59,10	40,90	0,15		
0,04	0,780	3,9	63,00	37,00	0,22		
0,00	7,400	37,0	100,00	0,00	-		
<b>Summe:</b>	<b>20,00</b>	<b>100,00</b>					

Siebanalyse des Endprodukts						SM3	5
Maschenweite [mm]	Masse [g]	Masse [%]	R [%]	D [%]	GGs Exp.	LS	
0,315	0,000	0,0	0,00	100,00	-		
0,20	0,390	2,0	1,95	98,05	0,04		
0,10	2,530	12,7	14,60	85,40	0,20		
0,06	2,820	14,1	28,70	71,30	0,39		
0,04	3,260	16,3	45,00	55,00	0,57		
0,00	11,000	55,0	100,00	0,00	-		
<b>Summe:</b>	<b>20,00</b>	<b>100,00</b>					

Korngrößenverteilung	07.12.2006	SM3 WS 100/30
SM3	WS 100/30	
Versuch: Grobmehlerzeugung an der 9to Mahlanlage		Tabelle

Probenbezeichnung	BLAINE cm <sup>2</sup> /g	PERMARAN cm <sup>2</sup> /g	Mittelwert cm <sup>2</sup> /g	Standardabw cm <sup>2</sup> /g	BLAINE cm <sup>-1</sup>	PERMARAN cm <sup>-1</sup>	Mittelwert cm <sup>-1</sup>	Standardabw cm <sup>-1</sup>
Mühlenprod. II/M/2 Dichte = 3,59 g/cm <sup>3</sup>	2029	2093	<b>2046</b>	<b>45</b>	7287	7287	<b>7310</b>	<b>152</b>
Rückgut II/M/3 Dichte = 3,57 g/cm <sup>3</sup>	1818	1896	<b>1893</b>	<b>59</b>	6484	6761	<b>6751</b>	<b>209</b>
Endprodukt II/M/5 Dichte = 3,58 g/cm <sup>3</sup>	2281	2363	<b>2325</b>	<b>50</b>	8175	8469	<b>8334</b>	<b>180</b>
	2283	2374			8182	8508		
	Mittelwert (am):	Stabw (am):	Mittelwert (av):	Stabw (av):				
II/M/2	2046	45	7310	152				
II/M/3	1893	59	6751	209				
II/M/5	2325	50	8334	180				
Ermittlung der spez. Körneroberfläche mit dem BLAINE-Gerät 295/83 und PERMARAN-Gerät 113-102, Blaine-Meßzelle 295. <b>SM 3</b> <b>WS 40/40</b> <b>Probenahme am 7.11.06</b>						SM 3		
						Tabelle		

Probenbezeichnung	BLAINE cm <sup>2</sup> /g	PERMARAN cm <sup>2</sup> /g	Mittelwert cm <sup>2</sup> /g	Standardabw cm <sup>2</sup> /g	BLAINE cm <sup>-1</sup>	PERMARAN cm <sup>-1</sup>	Mittelwert cm <sup>-1</sup>	Standardabw cm <sup>-1</sup>
Mühlenprod. II/M/2 Dichte = 3,59 g/cm <sup>3</sup>	2268 2499	2376 2585	<b>2432</b>	<b>139</b>	8051 8872	8435 9176	<b>8634</b>	<b>493</b>
Rückgut II/M/3 Dichte = 3,58 g/cm <sup>3</sup>	838 887	778 836	<b>835</b>	<b>45</b>	2959 3133	2748 2953	<b>2948</b>	<b>157</b>
Endprodukt II/M/5 Dichte = 3,58 g/cm <sup>3</sup>	2592 2690	2558 2845	<b>2671</b>	<b>129</b>	9227 9576	9105 10129	<b>9509</b>	<b>459</b>
	Mittelwert (am):	Stabw (am):	Mittelwert (av):	Stabw (av):				
II/M/2	2432	139	8634	493				
II/M/3	835	45	2948	157				
II/M/5	2671	129	9509	459				
Ermittlung der spez. Körneroberfläche mit dem BLAINE-Gerät 295/83 und PERMARAN-Gerät 113-102, Blaine-Meßzelle 295. <b>Sinter 3A</b> <b>WS 40/40</b> <b>Probenahme am 7.12.06</b>						Sinter 3A		
						Tabelle		

Probenbezeichnung	BLAINE cm <sup>2</sup> /g	PERMARAN cm <sup>2</sup> /g	Mittelwert cm <sup>2</sup> /g	Standardabw cm <sup>2</sup> /g	BLAINE cm <sup>-1</sup>	PERMARAN cm <sup>-1</sup>	Mittelwert cm <sup>-1</sup>	Standardabw cm <sup>-1</sup>
Mühlenprod. II/M/2 Dichte = 3,59 g/cm <sup>3</sup>	1818 2302	1875 2430	<b>2106</b>	<b>305</b>	6526 8266	6730 8724	<b>7562</b>	<b>1097</b>
Rückgut II/M/3 Dichte = 3,58 g/cm <sup>3</sup>	2409 2205	2520 2330	<b>2366</b>	<b>133</b>	8624 7893	9021 8340	<b>8470</b>	<b>475</b>
Endprodukt II/M/5 Dichte = 3,58 g/cm <sup>3</sup>	1973 2402	1996 2536	<b>2227</b>	<b>285</b>	7064 8599	7146 9078	<b>7972</b>	<b>1020</b>
Mittelwert (am):		Stabw (am):	Mittelwert (av):	Stabw (av):				
II/M/2	2106	305	7562	1097				
II/M/3	2366	133	8470	475				
II/M/5	2227	285	7972	1020				
Ermittlung der spez. Körneroberfläche mit dem BLAINE-Gerät 295/83 und PERMARAN-Gerät 113-102, Blaine-Meßzelle 295. <b>SM 3</b> <b>WS 90/30</b> <b>Probenahme am 7.12.06</b>						SM 3  Tabelle		

