

Prof. Dr. H. J. STEINER

Vorstand des Institutes für Aufbereitung  
und Veredlung

Montanistische Hochschule  
8700 Leoben (Österreich)

FELDSPAT-STEIERMARK 77-1

Leoben, 1977-12-05

AUFBEREITUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG EINER FELDSPAT-  
QUARZ-GESTEINSPROBE - Teilbericht I

Aufbereitungstechnische Untersuchung einer Feldspat-  
Quarz-Gesteinsprobe - Teilbericht I

Im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft "Steirische Rohstoffreserven" war mit Blickrichtung auf eine Gewinnung von Feldspat- bzw. Quarzkonzentraten eine von ao. Prof. Dr. phil. H. HADITSCH zur Verfügung gestellte Probe aufbereitungstechnisch zu untersuchen.

Das Vorkommen befindet sich in der Nähe von Wöllmisberg bei Voitsberg in der Steiermark.

Die Probe wurde der Lagerstätte als Schußprobe entnommen. Ihre Korngröße reichte bis max. 100 mm. Die Probemenge betrug ca. 85 kg im Anlieferungszustand.

Die Gesamtuntersuchung gliedert sich in mehrere Teilschritte (Zerkleinerungsverhalten im Grobkornbereich, Zerkleinerungsverhalten bei der Mahlung, stoffliche Trennung).

Der vorliegende Teilbericht I befaßt sich mit dem Zerkleinerungsverhalten im Grobkornbereich. Die diesbezüglichen Untersuchungen führten zu quantitativen Aussagen über den Zerkleinerungswiderstand und die Bruchcharakteristik des Rohgutes.

Gang der Untersuchung

1. Läuterung der Eingangsprobe

Zur Entfernung von Oberflächenbelägen, Humusresten etc. wurde die Probe zunächst einer Läuterung durch Attrition im Standmischer bei einem Feststoffgehalt von ca. 70 Gew% und anschließender Absiebung bei ca. 8 mm unterzogen.

Das Feingut der Läuterung (ca. 2 Masse %) wurde verworfen. Das Grobgut wurde getrocknet und stellt die Eingangsprobe (Instituts-Nr. 2236) für die folgenden Versuche dar.

## 2. Zerkleinerungsversuche

### 2.1. Vorbemerkung

Wegen des großen Einflusses des Kostenfaktors "Zerkleinerungskosten" auf die Wirtschaftlichkeit einer Feldspat- bzw. Quarzgewinnung und des großen Einflusses der Bruchcharakteristik auf das Masseausbringen an Konzentrat (en) wurde auf die Frage des Zerkleinerungsverhaltens (Bruchcharakteristik und Zerkleinerungswiderstand) besonderes Augenmerk gerichtet.

Bei Industriemineralien wie Feldspat oder Quarz, die mehr oder weniger als industrielle Massengüter mit einem relativ niedrigen Preisniveau angesprochen werden können, haben die Zerkleinerungskosten einen maßgeblichen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit. Einen ebenso großen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit hat die Bruchcharakteristik wegen der besonderen körnungsmäßigen Anforderungen an das Quarz- bzw. Feldspatkonzentrat.

### 2.2. Vorzerkleinerung

Die Vorzerkleinerung der (geläuterten) Probe (mit unbestimmter oberer Korngrößengrenze) erfolgte in 4 Stufen. Das Versuchsschema und die Massenbilanz ist aus Abb. 1 ersichtlich.

Die angewendete Zerkleinerungsmethode kann als stufenweise Zerkleinerung mit dem Backenbrecher mit periodischer Entfernung des Feingutanteils < 6 mm beschrieben werden. Durch diese kontrollierte Art der Versuchsdurchführung kann die sogenannte "natürliche Bruchcharakteristik" ermittelt werden.

Nach der 1. Brecherstufe wurde mit dem Riffelteiler eine Teilprobe von ca. 40 kg abgezweigt und für spätere Untersuchungen zurückgestellt. (Probe Nr. der Teilprobe: 2226-1/1). Die im Zusammenhang mit den Brechversuchen durchgeführten Messungen und Körnungsanalysen sind aus den Zahlentafeln 1 - 13 und den Abbildungen 2 - 8 ersichtlich.

In der Brecherstufe Nr. I wurde mit der weitesten Spaltweiteneinstellung, in den folgenden Brecherstufen II, III, IV mit der engsten Spaltweiteneinstellung gefahren. Nähere Angaben über die Dimensionen der Brecherspaltöffnungen können den Zahlentafeln 2, 4, 6, 8 entnommen werden.

Die Absiebung des Brecheraustrages erfolgte (unvollkommene Scalping-Siebung) bei 6 mm. Grobgut und Feingut der Absiebung wurden nach Teilprobenentnahme siebanalysiert (siehe Zahlentafeln 3, 5, 7, 9).

Die (im allgemeinen bisher noch nicht übliche) Messung der Leistungsaufnahme des Brechers vor, während und nach Abschluß des Zerkleinerungsvorganges wurde mit einem kWh-Zähler mit elektronischer Markierung der Durchgänge des Zählerrädchens durchgeführt. Beispiel eines Registrierstreifens siehe Abb. 2, 3.

### Auswertung der Vorzerkleinerungsversuche

#### Bruchcharakteristik

Durch die Art der Versuchsdurchführung wurde erreicht, daß die Kornverteilung des Zerkleinerungsproduktes  $< 6$  mm im Kornbereich 6 bis 0.1 mm eine natürliche Bruchcharakteristik aufweist. Die graphische Darstellung der Kornverteilung des Zerkleinerungsproduktes  $< 6$  mm in Abb. 8 zeigt, daß ein inhomogenes Zerkleinerungsverhalten vorliegt.

Für dieses inhomogene Zerkleinerungsverhalten sind zwei Knickpunkte der Korngrößen-Summenverteilung im GGS-Netz charakteristisch. Diese Knickpunkte liegen bei ca. 1.3 und 0.15 mm. Der GGS-Exponent, der ein Maß für die Gleichförmigkeit des Korngrößenaufbaues darstellt, hat innerhalb der Knickpunkte einen wesentlich niedrigeren Wert ( $n = 0.57$ ) als außerhalb derselben ( $n = 1.0$  im Bereich  $> 1.3$  mm,  $n = 0.89$  im Bereich kleiner 0.15 mm). Es ist sehr wahrscheinlich, daß die beiden Inhomogenitätsstellen mit einem selektiven Aufschluß der Rohgutkomponenten in Zusammenhang stehen.

#### Zerkleinerungswiderstand

Zur Ermittlung des Zerkleinerungswiderstandes wird der spezifische Energieverbrauch des Zerkleinerungsvorganges mit der gleichzeitig eingetretenen Dispersitätsänderung in Beziehung gebracht. Die Dispersitätsänderung kann entweder über die Änderung charakteristischer Korngrößenkennwerte oder über die bei der Zerkleinerung eingetretene Änderung der spezifischen Oberfläche charakterisiert werden.

Die Angaben über den spezifischen Energieverbrauch und die Durchsatzleistungen in den einzelnen Brecherstufen sind in der Zahlentafel 1 zu finden. Aus diesen Angaben kann der spezifische Energieverbrauch (kWh/t) errechnet werden, der zur Zerkleinerung des Aufgabegutes der ersten Brecherstufe auf das Endprodukt der Zerkleinerung aller vier Brecherstufen erforderlich war. Gemäß Zahlentafel 14 ergibt sich ein Wert von 0.956 kWh/t.

Der Korngrößenkennwert  $k_{80}$  des Aufgabegutes der Brecherstufe 1 (Produkt SA 0) liegt nach Abb. 8 bei ca. 87 mm.

Zur Ermittlung des Korngrößenkennwertes  $k_{80}$  des Zerkleinerungsproduktes aller vier Brechstufen müssen zunächst die Siebanalysen des Siebüberlaufes der Absiebung IV und des "Zerkleinerungsproduktes  $< 6 \text{ mm}$ " massenanteilig zusammengesetzt werden (siehe Abb. 1 bzw. Zahlentafel 15).

Aus einer graphischen Auswertung ergibt sich für das gesamte Zerkleinerungsprodukt der Brecherstufen I bis IV ein Korngrößenkennwert  $k_{80}$  von 4.9 mm. Aus obigen Angaben errechnet sich als Kennwert des Zerkleinerungswiderstandes ein Work-Index nach BOND von 8.72 kWh/t.

Soll der Zerkleinerungswiderstand durch die Rittinger-Konstante (neugeschaffene Oberfläche pro Energieeinheit) gekennzeichnet werden, so müssen zunächst die spezifischen Oberflächen des Aufgabegutes und des Endproduktes der Zerkleinerung ermittelt werden. Die Basiswerte für die Oberflächenberechnung wurden durch Messungen an den Siebfractionen 315/40  $\mu\text{m}$  und 40/0  $\mu\text{m}$  der Siebanalyse des Zerkleinerungsproduktes  $< 6 \text{ mm}$  ermittelt. Die Messung der spezifischen Oberflächen der genannten Siebfractionen mittels PERMARAN-Meßgerätes ergab folgende Werte (siehe dazu auch Zahlentafel 13)

Kornfraktion $\mu\text{m}$	spezifische Oberfläche $\text{cm}^{-1}$
315/40	923
40/0	5763

Setzt man den Kornanteil  $< 315 \mu\text{m}$  gleich 100 Masse %, so beträgt der Anteil der Kornfraktion  $< 40 \mu\text{m}$  gleich 20.98 Masse %. Der GGS-Exponent im Körnungsbereich  $< 315 \mu\text{m}$  wurde rechnerisch zu 0.886 ermittelt. Aus den obigen

Angaben errechnet sich der Kornformfaktor zu  $f = 11.85$  und die untere Grenzkorngröße zu  $k_0 = 16.3 \mu\text{m}$ . Die Körnungskennlinie des Aufgabegutes SA 0 der Brecherstufe I kann durch eine GGS-Gerade mit dem Korngrößenkennwert  $k_{100} = 100 \text{ mm}$  und dem GGS-Exponenten  $n = 1.746$  beschrieben werden. Unter Berücksichtigung der weiter oben angegebenen Werte für den Kornformfaktor und die Grenzkorngröße  $k_0$  ergibt sich eine zugeordnete spezifische Oberfläche von ca.  $2.77 \text{ cm}^{-1}$  (siehe Zahlentafel 17).