Probenbezeichnung	BLAINE cm <sup>2</sup> /g	PERMARAN cm <sup>2</sup> /g	Mittelwert cm <sup>2</sup> /g	Standardabw cm <sup>2</sup> /g	BLAINE cm <sup>-1</sup>	PERMARAN cm <sup>-1</sup>	Mittelwert cm <sup>-1</sup>	Standardabw cm <sup>-1</sup>
Mühlenprod. II/M/2 Dichte = 3,59 g/cm <sup>3</sup>	2212 2204	2320 2304	<b>2260</b>	<b>60</b>	7939 7911	8327 8271	<b>8112</b>	<b>217</b>
Rückgut II/M/3 Dichte = 3,84 g/cm <sup>3</sup>	2978 3279	3127 3427	<b>3203</b>	<b>194</b>	11435 12590	12007 13199	<b>12308</b>	<b>759</b>
Endprodukt II/M/5 Dichte = 3,58 g/cm <sup>3</sup>	2342 2818	2456 3042	<b>2665</b>	<b>323</b>	8384 10089	8794 10892	<b>9540</b>	<b>1158</b>
	Mittelwert (am):	Stabw (am):	Mittelwert (av):	Stabw (av):				
II/M/2	2260	60	8112	217				
II/M/3	3203	194	12308	759				
II/M/5	2665	323	9540	1158				
Ermittlung der spez. Körneroberfläche mit dem BLAINE-Gerät 295/83 und PERMARAN-Gerät 113-102, Blaine-Meßzelle 295. <b>SM 3</b> <b>WS 100/30</b> <b>Probenahme am 7.12.06</b>						SM 3		
						Tabelle		

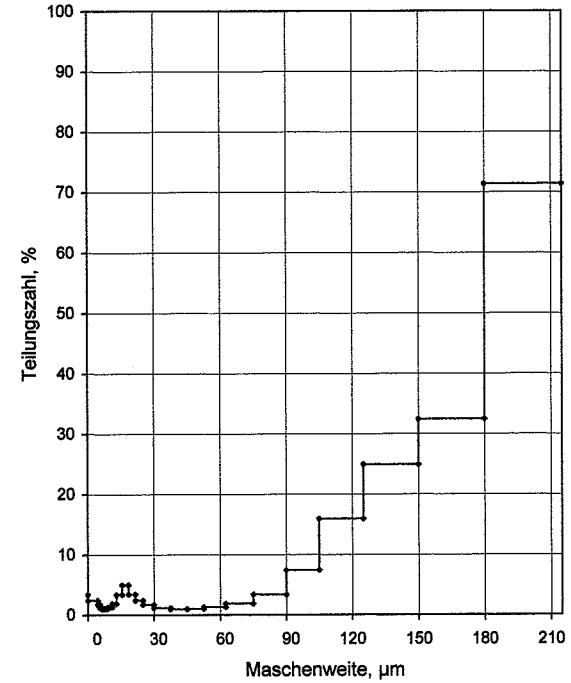
Gauss- Ausgleich

Kornklasse µm	Gehalt, Kornklasse%			1 g <sub>1,1</sub> -g <sub>1,0</sub>	2 g <sub>1,2</sub> -g <sub>1,0</sub>	1*2	2*2	Abw. %-Pkte
	Aufgabe	Grobgut	Feingut					
215	8,43	43,74	2,63	-35,31	-41,11	1451,59	1690,03	0,43
180	2,93	8,28	2,59	- 5,35	- 5,69	30,44	32,38	-0,40
150	2,84	6,21	2,81	- 3,37	- 3,40	11,46	11,56	-0,41
125	3,41	4,25	3,36	- 0,84	- 0,89	0,75	0,79	-0,07
105	4,89	2,67	4,99	2,22	2,32	5,15	5,38	0,20
90	6,28	1,60	6,83	4,68	5,23	24,48	27,35	0,13
75	9,46	1,38	10,59	8,08	9,21	74,42	84,82	0,07
63	10,24	1,02	11,46	9,22	10,44	96,26	108,99	0,14
53	9,07	0,70	10,03	8,37	9,33	78,09	87,05	0,26
45	6,56	0,49	7,23	6,07	6,74	40,91	45,43	0,21
38	5,72	0,53	6,30	5,19	5,77	29,95	33,29	0,17
30	4,66	0,60	5,11	4,06	4,51	18,31	20,34	0,14
25	2,69	0,49	2,93	2,20	2,44	5,37	5,95	0,08
22	1,89	0,48	2,03	1,41	1,55	2,19	2,40	0,06
19	1,81	0,67	1,92	1,14	1,25	1,43	1,56	0,05
16	2,17	1,15	2,28	1,02	1,13	1,15	1,28	0,04
13	2,15	1,52	2,23	0,63	0,71	0,45	0,50	0,01
11	1,97	1,75	2,03	0,22	0,28	0,06	0,08	-0,02
9	2,19	2,35	2,23	- 0,16	- 0,12	0,02	0,01	-0,06
8	1,76	2,26	1,78	- 0,50	- 0,48	0,24	0,23	-0,08
7	1,23	1,79	1,24	- 0,56	- 0,55	0,31	0,30	-0,08
6	1,26	2,07	1,24	- 0,81	- 0,83	0,67	0,69	-0,09
5	1,27	2,39	1,25	- 1,12	- 1,14	1,28	1,30	-0,13
0	5,12	11,61	4,91	- 6,49	- 6,70	43,48	44,89	-0,67
						1918,44	2206,63	

Kornklasse µm	Grobgut TZ, bez. Rückg. A %
215	71,41
180	32,44
150	24,92
125	15,97
105	7,44
90	3,40
75	1,92
63	1,32
53	1,04
45	1,01
38	1,25
30	1,73
25	2,45
22	3,43
19	4,98
16	3,40
13	1,92
11	1,32
9	1,04
8	1,01
7	1,25
6	1,73
5	2,45
0	3,43

Masse Feingut	86,94 %	MW, %	0,000
Masse Grobgut	13,06 %	Stabw, %-Pkte.	0,23

$$r_{m2} = \frac{\sum_{i=1}^n [(g_{i,1} - g_{i,3}) \times (g_{i,2} - g_{i,3})]}{\sum_{i=1}^n (g_{i,2} - g_{i,3})^2}; r_{m3} = 1 - r_{m2}$$



SM 3  
WS 90/30  
Beprobung; Veitsch 07.12.06

Darstellung der grobgutbezogenen Teilungskurve

Sammelprobe

Tabelle

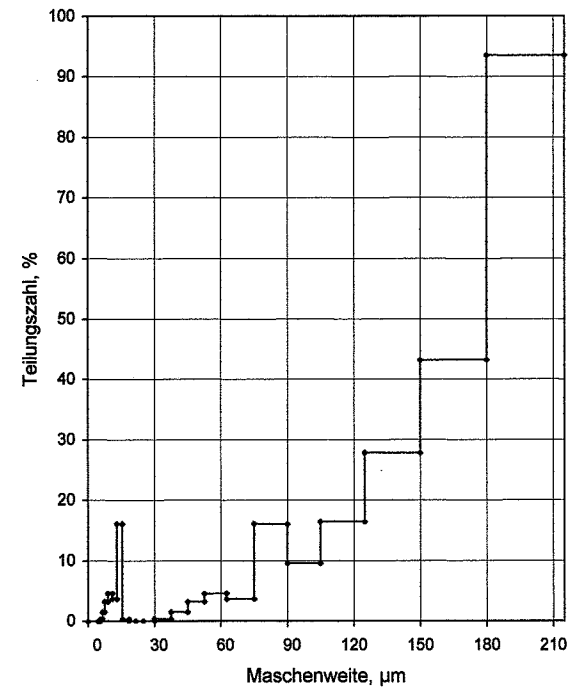
Gauss- Ausgleich

Kornklasse µm	Gehalt, Kornklasse%			1		2		Abw. %-Pkte
	Aufgabe	Grobgut	Feingut	$g_{1,1}-g_{1,3}$	$g_{1,2}-g_{1,3}$	$g_{2,1}-g_{2,3}$	$g_{2,2}-g_{2,3}$	
215	3,61	35,22	0,32	-31,61	-34,90	1103,25	1217,89	-0,78
180	3,25	10,67	1,85	- 7,42	- 8,82	65,40	77,76	0,38
150	4,05	9,20	3,14	- 5,15	- 6,06	31,20	36,66	0,20
125	4,48	6,05	4,05	- 1,58	- 2,00	3,16	4,02	0,19
105	4,88	3,91	4,85	0,97	0,94	0,91	0,88	0,14
90	5,00	2,74	1,88	2,26	- 0,86	- 1,94	0,73	3,02
75	6,27	2,89	10,05	3,38	7,15	24,19	51,17	-2,94
63	5,82	2,31	6,34	3,52	4,03	14,18	16,27	-0,05
53	4,78	1,35	5,30	3,43	3,95	13,55	15,58	-0,05
45	3,67	0,48	4,07	3,19	3,60	11,47	12,92	0,01
38	3,85	0,12	4,28	3,73	4,14	15,44	17,11	0,08
30	4,25	0,00	4,58	4,25	4,58	19,85	21,87	0,11
25	3,31	0,00	3,65	3,31	3,65	12,05	13,30	0,08
22	2,78	0,00	3,07	2,78	3,07	8,53	9,40	0,07
19	2,95	0,08	3,25	2,87	3,17	9,10	10,04	0,07
16	3,71	0,57	4,05	3,15	3,49	10,96	12,15	0,07
13	3,64	1,17	4,12	2,47	2,95	7,29	8,70	-0,14
11	4,40	1,55	3,83	2,85	2,29	6,53	5,24	0,83
9	3,39	2,20	4,33	1,19	2,13	2,53	4,54	-0,70
8	3,36	2,18	3,57	1,18	1,39	1,64	1,92	-0,04
7	2,39	1,74	2,53	0,65	0,79	0,51	0,62	-0,04
6	2,51	2,02	2,63	0,49	0,62	0,30	0,38	-0,06
5	2,61	2,33	2,73	0,29	0,41	0,12	0,16	-0,07
0	11,06	11,25	11,47	- 0,19	0,22	- 0,04	0,05	-0,39
						1380,19	1539,37	