Der Siebüberlauf SA 7 (Produkt Nr. 12) hat gemäß Abb. 9 eine spezifische Oberfläche von  $19.02 \text{ cm}^{-1}$  und stellt gemäß Abb. 1 4.9 Masse % des gesamten Zerkleinerungsproduktes dar. Die spezifische Oberfläche des Zerkleinerungsproduktes  $< 6 \text{ mm}$  errechnet sich gemäß Zahlentafel 16 zu  $260.3 \text{ cm}^{-1}$ . Die gewichtsanteilige Zusammensetzung ergibt eine spezifische Oberfläche des gesamten Zerkleinerungsproduktes der Brecherstufen I bis IV von  $248.47 \text{ cm}^{-1}$ . Die in den vier Brecherstufen neugeschaffene spezifische Oberfläche beträgt somit  $248.47 - 2.7 = 245.7 \text{ cm}^{-1}$ . (siehe Zahlentafel 17).

Unter Berücksichtigung des dabei aufgewendeten spezifischen Netto-Energieverbrauches von  $0.956 \text{ kWh/t} = 3.442 \text{ Wsec/g}$  und der Feststoffdichte von  $2.64 \text{ g/cm}^3$  errechnet sich somit die Rittinger-Konstante der Vorzerkleinerung auf  $< 6 \text{ mm}$  zu  $27.04 \text{ cm}^2/\text{Joule}$ .

### 2.3. Mahlung des Zerkleinerungsproduktes $< 6 \text{ mm}$ auf $< 1.5 \text{ mm}$

Das Zerkleinerungsprodukt  $< 6 \text{ mm}$  wurde bei  $1.5 \text{ mm}$  abgesiebt (siehe Zahlentafel 18). Das Grobgut der Absiebung wurde nach dem Prinzip der Zyklenmahlung bei einer angestrebten umlaufenden Last von ca. 100 % mit einer Stabmühle (Abmessungen  $150 \text{ } \emptyset \times 300 \text{ mm}$ ; Mahlkörper: 8 Stäbe mit einem Gesamtgewicht von  $8.46 \text{ kg}$ ) auf  $< 1.5 \text{ mm}$  zerkleinert.

Die Frischaufgabe-Chargen wurden mit dem Rotationsprobenteiler auf ein mittleres Gewicht von 291 g gebracht (Dichte:  $2.64 \text{ g/cm}^3$ ).

Die im Zusammenhang mit der Zyklenmahlung relevanten Aufschreibungen sind in den Zahlentafeln 19, 20, 21, 22, 23 festgehalten.

#### Messung der Leistungsaufnahme des Mühlenantriebs und Ermittlung der Nettoleistungsaufnahme der Mühle

Die Nettoleistungsaufnahme wurde aus der Differenz der Leistungsaufnahme während des Mahlzyklus und der Leerlaufleistungsaufnahme (Leistungsaufnahme beim Antrieb der leeren Mühle) ermittelt.

Die Messung der Leistungsaufnahme erfolgte über einen kWh-Zähler, wobei die Anzahl der Umdrehungen des Zählerrädchens elektronisch registriert und mittels eines Schreibers aufgezeichnet wurden. Aus der Vorschubgeschwindigkeit des Schreibers, der Zählerkonstante des Zählers und der Anzahl der registrierten Umdrehungen des Zählerrädchens konnte die Leistungsaufnahme ermittelt werden (siehe Zahlentafeln 21 und 22).

Zur Errechnung der mittleren Nettoleistungsaufnahme wurden die Meßergebnisse der Zyklen Nr. 13-28 verwendet. Dazu ist zu bemerken, daß während der Zyklen Nr. 1-12 ein (erst nachträglich bei einer Zwischenauswertung erkannter) Schlupf zwischen Getriebeabtrieb (Bohrkopf) und Rollenbock-Antriebswelle auftrat, der die für die Zyklen 1 - 9 geltenden Auswertungsergebnisse verfälschte. Die Zusammenfassung der Auswertungsergebnisse für die Zyklen 13 bis 28 ergibt folgende Werte:

Mittelwert der Nettoleistungsaufnahme der Mühle: 29.94 W



Mittelwert der Lastlaufdrehzahl: 79.31 UpM  
Mittelwert der Leerlaufdrehzahl: 81.47 %  
Schlupf zwischen Leerlauf und Lastlauf: 2.65 %  
Prozentsatz der kritischen Drehzahl  
während des Lastlaufes: 72.61 %

### Spezifischer Energieverbrauch

Der mittlere spezifische Energieverbrauch bei der Mahlung des Grobgutanteils  $> 1.5$  mm aus dem Zerkleinerungsprodukt  $< 6$  mm auf 100 %  $< 1.5$  mm ergibt sich aus der mittleren spezifischen Feingutbildung (4.676 g/sec, siehe Zahlentafel 20) und der mittleren Nettoleistungsaufnahme der Mühle (29.94 W, siehe Zahlentafel 21 und 22) zu 6.4029 Joule/g  $\div 1.779$  kWh/t.

### Bruchcharakteristik

Die Siebanalysen des Mahlproduktes  $< 1.5$  mm und des Rückgutes der Zyklenmahlung Nr. 28 sind aus den Zahlentafeln 25, 26 ersichtlich und in Abb. 8, 10 dargestellt.

Die Kennwerte der GGS-Ausgleichsgeraden des Zerkleinerungsproduktes  $< 1.5$  mm lauten:

GGs-Exponent im Kornbereich 150  $\mu$ m ..... n = 0.89  
GGs-Exponent im Körnungsbereich 150/600  $\mu$ m n = 0.61  
Mittlerer GGs-Exponent im Körnungsbereich 1500/32  $\mu$ m..... n = 0.86

Bei 150  $\mu$ m tritt - ebenso wie im Fall des Zerkleinerungsproduktes  $< 6$  mm (siehe Abb. 8) - eine Inhomogenitätsstelle auf, die auf einen selektiven Aufschluß in diesem Körnungsbereich hin deutet.

### Spezifische Oberfläche

Zur Ermittlung der Basiswerte für die Oberflächenberechnung wurden die spezifischen Oberflächen der Siebfraktionen 200/40  $\mu\text{m}$  und 40/0  $\mu\text{m}$  gemessen. Aus diesen Meßwerten und den zugeordneten Siebdurchgangswerten wurde der Kornformfaktor zu  $f = 10.65$  und die untere Grenzkorngröße zu  $k_0 = 11.2 \mu\text{m}$  ermittelt. (siehe Zahlentafel 28).

Der verhältnismäßig hohe Wert des Kornformfaktors  $f$  (Kugel:  $f = 6$ ) dürfte auf den Einfluß des Glimmeranteils zurückzuführen sein.

Die Berechnung der spezifischen Oberfläche der Frischaufgabe und des Zyklenmahlproduktes erfolgte in den Zahlentafeln 24 und 29.

### Zerkleinerungswiderstand

Die Kennzeichnung des Zerkleinerungswiderstandes erfolgte durch Berechnung der Rittinger-Konstante des Zerkleinerungsschrittes 100 % < 6 mm auf 100 % < 1.5 mm (siehe Zahlentafel 30).

Die Rittinger-Konstante des genannten Zerkleinerungsschrittes beträgt  $31.15 \text{ cm}^2/\text{Joule}$ .

			Brecherstufe Nr.					
			I	II	III	IV	V	
Leistungsmessung	Leerlauf (Tara-Leistung)	vor dem Zerkl.-vorgang	Meßdauer, sec	359.40	183	189	393	
			Umdrehungen d.Zählerscheibe	15	8	8	17	
			Leistungsaufnahme, Watt	268.30	281.03	272.11	278.08	
		nach dem Zerkl.-vorgang	Meßdauer, sec	206.4	264	147	404.40	
			Umdrehungen d.Zählerscheibe	8	11	6	17	
			Leistungsaufnahme, Watt	249.17	267.86	262.39	270.24	
		Mittelwert	Leistungsaufnahme, Watt	258.73	274.45	267.25	274.16	
	Vollast (Brutto-Lstg)		Meßdauer, sec		192	66	14.4	
			Umdrehungen d.Zählerscheibe		17	5	1	
			Leistungsaufnahme, Watt	462.35	569.20	487.01	446.43	
		Netto-Leistung	Leistungsaufnahme, Watt	203.62	294.75	219.76	172.27	
	Zerkleinerungs- vorgang		Zeit, sec	947.4	238.20	70.80	30.60	
			Durchsatz, g	82500.0	28660.0	9910.0	4200.0	
		Durchsatzleistung, g/sec	87.08	120.3	140.0	137.3		
		Spez. Nettoenergieverbrauch, kWh/t	0.650	0.680	0.436	0.349		
		Wirkungsgrad d. $\frac{\text{Netto}}{\text{Leistungsaufnahme Brutto}}$ , %	44.0	51.8	45.1	38.6		
Ergebnisse der Zerkleinerungsversuche mit dem Backenbrecher							Feldspat - Steiermark 77-1 Zahlentafel 1	

Siebgröße mm		Brecher I					
		Aufgabe			Austrag		
		F %	R %	D %	F %	R %	D %
60		60	60	40			
30		30	90	10			
18					0.91	0.91	99.09
12.5					18.98	19.89	80.11
10.0		8	98	2	17.74	37.63	63.37
8.0					14.97	52.60	47.40
6.0					15.82	68.42	31.58
4.0					10.57	78.99	21.01
1.5					10.38	89.37	10.63
1.0					1.85	91.22	8.78
0.63					2.20	93.42	6.58
0.315					1.95	95.37	4.63
0.000		2	100	0	4.63	100.00	0.00
Siebanalyse Nr.							
Masse kg der Teilprobe						2540	
Verjüngungs-Verh.						32.48	
Produkt Nr.		Probe Nr. 2236				1	
Masse-Durchsatz	g	82500				82500	
	%	100.00				100.00	
Zeit, sec		947.4					
Dichte, g/cm <sup>3</sup>							
Schüttdichte g/cm <sup>3</sup>	lose					1.45	
	gerüttelt					1.71	
Spaltbreite, mm		150					
Spaltweitereinstellung (Skalenwert)		maximal					
Spaltweite mm	geschl.	8.5					
	offen	15.4					
	mittlere	12.0					
Hub, mm		6.9					
Hubzahl (Hertz) sec <sup>-1</sup>		205					
Netto-Leistungsaufnahme kWh/t							
Durchsatzleistung g/sec		87.08					
Spezifische Durchsatzleistung	cm <sup>3</sup> /sec						
	cm <sup>3</sup> /min						
spezifischer Energieverbrauch		(Netto) 0.65 kWh/t					
Korngrößenkennwert k <sub>80</sub> μm							
Work-Index nach BOND							

Siebgröße mm		S I E B I					
		Unterlauf			Überlauf		
		F %	R %	D %	F %	R %	D %
18					1.29	1.29	98.71
12.5					26.97	28.26	71.74
10.0					24.35	52.61	47.39
8.0				100.00	21.27	73.88	26.12
6.0		0.96	0.96	99.04	22.08	95.96	4.04
4.0		30.01	30.97	69.03	2.38	98.34	1.66
1.5		39.33	70.30	29.70			
1.0		6.22	76.52	23.48			
0.63		5.88	82.40	17.60			
0.315		5.23	87.63	12.37			
0.000		12.37	100.00	0.00	1.66	100.00	0.00
Siebanalyse Nr.							
Masse Kg der Teilprobe		426.52					
Verjüngungs-Verh.		28.28					
Produkt Nr.		2			3		
Masse-Durchsatz	g	12060					
	%	29.60			70.40		
Zeit, sec							
Dichte, g/cm <sup>3</sup>							
Schüttdichte g/cm <sup>3</sup>	lose	1.44					
	gerüttelt	1.76					
Spaltbreite, mm							
Spaltweiten-einstellung (Skalenwert)							
Spaltweite mm	geschl.						
	offen						
	mittlere						
Hub, mm							
Hubzahl (Hertz) sec <sup>-1</sup>							
Netto-Leistungsaufnahme kWh/t							
Durchsatzleistung g/sec							
Spezifische Durchsatzleistung	cm <sup>3</sup> /sec						
	MIN						
spezifischer Energieverbrauch							
Korngrößenkennwert kg/cm							
Work-Index nach BOND							

Siebgröße mm		Brecher II						
		Aufgabe			Austrag			
		F %	R %	D %	F %	R %	D %	
18		1.29	1.29	98.71				
12.5		26.97	28.26	71.74	0.18	0.18	99.82	
10.0		24.35	52.61	47.39	1.19	1.37	98.63	
8.0		21.27	73.88	26.12	5.50	6.87	93.13	
6.0		22.08	95.96	4.04	19.40	26.27	73.73	
4.0		2.38	98.34	1.66	28.34	54.61	45.39	
1.5					29.34	83.95	16.05	
1.0					3.35	87.30	12.70	
0.63					3.22	90.52	9.48	
0.315					2.70	93.22	6.78	
0.000		1.66	100.00	0.00	6.78	100.00	0.00	
Siebanalyse Nr.								
Masse kg der Teilprobe								
Verjüngungs-Verh.								
Kennwerte	Produkt Nr.	3			4			
	Masse-Durchsatz	g	28660					
		%	70.4			70.4		
	Zeit, sec	238.20						
	Dichte, g/cm <sup>3</sup>							
	Schüttdichte g/cm <sup>3</sup>	lose						
		gerüttelt						
	Spaltbreite, mm							
	Spaltweiteneinstellung (Skalenwert)	minimal						
	Spaltweite mm	geschl.	2.6					
		offen	9.6					
		mittlere	6.1					
	Hub, mm	7.0						
	Hubzahl (Hertz) sec <sup>-1</sup>	2.05						
	Netto-Leistungsaufnahme kWh/t							
Durchsatzleistung g/sec	120.3							
Spezifische Durchsatzleistung	cm <sup>3</sup> /sec							
	cm <sup>3</sup> /min							
spezifischer Energieverbrauch	(Netto) 0.680 kWh/t							
Korngrößenkennwert kg <sub>80</sub> /µm								
Work-Index nach BOND								

Siebgröße mm		S I E B II					
		Unterlauf			Überlauf		
		F %	R %	D %	F %	R %	D %
	18						
	12.5				0.53	0.53	99.47
	10.0				3.44	3.97	96.03
	8.0			100.00	16.48	20.45	79.55
	6.0	0.44	0.44	99.56	55.26	75.71	24.29
	4.0	31.27	31.71	68.29	22.78	98.49	1.51
	1.5	44.05	75.76	24.24			
	1.0	5.12	80.88	19.12			
	0.63	4.77	85.65	14.35			
	0.315	4.13	89.78	10.22			
	0.000	10.22	100.00	0.00	1.51	100.00	0.00
	Siebanalyse Nr.						
	Masse kg der Teilprobe		609.84			641.17	
	Verjüngungs-Verh.		30.75			15.46	
	Produkt Nr.		5			6	
	Masse-Durchsatz	g	18750			9910	
		%	46.0			24.4	
	Zeit, sec						
	Dichte, g/cm <sup>3</sup>						
	Schüttdichte	lose	1.48				
		gerüttelt	1.80				
	Spaltbreite, mm						
	Spaltweiten-einstellung (Skalenwert)						
	Spaltweite	geschl.					
	mm	offen					
		mittlere					
	Hub, mm						
	Hubzahl (Hertz)sec <sup>-1</sup>						
	Netto-Leistungsaufnahme kWh/t						
	Durchsatzleistung						
		g/sec					
	Spezifische Durchsatzleistung	cm <sup>3</sup> /sec					
		cm <sup>3</sup> /min					
	spezifischer Energieverbrauch						
	Korngrößenkennwert						
		kg/cm					
	Work-Index nach BOND						

Siebgröße mm		Brecher III					
		Unterlauf			Überlauf		
		F %	R %	D %	F %	R %	D %
18.0		C					
12.5		0.53	0.53	99.47			
10.0		3.44	3.97	96.55	0.29	0.29	99.71
8.0		16.48	20.45	79.55	2.85	3.14	96.86
6.0		55.26	75.71	24.29	27.87	31.01	68.99
4.0		22.78	98.49	1.51	37.93	68.94	31.06
1.5					23.50	92.44	7.56
1.0					1.90	94.34	5.66
0.63					1.83	96.17	3.83
0.315					1.28	97.45	2.55
0.000		1.51	100.00	0.00	2.55	100.00	0.00
Siebanalyse Nr.							
Masse Kg der Teilprobe							
Veriüngungs-Verh.							
Produkt Nr.		6			7		
Masse-Durchsatz	g	9910					
	%	24.4			24.4		
Zeit, sec		70.80					
Dichte, g/cm <sup>3</sup>							
Schüttdichte g/cm <sup>3</sup>	lose						
	gerüttelt						
Spaltbreite, mm							
Spaltweiteneinstellung (Spaltenwert)		minimal					
Spaltweite mm	geschl.	2.6					
	offen	9.6					
	mittlere	6.1					
Hub, mm		7.0					
Hubzahl (Hertz) sec <sup>-1</sup>		2.05					
Netto-Leistungsaufnahme kWh/t							
Durchsatzleistung g/sec		140.0					
Spezifische Durchsatzleistung	cm <sup>3</sup> /sec						
	cm <sup>3</sup> /min						
spezifischer Energieverbrauch		(Netto) 0.436 kWh/t					
Korngrößenkennwert kg/cm							
Work-Index nach BOND							



Siebgröße mm		S I E B III					
		Unterlauf			Überlauf		
		F %	R %	D %	F %	R %	D %
	18.0						
	12.5						
	10.0				0.68	0.68	99.32
	8.0			100.00	6.71	7.39	92.61
	6.0	2.45	2.45	97.55	62.37	69.76	30.24
	4.0	44.14	46.59	53.41	29.49	99.25	0.75
	1.5	40.25	86.84	13.16			
	1.0	3.31	90.15	9.85			
	0.63	3.18	93.33	6.67			
	0.315	2.23	95.56	4.44			
	0.000	4.44	100.00	0.00	0.75	100.00	0.00
Siebanalyse Nr.							
Masse Kg der Teilprobe		538.80			501.16		
Verlängungs-Verh.		10.58			8.38		
Produkt Nr.		8			9		
Masse-Durchsatz	g	5700			4200		
	%	14.1			10.3		
Zeit, sec							
Dichte, g/cm <sup>3</sup>							
Schüttdichte g/cm <sup>3</sup>	lose	1.56					
	gerüttelt	1.76					
Spaltbreite, mm							
Spaltweiten-einstellung (Skalenwert)							
Spaltweite mm	geschl.						
	offen						
	mittlere						
Hub, mm							
Hubzahl (Hertz)sec <sup>-1</sup>							
Netto-Leistungsaufnahme kWh/t							
Durchsatzleistung g/sec							
Spezifische Durchsatzleistung	cm <sup>3</sup> /sec						
	cm <sup>3</sup> /min						
spezifischer Energieverbrauch							
Korngrößenkennwert kg/cm							
Work-Index nach BOND							

Siebanalyse

Kennwerte

Anmerkung: Wie das Probeteilungsverhältnis zeigt, war die Probenahme nicht

Zahlentafel 7

Siebgröße mm		Brecher IV					
		Aufgabe			Austrag		
		F %	R %	D %	F %	R %	D %
	18.0						
	12.5						
	10.0	0.68	0.68	99.32			
	8.0	6.71	7.39	92.61	2.05	2.05	97.95
	6.0	62.37	69.76	30.24	30.53	32.58	67.42
	4.0	29.49	99.25	0.75	35.13	67.71	32.92
	1.5				21.82	89.53	10.47
	1.0				2.19	91.72	8.28
	0.63				2.06	93.78	6.22
	0.315				1.82	95.60	4.40
	0.000	0.75	100.00	0.00	4.40	100.00	0.00
Siebanalyse Nr.							
Masse kg der Teilprobe							
Verjüngungs-Verh.							
Produkt Nr.		9			10		
Masse-Durchsatz	g	4200					
	%	10.3			10.3		
Zeit, sec		30.6					
Dichte, g/cm <sup>3</sup>							
Schüttdichte g/cm <sup>3</sup>	lose						
	gerüttelt						
Spaltbreite, mm							
Spaltweiteneinstellung (Skalenwert)		minimal					
Spaltweite mm	geschl.	2.6					
	offen	9.6					
	mittlere	6.1					
Hub, mm		7.0					
Hubzahl (Hertz)sec <sup>-1</sup>		2.05					
Netto-Leistungsaufnahme kWh/t							
Durchsatzleistung g/sec		137.3					
Spezifische Durchsatzleistung	cm <sup>3</sup> /sec						
	cm <sup>3</sup> /min						
spezifischer Energieverbrauch (Netto)		0.349 kWh/t					
Korngrößenkennwert kg0/μm							
Work-Index nach BOND							