Kornklasse µm	Grobgut TZ, bez. Rückg. A %
215	93,55
180	43,21
150	27,82
125	16,45
105	9,60
90	16,09
75	3,66
63	4,57
53	3,25
45	1,52
38	0,37
30	0,00
25	0,00
22	0,00
19	0,32
16	16,09
13	3,66
11	4,57
9	3,25
8	1,52
7	0,37
6	0,00
5	0,00
0	0,00

Masse Feingut	88,36 %	MW, %	0,000
Masse Grobgut	11,64 %	Stabw, %-Pkte.	0,93

$$r_{m2} = \frac{\sum_{i=1}^n [(g_{i,1} - g_{i,3}) \times (g_{i,2} - g_{i,3})]}{\sum_{i=1}^n (g_{i,2} - g_{i,3})^2}; r_{m3} = 1 - r_{m2}$$



Sinter 3 A  
 Beprobung; Veitsch 07.11.06  
 Darstellung der grobgutbezogenen Teilungskurve  
 Sammelprobe  
 Tabelle



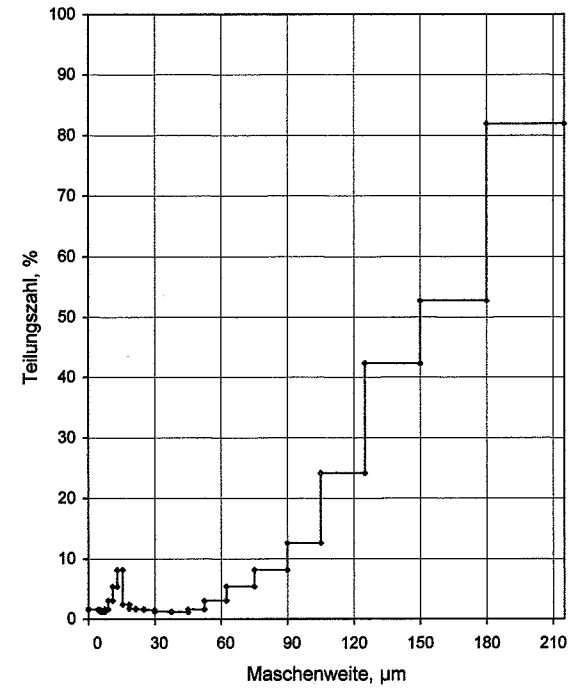
Gauss- Ausgleich

Kornklasse µm	Gehalt, Kornklasse%			1		2		1*2	2*2	Abw. %-Pkte
	Aufgabe	Grobgut	Feingut	g <sub>1A</sub> -g <sub>1G</sub>	g <sub>1F</sub> -g <sub>1G</sub>	g <sub>2A</sub> -g <sub>2G</sub>	g <sub>2F</sub> -g <sub>2G</sub>			
215	6,11	40,21	1,23	-34,10	-38,98	1329,22	1619,44	0,13		
180	2,23	9,66	1,20	- 7,43	- 8,46	62,86	71,57	0,00		
150	1,89	7,83	1,48	- 5,94	- 6,35	37,72	40,32	-0,36		
125	2,31	5,71	2,49	- 3,40	- 3,22	10,95	10,37	-0,57		
105	4,02	4,35	4,17	- 0,33	- 0,18	0,06	0,03	-0,17		
90	5,69	3,42	5,34	2,27	1,92	4,38	3,69	0,68		
75	8,74	3,32	8,07	5,42	4,75	25,75	22,56	1,25		
63	9,49	2,20	9,63	7,29	7,43	54,16	55,20	0,77		
53	8,46	1,19	9,74	7,27	8,55	62,16	73,10	-0,24		
45	6,23	0,68	7,73	5,55	7,05	39,13	49,70	-0,64		
38	5,58	0,66	6,99	4,92	6,33	31,14	40,07	-0,64		
30	4,80	0,65	5,72	4,15	5,07	21,04	25,70	-0,30		
25	3,00	0,40	3,35	2,60	2,95	7,67	8,70	0,01		
22	2,25	0,31	2,44	1,94	2,13	4,13	4,54	0,07		
19	2,27	0,44	2,44	1,83	2,00	3,68	4,00	0,07		
16	2,79	0,77	3,03	2,02	2,26	4,57	5,11	0,04		
13	2,84	1,07	3,09	1,77	2,02	3,58	4,08	0,00		
11	2,64	1,24	2,85	1,40	1,61	2,25	2,59	-0,01		
9	2,98	1,69	3,21	1,29	1,52	1,96	2,31	-0,04		
8	2,46	1,62	2,60	0,84	0,98	0,82	0,96	-0,02		
7	1,74	1,28	1,82	0,46	0,54	0,25	0,29	-0,01		
6	1,81	1,47	1,86	0,34	0,39	0,13	0,15	0,00		
5	1,87	1,69	1,89	0,18	0,20	0,04	0,04	0,00		
0	7,80	8,14	7,63	- 0,34	- 0,51	0,17	0,26	0,11		
						1707,77	1944,80			