Siebgröße mm		S I E B IV					
		Unterlauf			Überlauf		
		F %	R %	D %	F %	R %	D %
	18.0						
	12.5						
	10.0						
	8.0				4.35	4.35	95.65
	6.0	2.39	2.39	97.61	62.04	66.39	33.61
	4.0	37.36	39.75	60.25	32.64	99.03	0.97
	1.5	40.44	80.19	19.81			
	1.0	4.14	84.33	15.67			
	0.63	3.89	88.22	11.78			
	0.315	3.44	91.66	8.34			
	0.000	8.34	100.00	0.00	0.97	100.00	0.00
Siebanalyse Nr.							
Masse kg der Teilprobe		555.08			474.33		
Verlängungs-Verh.		3.96			4.22		
Produkt Nr.		11			12		
Masse-Durchsatz	g	2200			2000		
	%	5.40			4.90		
Zeit, sec							
Dichte, g/cm <sup>3</sup>							
Schüttdichte g/cm <sup>3</sup>	lose	1.49					
	gerüttelt	1.69					
Spaltbreite, mm							
Spaltweiteneinstellung (Skalenwert)							
Spaltweite mm	geschl.						
	offen						
	mittlere						
Hub, mm							
Hubzahl (Hertz) sec <sup>-1</sup>							
Netto-Leistungsaufnahme kWh/t							
Durchsatzleistung g/sec							
Spezifische Durchsatzleistung	cm <sup>3</sup> /sec						
	cm <sup>3</sup> /min						
spezifischer Energieverbrauch							
Korngrößenkennwert kg/cm							
Work-Index nach BOND							

Siebgröße mm	Produkt Nr.									
	2		5		8		11		13	
	F%	D%	F%	D%	F%	D%	F%	D%	F%	D%
6.0	0.96	0.30	0.44	0.21	2.45	0.37	2.39	0.14	1.02	98.98
4.0	30.01	9.34	31.27	15.13	44.14	6.53	37.36	2.12	33.12	65.86
1.5	39.33	12.24	44.05	21.31	40.25	6.97	40.44	2.30	41.82	24.04
1.0	6.22	1.93	5.12	2.47	3.31	0.49	4.14	0.23	5.12	18.92
0.63	5.88	1.83	4.77	2.31	3.18	0.48	3.89	0.23	4.85	14.07
0.315	5.23	1.63	4.13	2.00	2.23	0.34	3.44	0.19	4.16	9.91
0	12.37	3.85	10.22	4.94	4.44	0.65	8.34	0.47	9.91	0.00
		31.12		48.37		14.83		5.67	100.00	
Masse (kg)	29.6		460		14.1		5.40		95.10	
Masse %	31.12		48.37		14.83		5.68		100.00	
Rechnerische Zusammensetzung der Siebanalyse des Sammelproduktes Nr.13 aus den Siebanalysen der Siebunterlaufprodukte 2,5,8,11									Feldspat-Steiermark 77-1	
									Zahlentafel 10	

Sieb- größe mm	Massenverteilung, %			Produkt Nr.	Dichte <sup>3</sup> g/cm
	Fraktion %	Rückstand %	Durchgang %		
6.0	0	0	100.00	—	—
4.0	28.91	28.91	71.09	14	—
1.5	44.85	73.76	26.24	15	—
1.0	6.75	80.50	19.50	16	2.629
0.63	4.92	85.42	14.58	17	2.632
0.315	4.61	90.03	9.97	18	2.635
0	9.97	100.00	0	19	2.650
Σ	100.00				2.637

Schüttdichte:      lose      1.56 g/cm<sup>3</sup>  
    gerüttelt      1.82 g/cm<sup>3</sup>

Feststoffdichte:      2.64 g/cm<sup>3</sup>

Feststoffvolumenanteil der Schüttung:

                                 lose      59.0 %  
                                  gerüttelt      68.8 %

Siebanalysen und Schüttdichten des Produktes Nr.13  
 (= vereinigte Feingutanteile <6mm, ≙ "Zerkleiner-  
 ungsprodukt <6mm") im Körnungsbereich 6/0.315mm

Feldspat-  
Steiermark

77-1

Zahlentafel 11

Sieb- größe	Massenverteilung %						Pro- dukt Nr.
	bezogen auf das Produkt Nr. 19			bezogen auf das Produkt Nr. 13			
	F%	R%	D%	F%	R%	D%	
315	0	0	100	0	90.03	9.97	
200	20.10	20.10	79.90	2.01	92.04	7.96	
160	9.84	29.94	70.06	0.98	93.02	6.98	
125	12.45	42.39	57.61	1.24	94.26	5.74	
100	9.45	51.84	48.16	0.94	95.20	4.80	
90	5.73	57.57	42.43	0.57	95.77	4.23	
71	7.28	64.85	35.15	0.73	96.50	3.50	
63	4.85	69.70	30.30	0.48	96.98	3.02	
40	9.32	79.02	20.98	0.93	97.91	2.09	
32	3.84	82.86	17.14	0.38	98.29	1.71	
0	17.14	100.00	—	1.71	100.00	—	

Ergebnisse der Luftstrahlsiebung des Produktes Nr.19 (= Kornanteil < 0.315mm aus dem Zerkleiner- ungsprodukt < 6mm)	Feldspat-Steier- mark 77-1 Zahlentafel 12
---	---

Sieb- fraktion	Masse	Spezifische Oberfläche	Porosität	Dichte
$\mu\text{m}$	%	$\text{cm}^{-1}$	%	$\text{g}/\text{cm}^3$
315/0	100.00	1970	40.35	2.65
315/40	79.02	923	45.98	2.65
40/0	20.98	5763	47.84	2.65

Anmerkung:

Die Rückrechnung der spezifischen Oberfläche der Kornfraktion 315/0  $\mu\text{m}$  über die spezifischen Oberflächen der Kornfraktionen 315/40  $\mu\text{m}$  bzw. 40/0  $\mu\text{m}$  ergibt  $1938 \text{ cm}^{-1}$  gegenüber dem Messwert von  $1970 \text{ cm}^{-1}$  (siehe obige Zahlentafel).

$\mu\text{m}$	Zugeordneter Siebdurchgang, %		GGS - Exponent  n	Spezifische Oberfläche  $\text{cm}^{-1}$
	real	extrapoliert ( $n=0.89$ )		
315	9.9700	13.1269		
40	2.0917	2.0917		923
0	0	0	0.89	5763

Aus obigen Zahlenwerten folgt:

GGS - Exponent im Feinkornbereich:  $n = 0.89$

Kornformfaktor  $f = 11.85$

untere Grenzkorngrösse  $k_0 = 16.3 \mu\text{m}$

Ermittlung der spezifischen Oberfläche von Siebfraktionen des Zerkleinerungsproduktes $< 6\text{mm}$	Feldspat - Steiermark 77-1
Ermittlung der Basiswerte der Bruchcharakteristik.	Zahlentafel 13

Brecherstufe Nr.	Durchsatz g	spezifischer Netto- Energieverbrauch kWh/t
I	82500	0.650
II	28660	0.680
III	9910	0.436
IV	4200	0.349
I bis IV	82500	0.956

Berechnung des spezifischen Energiever- brauches der Zerkleinerung in 4 Brecher- stufen	Feldspat - Steier- mark 77-1 Zahlentafel 14
---	---



Sieb- größe mm	Produkt bzw. Siebdurchgangs- %		
	Überlauf Sieb IV	Zerkleinerungs- produkt  < 6 mm	$\Sigma$
8	95.65	100.00	99.78
6	33.61	100.00	96.75
4	0.97	71.09	67.65
1.5	—	26.24	24.95
Masse %	4.90	95.10	100.00

Anmerkung: Aus der graphischen Darstellung ergibt sich für das gesamte Zerkleinerungsprodukt (" $\Sigma$ ") ein Korngrößenkennwert  $k_{80}$  von 4.9 mm.

Zusammensetzung des gesamten Zerkleinerungsproduktes der Brecherstufen I bis IV aus den Siebanalysen des Überlaufes von Sieb Nr. IV und des "Zerkleinerungsproduktes < 6 mm". Siehe auch Abbildung 1	Feldspat - Steiermark 77-1 Zahlentafel 15
--	--

Sieb- größe cm	zugeord- neter Sieb- durchgang %	extra- polierte Grenzkorn- größe $k_{100}$ cm	GGSt Exponent	Fraktion	
				Masse %	spezifische Oberfläche $\text{cm}^{-1}$
0.6	100.0	—	—	—	—
0.13	23.0	0.60	1.00	77.0	39.2
0.015	6.8	1.80	0.57	16.2	255.3
0	0	0.31	0.89	6.8	2776.0
$\Sigma$				100.00	260.3

Konstanten der Oberflächenberechnung:

Kornformfaktor  $f = 11.85$

Grenzkorngröße  $k_0 = 16.3 \mu\text{m}$

Ermittlung der spezifischen Oberfläche des Zerkleinerungsproduktes $< 6 \text{ mm}$	Feldspat - Steiermark 77-1 Zahlentafel 16
--	---

Produktbezeichnung		Masse %	spezifische Oberfläche cm <sup>-1</sup>
Aufgabe		100	2.77
Zerkleinerungs- produkt nach 4 Brecherstufen	Siebüberlauf SA 7	4.99	19.02
	Zerkleinerungsprodukt < 6 mm	95.1	260.30
	Σ	100.0	248.47

Neugeschaffene spezifische Oberfläche:

$$248.47 - 2.77 = 245.7 \text{ cm}^{-1}$$

Spezifischer Energieverbrauch:

$$0.956 \text{ kWh/t} \hat{=} 3.442 \text{ Joule/g}$$

Feststoffdichte:

$$2.64 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Rittinger-Konstante} = \frac{245.7}{3.442 \cdot 2.64} = 27.04 \text{ cm}^2/\text{Joule}$$

Ermittlung der Rittinger-Konstante des  
Zerkleinerungsschrittes auf < 6 mm

Feldspat - Steier-  
mark 77-1  
Zahlentafel 17

Eine Teilmenge der Probe 13 ( $\equiv$  Zerkleinerungsprodukt  $<6\text{mm}$ ) wurde bei  $1.5\text{mm}$  abgesiebt:

Sieb- größe mm	Produkt Nr.	Masse %
1.5	20	65.9
0	21	34.1
$\Sigma$	(13)	100.0

Anmerkung: Zwischen dem Ergebnis dieser Absiebung und der Siebanalyse des Zerkleinerungsproduktes  $<6\text{mm}$  gemäß Abb. 6 tritt ein Widerspruch auf (34.1 Masse%  $<1.5\text{mm}$  statt 26.2 Masse% gemäß der Siebanalyse, Zahlentafel 11, Abb. 6).