Kornklasse µm	Grobgut TZ, bez. Floßg. A %-Pkte
215	81,94
180	52,77
150	42,34
125	24,14
105	12,65
90	8,16
75	5,40
63	3,07
53	1,67
45	1,21
38	1,29
30	1,55
25	1,63
22	1,73
19	2,44
16	8,16
13	5,40
11	3,07
9	1,67
8	1,21
7	1,29
6	1,55
5	1,63
0	1,73

Masse Feingut	87,81 %	MW, %	0,000
Masse Grobgut	12,19 %	Stabw, %-Pkte.	0,42

$$r_{m2} = \frac{\sum_{i=1}^n [(g_{i,1} - g_{i,3}) \times (g_{i,2} - g_{i,3})]}{\sum_{i=1}^n (g_{i,2} - g_{i,3})^2}; r_{m3} = 1 - r_{m2}$$



Sinter 3 A

Beprobung: Veitsch 07.12.06

Darstellung der grobgutbezogenen Teilungskurve

Sammelprobe

Tabelle

Proben#	Masse [%]								Zeit [min]	Masse [%] SM 2	Masse [%] S3A
	SiO2	CaO	Fe2O3	Al2O3	Cr2O3	MnO	P2O3				
V1	0,26	0,88	0,46	0,11	0,02	0,10	0,01		-4	0	100
V2	0,22	0,87	0,46	0,11	0,02	0,10	0,01		0	0	100
V3	0,20	0,87	0,47	0,11	0,02	0,10	0,01		4	0	100
V4	0,19	0,86	0,46	0,11	0,02	0,10	0,01		8	0	100
V5	0,20	0,89	0,46	0,11	0,02	0,10	0,02		12	33,3	66,7
V6	0,25	0,92	0,46	0,11	0,02	0,09	0,02		16	33,3	66,7
V7	0,27	0,95	0,46	0,11	0,02	0,08	0,03		20	66,7	33,3
V8	0,29	0,96	0,46	0,11	0,02	0,08	0,04		24	100	0
V9	0,28	0,97	0,47	0,11	0,02	0,08	0,03		28	66,7	33,3
V10	0,25	0,92	0,46	0,10	0,02	0,08	0,03		32	66,7	33,3
V11	0,22	0,90	0,46	0,11	0,02	0,09	0,02		36	33,3	66,7
V12	0,19	0,87	0,46	0,11	0,02	0,09	0,02		40	33,3	66,7
V13	0,18	0,87	0,46	0,11	0,02	0,09	0,02		44	33,3	66,7
V14	0,17	0,85	0,45	0,11	0,02	0,10	0,02		48	33,3	66,7
V15	0,18	0,87	0,47	0,11	0,02	0,10	0,02		52	33,3	66,7

Chem. Analysen der reinen Rohstoffe		
	Sinter 3A	SM2
SiO2	0,17	0,43
CaO	0,51	0,44
Fe2O3	0,82	1,08
Al2O3	0,11	0,11
Cr2O3	0,01	0,01
MnO	0,25 (?)	
P2O3	0,01	0,04

Ermittlung der Verweilzeit des Mahlgutes an  
der 9to Mühlenanlage  
Abschätzung durch P2O3 Gehalt

Verweilzeitversuch

Tabelle

**Ausmahlversuch am 21.12.2006**

Ausmahlen der Mühle

**Produkt:** Z-Sinter**Bez.:** III/A

Einmahlen der Mühle

**Produkt:** 95-F**Bez.:** IV/E

Proben#	D[%]	bei KG =63µm
1	73,36	
2	67,71	
3	70,96	
4	67,49	
5	74,09	
6	72,88	
7	78,10	
8	78,31	
9	87,81	
10	90,43	
11	91,25	
12	94,74	
13	98,64	
14	98,00	
15	95,25	

Proben#	D[%]	bei KG =63µm
16	97,42	
17	99,41	
18	95,21	
19	84,12	
20	86,96	
21	79,31	
22	68,54	

Korngrößenveränderung während des  
Aus- und Einmahleus  
9to Mühlenanlage Veitsch

Ausmahlversuch

Tabelle

% der Nenndrehzahl	U/min
30	136
40	154
46	172
48	190
50	208
52	226
54	244
56	262
58	280
60	298
62	316
64	334
66	352
68	370
70	388
72	406
74	424
76	442
78	460
80	478
82	496
84	514
86	532
88	550
90	568
92	586
94	604
96	622
98	640
100	658

9to - Mahlanalge  
Windsichter SUV 2800 Gegenflügelsystem  
Drehzahl

Drehzahl Gegenflügel  
Tabelle

Sinter 3A	Datum	Durchgang [%]																
		64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Juli	6																	X
	11																	
	12										X							
	14										X							
	19													X		X		
	24																	
	26																	X
	27														X			
August	2									X								
	5										X							
	6									X		X						
	9											X						
	14												X					
	18													X				
	22														X			X
	24											X						
	25																	X
29											X							
September	6	X																
	8										X							
	11																	
	12							X										
	13							X										
	18											X						
	20										X							
	21	X													X			
	22										X							
26											X							
27									X									
Oktober	2									X								
	4										X							
	5										X							
	9										X							
	11												X					
	17											X						
	18								X									
	20																	X
	25													X				
31						X												
November	1							X										
	3										X							
	7										X							
	10								X									
	13										X							
	15											X						
	16											X						
	20										X							
	21								X									
	23								X									
	27								X									
	28										X							
	29							X										
	30											X						
Dezember	1											X						
	4											X						
	5				X													
	7					X												
	11				X													
	13					X												
	14						X											
	15							X										
	18							X			X							
	19							X										
	21							X										
27							X											
28					X													
29						X												
Jänner	2											X						
	5									X								
	8							X										
	9						X											
	9								X									
	11									X			X					