Absiebung des Zerkleinerungsproduktes $<6\text{mm}$ zur Gewinnung des Frischaufgabegutes der Zyklenmahlung auf $<1.5\text{mm}$	Feldspat - Steiermark 77-1 Zahlentafel 18
--	--

Zyklus Nr.	Mühlenaufgabe			Mahlprodukt				Mahl-dauer sec	Spez. Feingut-bildung g/sec
	Rückgut von Zyklus Nr. (n-1) g	Frisch-aufgabe g	Mahlgut-charge g	Grobgut > 1.5mm g	Feingut < 1.5mm g	Grobgut + Feingut g	Verlust g		
1	0	555.8	555.8	311.7	244.1	555.8	-	60	4.07
2	311.7	283.9	595.6	253.5	338.8	592.3	33	80	4.28
3	253.5	281.7	535.2	278.3	252.4	530.7	45	48	5.35
4	278.3	289.4	567.7	282.6	284.5	567.1	0.6	60	4.75
5	282.6	280.6	563.2	279.4	282.8	562.2	1.0	58	4.89
6	279.4	273.7	553.1	284.7	266.1	550.8	2.3	56	4.79
7	284.7	278.5	563.2	285.1	278.0	563.1	0.1	59	4.71
8	285.1	270.0	555.1	277.0	276.8	553.8	1.3	58	4.79
9	277.0	279.0	556.0					57	
10		276.3						57	
11		283.4						57	
12		291.9						57	
13		278.5						57	
9-13	277.0	1409.1	1686.1	378.0	1297.5	1675.5	10.6	285	4.590
14	378.0	286.6	664.6					66	
15		280.1						66	
16		274.6						66	
17		283.5						66	
18		284.1						66	
14-18	378.0	1408.9	1786.9	259.4	1522.3	1781.7	5.2	330	4.629
19	259.4	278.0	537.4					60	
20		286.0						60	
21		278.4						60	
22		288.8						60	
23		280.7						60	
19-23	259.4	1411.9	1671.3	299.3	1366.0	1665.3	6.0	300	4.573
24	299.3	279.5	578.8					62	
25		282.8						62	
26		272.2						62	
27		286.1						62	
28		284.2						62	
24-28	299.3	1404.8	1704.1	249.3	1451.4	1700.7	3.4	310	4.693
1-28		8148.3		249.3	7860.7		38.3	1704	56.115

Zyklenmahlung des bei 1.5 mm abgeseihten Zer-  
kleinerungsproduktes < 6 mm auf 100 Masse%  
< 1.5 mm.  
Mühle: 150 o x 300 mm; Mahlkörper: 8 Stäbe mit  
einem Gesamtgewicht von 8.46 kg; Drehzahl der  
Mühle ca. 79 Upm.  
Arbeitsaufwand im Falle eines Mahlzyklus ohne  
Wägung der Produkte: 12 min/Zyklus

Feldspat - Steier-  
mark 77-1

Zahlentafel 19

Anzahl der Mahlzyklen	28
Durchschnittliche Frischaufgabe pro Zyklus	$\frac{8148.3}{28} = 291.01 \text{ g}$
Durchschnittliche Rückgutmenge pro Zyklus	249.70 g
Durchschnittliche Mahlgutmenge pro Zyklus	585.71 g
Durchschnittliche umlaufende Last	101.27 %
Durchschnittliche Feingutbildung < 1,5 mm pro Zyklus	280,74 g
Durchschnittliche Verstaubungsverluste in % der Frischaufgabe	0,470 %
in % der Mahlgutcharge	0,234 %
Mittlere spezifische Feingutbildung < 1,5 mm (g/sec)	4,676 g/sec

Ermittlung der mittleren spezifischen Feingutbildung	Feldspat-Steiermark 77-1 Zahlentafel 20
---	---

Leerlauf (L) Vollast (V)	Zyklus Nr.	Mahldauer sec	Anzahl (U) d. gezählten Zwischenraum- Impulse am Meßstreifen	zugeordnete gemessene Länge (L) am Meßstreifen	Z.v	Leistungsaufnahme	
						Leerlauf bzw. Vollast Watt	Netto Watt
			1	mm			
L V	1	60	60.5	150	300	121.00	35.56
L V			14.0	27		155.56	
L V	2	80	61.8	150	300	123.60	37.53
L V			19.0	36		158.33	
L V	3	48	59.0	150	300	118.00	37.88
L V			45.3	119		122.40	
L V	4	60	11.0	20.5	300	160.98	37.00
L V			61.9	150		123.80	
L V	5	58	23.8	60	300	119.00	23.36
L V			13.0	25		156.00	
L V	6	56	59.5	150	300	119.00	33.05
L V			16.0	41		117.07	
L V	7	59	11.0	23.5	300	140.43	29.93
L V			-	-		-	
L V	8	58	24.0	57	300	126.32	35.45
L V			15.0	28		160.71	
L V	9	57	64.5	150	300	129.00	36.36
L V			12.0	28		128.57	
L V	10	57	15.0	28	300	160.71	33.75
L V			66.5	150		133.00	
L V	11	57	58.0	138	300	126.09	43.56
L V			14.0	26		161.54	
L V	12	57	97.0	201	300	144.78	46.73
L V			15.0	25		180.00	
L V	13	57	57.0	120	300	142.50	44.72
L V			57.0	120		142.50	
L V	14	66	14.0	24	300	175.00	31.48
L V			70.0	150		140.00	
L V	15	66	70.0	150	300	140.00	41.21
L V			15.0	24.5		183.67	
L V	16	66	129.0	276	300	140.22	22.80
L V			129.0	276		140.22	
L V	17	66	16.0	26	300	184.62	22.21
L V			122.0	270		135.56	
L V	18	66	122.0	270	300	135.56	44.72
L V			15.0	24		187.50	
L V	19	66	75.0	150	300	150.00	31.48
L V			51.8	103		150.87	
L V	20	66	17.0	28.5	300	178.95	41.21
L V			85.0	177		144.07	
L V	21	66	85.0	177	300	144.07	41.21
L V			19.0	30.3		188.74	
L V	22	66	75.5	150	300	151.00	22.80
L V			68.5	141		145.74	
L V	23	66	16.0	28.8	300	166.67	22.80
L V			71.0	150		142.00	
L V	24	66	37.0	78	300	142.31	22.21
L V			17.0	30.8		115.58	

L <sub>n</sub>			71.0	150		142.00	
L <sub>v</sub>			37.0	78	300	142.31	
V	17	66	17.0	30.8		145.58	22.21
L <sub>v</sub>			91.0	189	300	144.44	
V	18	66	17.0	30.7		166.12	24.46
L <sub>n</sub>			25.0	54		138.89	
L <sub>v</sub>			25.0	54	300	138.89	
V	19	60	16.0	27		177.78	35.34
L <sub>n</sub>			72.0	150		144.00	
L <sub>v</sub>			86.0	186	300	138.71	
V	20	60	15.0	27		166.67	33.28
L <sub>n</sub>			92.0	215.5		128.07	
L <sub>v</sub>			92.0	215.5	300	128.07	
V	21	60	14.0	27		155.56	24.23
L <sub>n</sub>			67.3	150		134.60	
L <sub>v</sub>			66.0	148	300	133.78	
V	22	60	15.0	27		166.67	31.13
L <sub>n</sub>			92.0	201		137.31	
L <sub>v</sub>			92.0	201	300	137.31	
V	23	60	15.0	27		166.67	27.26
L <sub>n</sub>			25.0	53		141.51	
L <sub>v</sub>			25.0	53	300	141.51	
V	24	62	15.0	26.7		168.54	27.79
L <sub>n</sub>			70.0	150		140.00	
L <sub>v</sub>			65.0	135	300	144.44	
V	25	62	16.0	28.3		169.61	27.49
L <sub>n</sub>			70.0	150.2		139.81	
L <sub>v</sub>			45.0	98	300	137.76	
V	26	62	16.0	28.2		170.21	31.30
L <sub>n</sub>			50.0	107.1		140.06	
L <sub>v</sub>			61.0	128.1	300	142.86	
V	27	62	16.0	29		165.52	20.08
L <sub>n</sub>			75.0	152		148.02	
L <sub>v</sub>			68.0	141.5	300	144.17	
V	28	62	16.0	27		177.78	33.28
L <sub>n</sub>			7.0	14.5		144.83	

Ermittlung der Leistungsaufnahme bei der  
Zyklenmahlung auf  $< 1.5\text{mm}$ .

Elektronische Auswertung und Registrierung der  
Umdrehungen des Zählerrädchens.