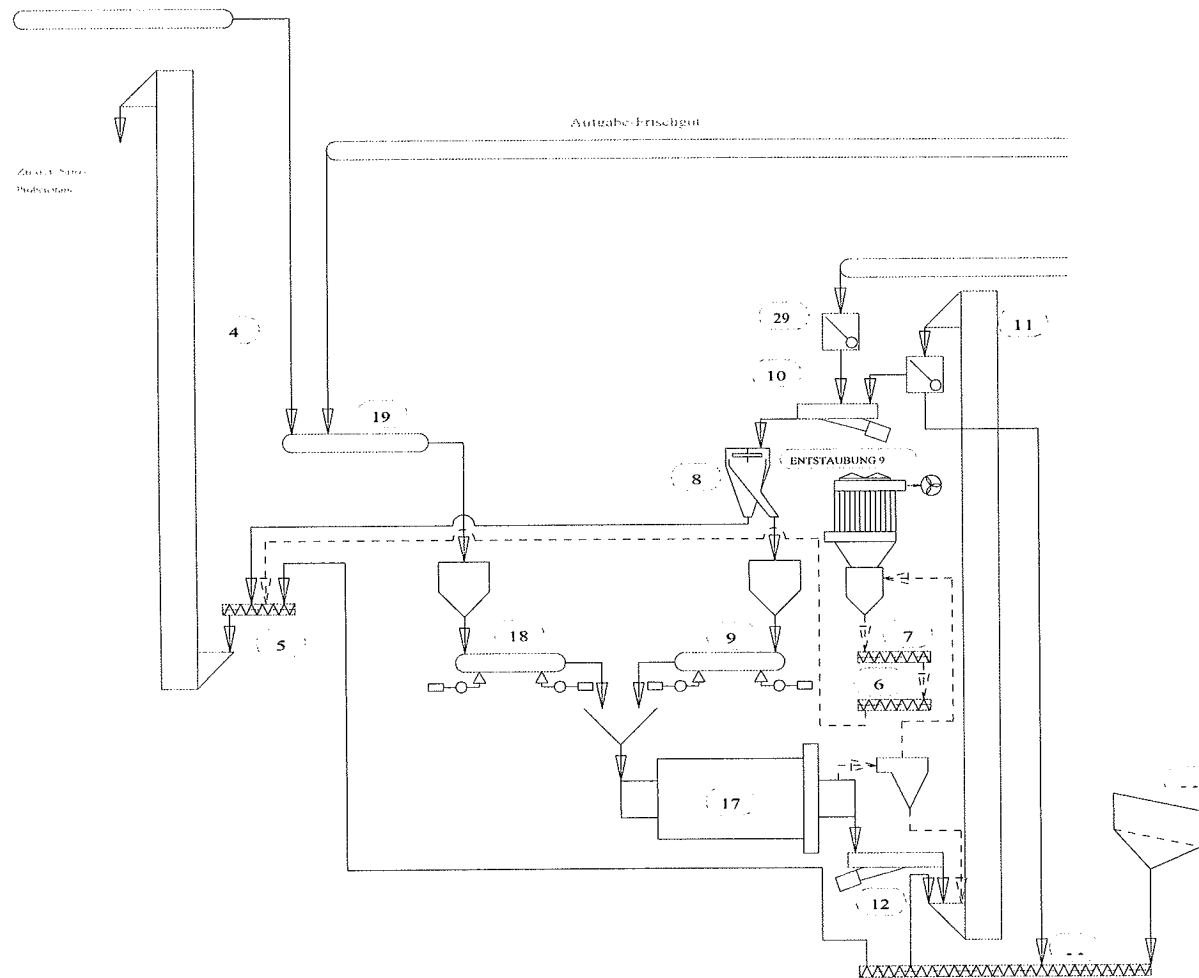
1. Probenahme

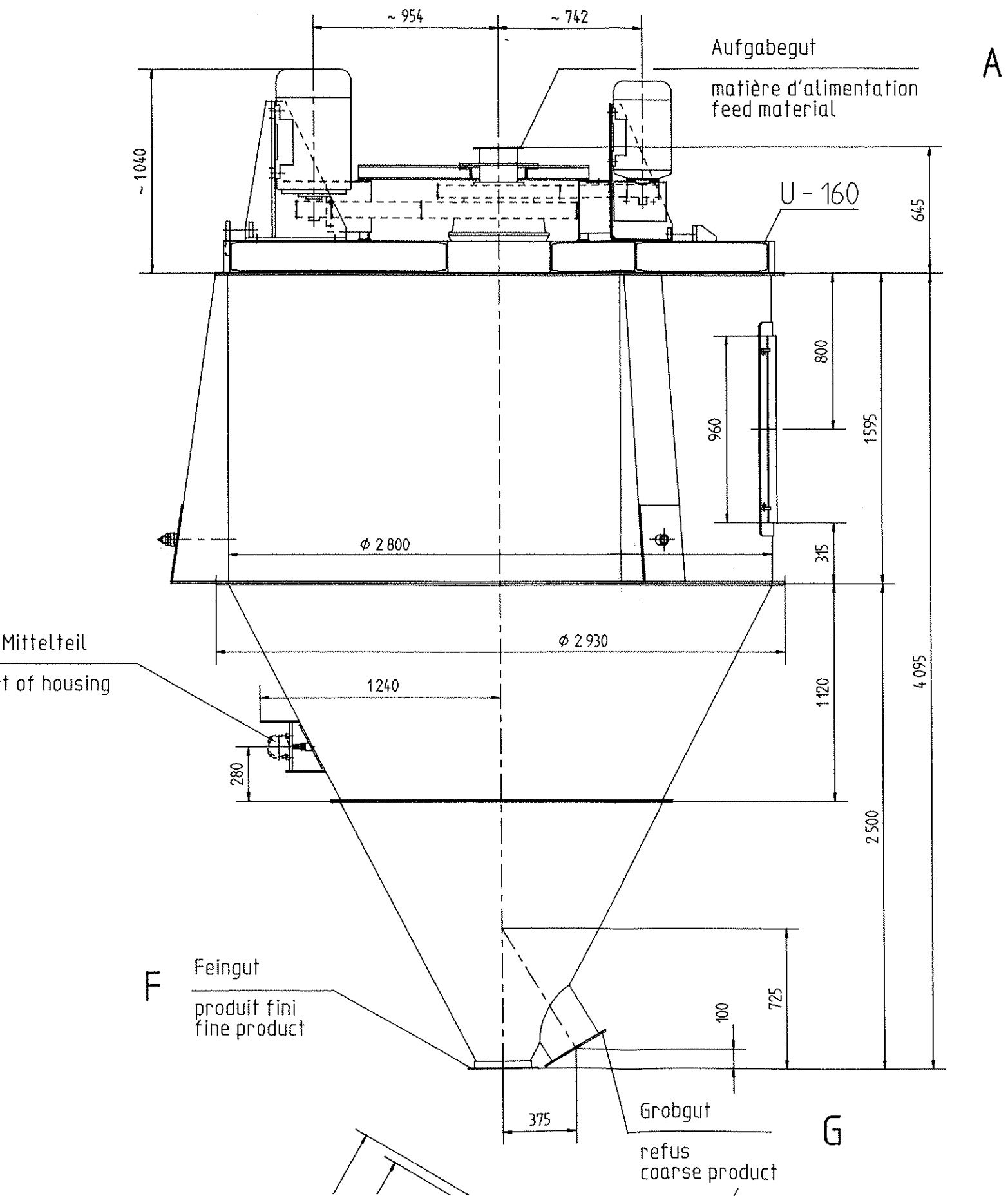
2. Probenahme

Versuch:  
Verweilzeit

## ANHANG C

## 2.1 9 to - Rohrmühlenanlage









Sammelproben SM3																											
Siebung		Sympatek/Feineinstellung				Sympatek/Grobeinstellung				Sympatek/Grobeinstellung				Siebung		Sympatek/Feineinstellung				Sympatek/Grobeinstellung							
Probe.stelle: 1		Probe.stelle: 2				Probe.stelle: 2				Probe.stelle: 3						Probe.stelle 4				Probe.stelle 5							
[mm]	D [%]	[mm]	D [%]	D [%]	D [%]	[mm]	D [%]	D [%]	D [%]	[mm]	D [%]	D [%]	D [%]	[mm]	D [%]	[mm]	D [%]	[mm]	D [%]	D [%]	D [%]	[mm]	D [%]	D [%]	D [%]		
		0,53186	100,00	100,00	100,00	0,435	100,00	100,00	100,00	0,615	100,00	100,00	100,00			0,175	100,00										
		0,44628	100,00	100,00	100,00	0,365	100,00	100,00	100,00	0,515	99,67	100,00	99,83			0,147	99,07										
		0,37291	100,00	100,00	100,00	0,305	100,00	100,00	100,00	0,435	98,41	99,65	99,03			0,123	97,29										
5	100	0,31178	100,00	100,00	100,00	0,255	100,00	100,00	100,00	0,365	95,69	95,53	95,61			0,103	95,01										
3,15	35	0,26287	99,60	99,98	99,79	0,215	100,00	100,00	100,00	0,305	90,71	88,06	89,39	1	100	0,087	92,58										
1	0,60	0,22008	98,00	98,93	98,47	0,18	99,01	100,00	99,51	0,255	82,49	78,29	80,39	0,5	99,65	0,073	89,75	0,31178	100,00	100,00	100,00						
0,5	0,38	0,1834	95,56	97,21	96,38	0,15	97,01	100,00	98,51	0,215	73,56	68,08	70,82	0,315	97,1	0,061	86,50	0,26287	100,00	100,00	100,00	0,515					
0,2	0,25	0,14142	92,32	94,84	93,58	0,125	94,19	98,02	96,11	0,18	64,67	57,92	61,29	0,2	78,75	0,051	82,96	0,22008	99,24	99,93	99,58	0,435					
0,1	0,20	0,1	87,98	90,69	89,34	0,105	90,23	93,89	92,06	0,15	57,12	49,27	53,19	0,1	42,65	0,043	79,36	0,1834	97,45	99,55	98,50	0,365					
0	0	0,08573	82,62	84,45	83,54	0,09	85,30	87,75	86,53	0,125	51,64	42,80	47,22	0,063	38,35	0,036	75,40	0,14142	94,69	98,17	96,43	0,215					
		0,07126	74,83	74,51	74,67	0,075	78,24	77,45	77,85	0,105	47,52	37,98	42,75	0	0	0,03	71,15	0,1	90,56	94,94	92,75	0,105					
		0,058	67,03	63,88	65,45	0,0625	71,03	65,53	68,28	0,09	43,89	34,00	38,94			0,025	66,75	0,08573	85,33	89,75	87,54	0,09					
		0,04861	60,52	54,88	57,70	0,0525	64,66	54,80	59,73	0,075	39,62	29,55	34,59			0,021	62,47	0,07126	77,92	81,19	79,55	0,075					