Vorschubgeschwindigkeit des Registrier-  
streifens: 0.5 mm/sec

Zählerkonstante Z: 600 Wsec/U

Netto-Leistungsaufnahme = Vollast-Leistungsauf-  
nahme minus mittlere Leerlauf-Leistungsaufnahme  
vor bzw. nach dem betreffenden Mahlzyklus  
(Mittelwert der Zyklen Nr. 13 - 28): 29.94Watt

Feldspat - Steuer-  
mark 77-1

Zahlentafel 21 + 22



Zyklus Nr.	Drehzahl UpM
Leerlauf	82
9	67
Leerlauf	81
10	77
Leerlauf	81
11	71
Leerlauf	81
12	78
Leerlauf	81
13	77
Leerlauf	81
Leerlauf	81
14	80
Leerlauf	81
15	78
Leerlauf	81
16	79
Leerlauf	81
17	79
Leerlauf	82
18	79
Leerlauf	81

Zyklus Nr.	Drehzahl UpM
Leerlauf	81
19	78
Leerlauf	82
20	79
Leerlauf	82
21	81
Leerlauf	82
22	80
Leerlauf	82
23	80
Leerlauf	82
Leerlauf	82
24	80
Leerlauf	83
25	79
Leerlauf	81
26	80
Leerlauf	82
27	80
Leerlauf	81
28	80
Leerlauf	81

Drehzahl der Mühle	Feldspat-Steiermark Zahlentafel 23
--------------------	---------------------------------------

Sieb- größe mm	Fraktion %	Rückstand %	Durchgang %	spezifische Oberfläche cm <sup>-1</sup>
6.0	0	0	100.00	-
5.0	17.18	17.18	82.82	21.55
4.0	23.84	41.02	58.98	26.33
3.0	29.36	70.38	29.62	33.86
2.5	8.18	78.56	21.44	43.09
2.0	12.74	91.30	8.70	52.67
1.5	7.45	98.75	1.25	67.71
	1.25	100.00	0.00	92.76
	100.00			36.36

Siebanalyse der Frischaufgabe der  
Zyklenmahlung >1,5 mm (Probe Nr.20)  
=des bei 1,5 mm abgesiebten Zer-  
kleinerungsproduktes <6 mm.

Kornformfaktor  $f=11,85$

Feldspat-Steiermark  
77-1  
Zahlentafel 24

Siebgröße µm	Masse %	Durchgang %	Rückstand %
1500	0	100.00	0.00
1200	24.53	75.47	24.53
1000	18.70	56.77	43.23
750	14.54	44.23	55.77
600	8.02	36.21	63.79
500	3.71	32.50	67.50
400	5.75	26.75	73.25
300	2.57	24.18	75.87
250	3.79	20.39	79.61
200	2.70	17.69	82.31
160	2.40	15.29	84.71
125	2.87	12.42	87.58
100	1.98	10.44	89.56
90	1.22	9.22	90.78
71	1.67	7.55	92.45
60	1.03	6.52	93.48
40	1.91	4.61	95.39
32	0.90	3.71	96.29
∅	3.71	0.00	100.00

Siebanalyse des Mahlprodukts  
<1,5 mm (Zyklenmahlprodukt)

Feldspat-Steiermark  
Zahlentafel 25

Korn- größe mm	Masse g	Masse %	Durchgang %	Rückstand %
6.0	0	0	100.00	0.00
5.0	1.42	0.57	99.43	0.57
4.0	6.72	2.70	96.73	3.27
3.0	29.12	11.72	85.01	14.99
2.5	28.28	11.38	73.63	26.37
2.0	87.65	35.27	38.36	61.64
1.5	95.31	38.36	0.00	100.00

Siebanalyse des Rückgutes der Zyklen-  
mahlung <1.5mm

Feldspat - Steiermark  
77-1  
Zahlentafel 26

Produkt	Feststoffdichte g/cm <sup>3</sup>	Schüttdichte		Feststoffvolumenanteil in der Schüttung	
		lose	gerütt.	lose	gerüttelt
Kornanteil <1,5 mm des Zerkleinerungsproduktes <6 mm	2,64	1,54	1,82	58,33	68,94
Zyklusmahlprodukt <1,5 mm	2,64	1,56	1,73	59,09	65,53

Feststoffdichten, Schüttdichten und Packungskennwerte von Zerkleinerungsprodukten	Feldspat-Steiermark 77-1 Zahlentafel 27
---	---

Siebgröße $\mu\text{m}$	zugeordneter Siebdurchgang %	GGs- Exponent $n$	spezifische Oberfläche $\text{cm}^{-1}$
200	17.69	-	-
40	4.61	0.89	1090
0	0	0.89	6245

Anmerkung: Der GGS-Exponent wurde aus der zugeordneten Siebanalyse zwischen den Korngrenzen  $125/32 \mu\text{m}$  errechnet:  $n = 0.887$

Aus obigen Angaben folgt:

Kornformfaktor  $f = 10.65$

Grenzkorngröße  $k_0 = 11.2 \mu\text{m}$

Ergebnis der Ermittlung der spezifischen Oberfläche	Feldspat - Steiermark 77-1 Zahlentafel 28
---	---

Siebgröße cm	zugeordneter Siebdurchgang %	extrapolierte Grenz- korngröße $K_{100}$ cm	GGs- Exponent n	Fraktion	
				Masse %	spezifische Oberfläche $\text{cm}^{-1}$
0,15	100,0	-	-	-	-
0,07	38,0	0,150	1,21	62,0	97,6
0,015	15,0	0,340	0,61	23,0	324,7
0	0	0,135	0,887	15,0	2850,8
$\Sigma$				100,0	562,9

Ermittlung der spezifischen Oberfläche  
des Zyklenmahlproduktes  $< 1,5$  mm

Konstanten der Oberflächenberechnung:

Kornformfaktor  $f = 10,65$

Grenzkorngröße  $K_0 = 11,2 \mu\text{m}$

Feldspat-Steiermark  
77-1

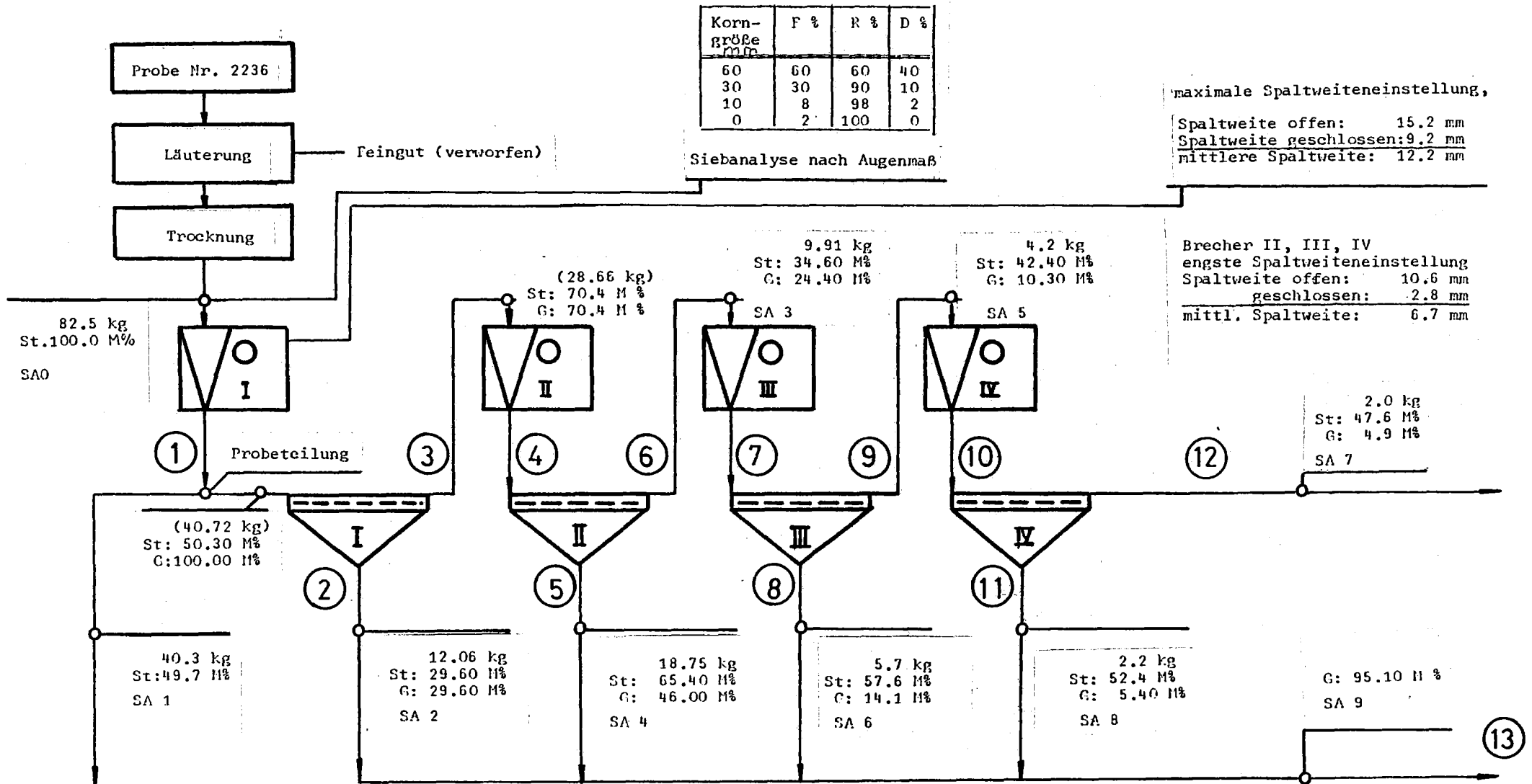
Zahlentafel 29

Spezifische Oberfläche der Frischaufgabe der Zyklenmahlung (siehe Zahlentafel 24)	36,36 cm <sup>-1</sup>
Spezifische Oberfläche des Zyklenmahl- produktes <1,5 mm (siehe Zahlentafel 29)	562,9 cm <sup>-1</sup>
Neugeschaffene spezifische Oberfläche	526,54 cm <sup>-1</sup>
Mittlerer spezifischer Energieverbrauch der Zyklenmahlung	6,4029 Joule/g
Feststoffdichte	2,64 g/cm <sup>3</sup>
Rittinger-Konstante $\frac{526,54}{6,4029 \cdot 2,64} =$	31.15 cm <sup>2</sup> /Joule

Ermittlung der Rittinger-Konstanten  
des Zerkleinerungsschrittes von 100 %  
<6mm auf 100 % <1,5 mm.

Feldspat-Steiermark  
77-1  
Zahlentafel 30





Schema und Massenbilanz der stufenweisen Zerkleinerung der (geläuterten und getrockneten) Eingangsprobe Nr. 2236.

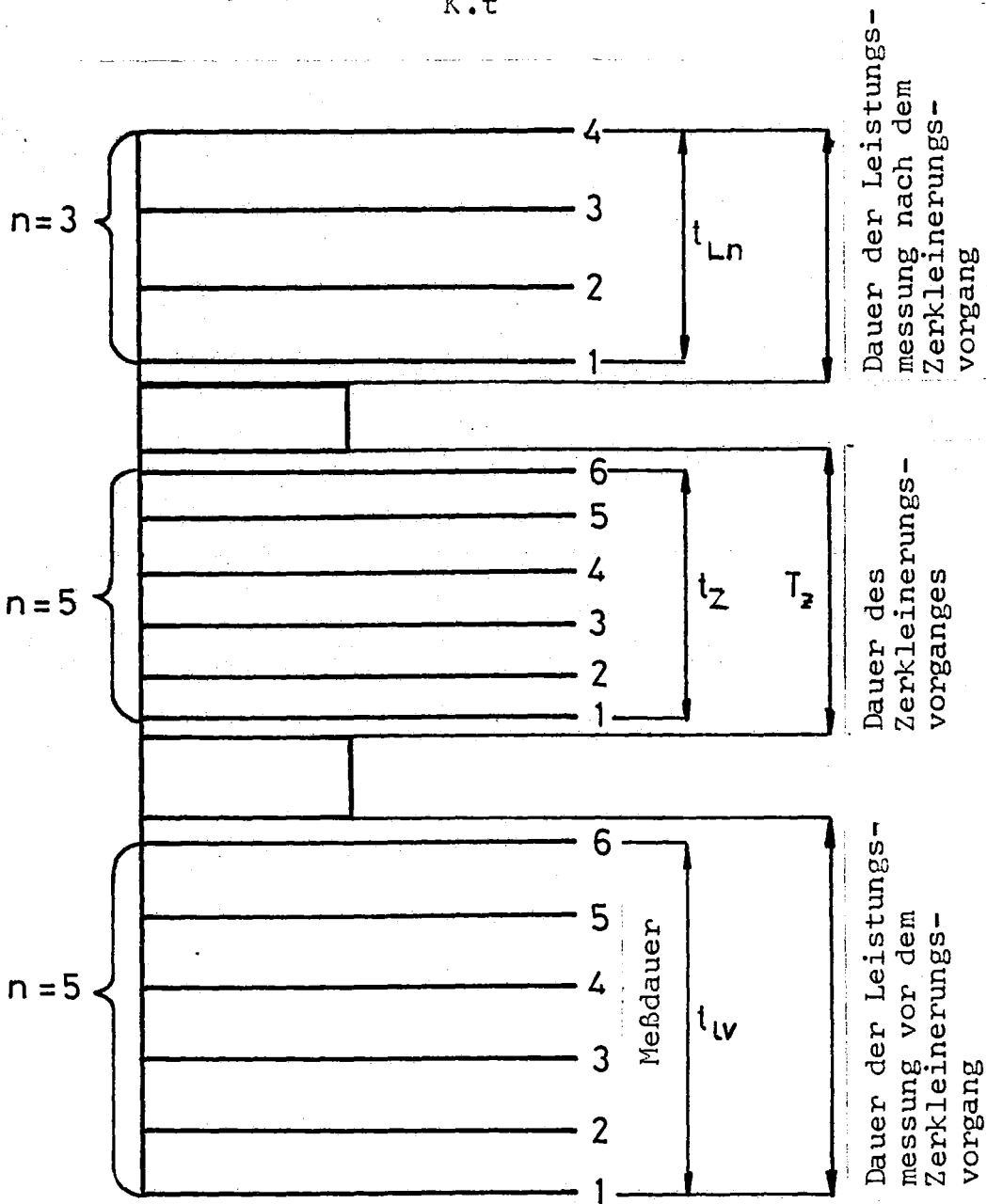
Anmerkung: Errechnete kg-Gewichte in Klammer

St... Stufenbezogen

G ... Gesamtbezogen

Abb. 1

$$N = 3.6 \cdot 10^6 \cdot \frac{n}{K \cdot t} \quad W$$



Zahl der Umdrehungen des Zählerrädchens (n)

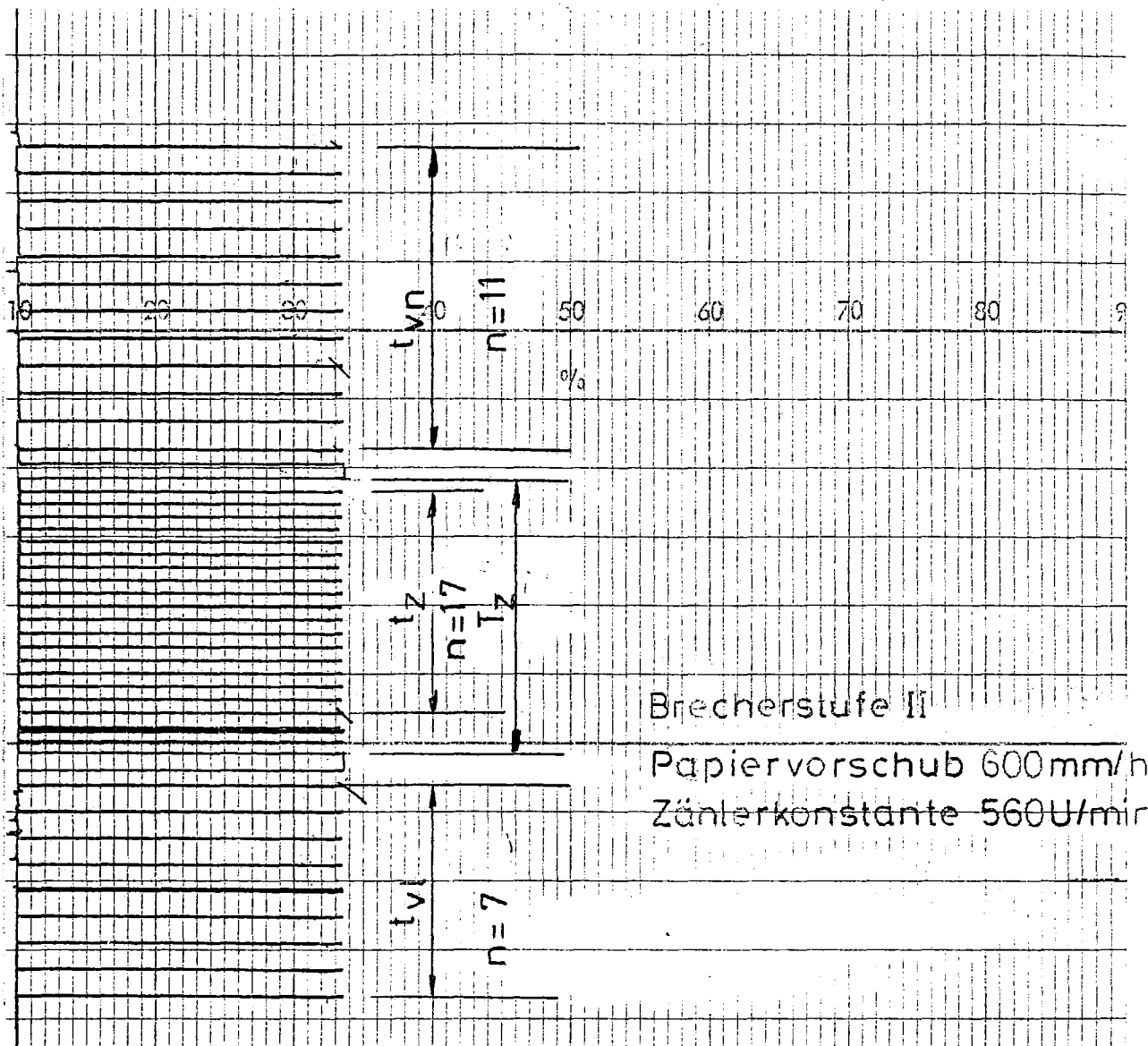
Anmerkung: n = Anzahl der Markierungen minus 1 !

Meßdauer (t)

- $t_{LV}$  ... Leerlaufleistungsmessung vor dem Zerkleinerungsvorgang
- $t_{Ln}$  ... Leerlaufleistungsmessung nach dem Zerkleinerungsvorgang
- $t_z$  .... Leistungsmessung während des Zerkleinerungsvorganges