		0,04161	55,72	48,69	52,20	0,045	59,65	47,29	53,47	0,0625	36,29	26,19	31,24			0,018	58,64	0,058	70,53	71,63	71,08	0,0625					
		0,03408	50,98	43,44	47,21	0,0375	54,47	41,19	47,83	0,0525	34,55	24,49	29,52			0,015	54,02	0,04861	64,16	63,07	63,62	0,0525					
		0,02689	46,00	38,87	42,44	0,03	49,01	36,51	42,76	0,045	34,17	24,12	29,15			0,0125	49,45	0,04161	59,23	56,77	58,00	0,045					
		0,02233	42,24	35,79	39,01	0,025	44,96	33,67	39,32	0,0375	34,00	24,12	29,06			0,0105	45,24	0,03408	54,16	46,07	50,11	0,0375					
		0,01921	39,14	33,34	36,24	0,0215	41,69	31,43	36,56	0,03	34,00	24,12	29,06			0,009	41,75	0,02689	48,87	46,05	47,46	0,03					
		0,0162	35,97	30,79	33,38	0,0185	38,35	29,02	33,69	0,025	34,00	24,12	29,06			0,0075	37,87	0,02233	45,01	42,79	43,90	0,025					
		0,01358	32,11	27,65	29,88	0,0155	34,29	25,92	30,11	0,0215	34,00	24,12	29,06			0,006	33,45	0,01921	41,90	40,23	41,06	0,0215					
		0,01147	28,29	24,47	26,38	0,013	30,22	22,73	26,48	0,0185	33,93	23,93	28,93			0,005	30,19	0,0162	38,70	37,52	38,11	0,0185					
		0,009	24,79	21,52	23,15	0,011	26,48	19,75	23,12	0,0155	33,06	23,12	28,09			0,0043	27,77	0,01358	34,76	34,02	34,39	0,0155					
		0,0075	20,87	18,18	19,52	0,009	22,27	16,43	19,35	0,013	31,38	21,80	26,59			0,0037	25,58	0,01147	30,77	30,34	30,55	0,013					
		0,00598	17,65	15,42	16,53	0,0075	19,81	13,73	16,77	0,011	29,23	20,18	24,70			0,0031	23,21	0,009	27,05	26,82	26,94	0,011					
		0,00514	15,38	13,45	14,41	0,0065	16,36	11,84	14,10	0,009	26,19	17,97	22,08			0,0026	20,95	0,0075	22,83	22,76	22,79	0,009					
		0,0045	13,00	11,39	12,19	0,0055	13,80	9,91	11,86	0,0075	23,22	15,86	19,54			0,0022	18,79	0,00598	19,33	19,34	19,33	0,0075					
		0,0026	10,52	9,23	9,87	0,0045	11,16	7,95	9,56	0,0065	20,86	14,20	17,53			0,0018	16,12	0,00514	16,85	16,88	16,86	0,0065					
		0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,0055	18,14	12,32	15,23			0,0015	13,67	0,0045	14,24	14,30	14,27	0,0055					
										0,0045	15,03	10,17	12,60			0,0013	11,75	0,0026	11,52	11,59	11,55	0,0045					
										0	0,00	0,00	0,00			0,0011	9,50	0	0,00	0,00	0,00	0					
																0,0009	6,88										
																0	0,00										

Tabelle: SM3  
Einzelprobenamen 7.11.07  
Auswertung der Korngrößenverteilungen