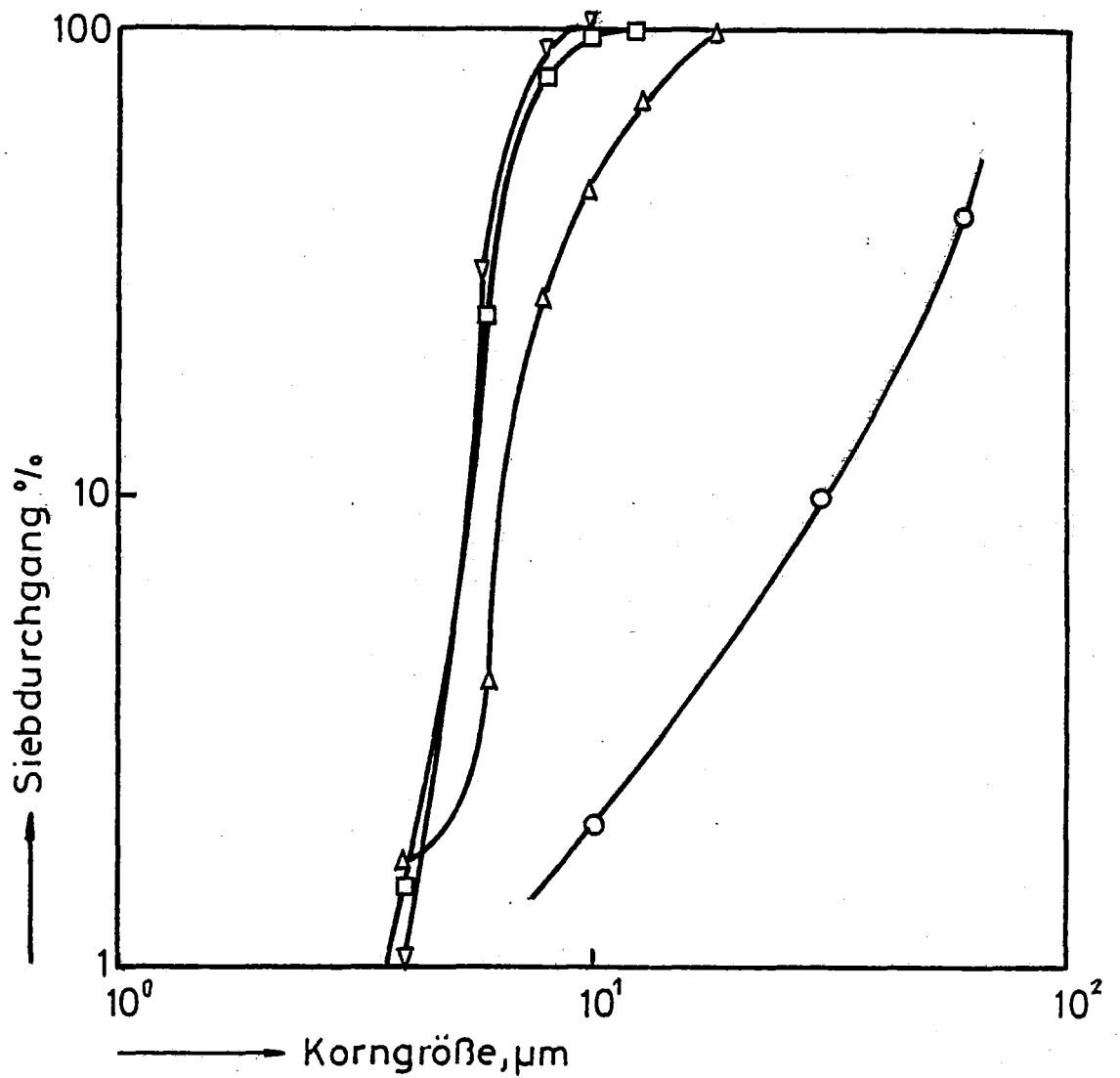
Vorschubgeschwindigkeit: mm/h, mm/sec

Zählerkonstante k: U/kWh



Registrierstreifen der Leistungsmessung (Beispiel)

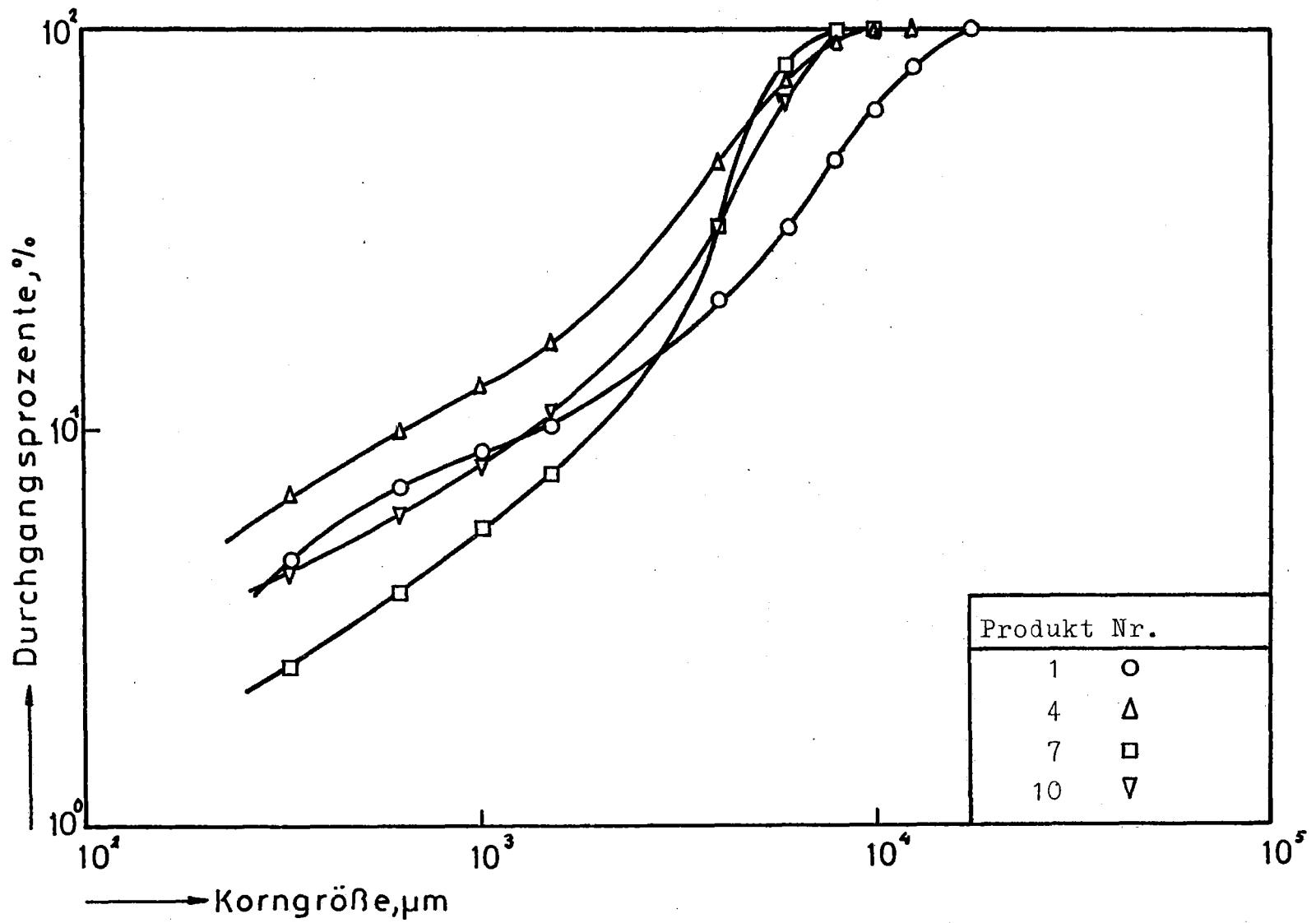
Abb. 3



Produkt Nr.	Brecher
Probe 2236	1 ○
3	2 $\Delta$
6	3 $\square$
9	4 $\nabla$

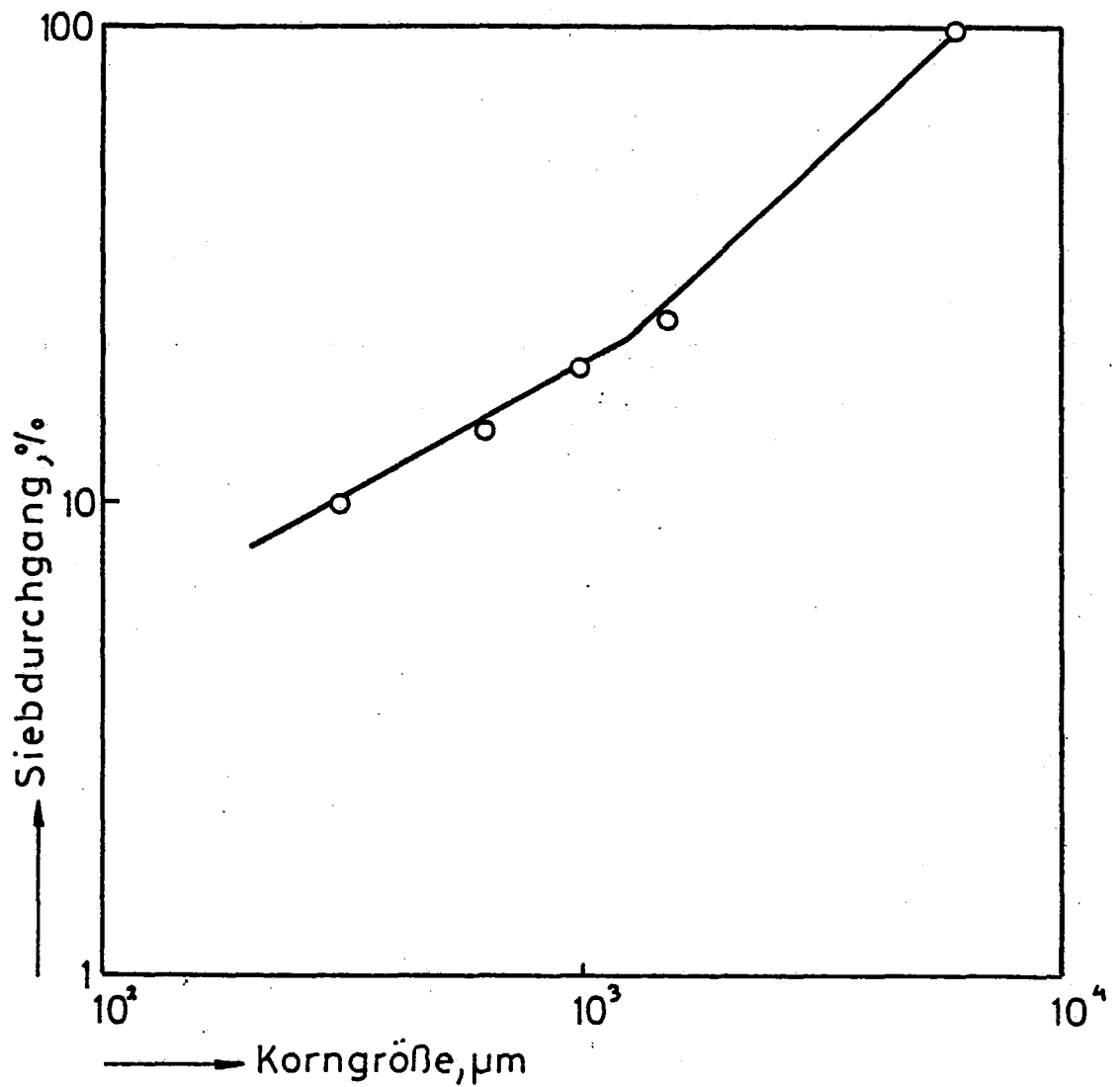
Siebanalysen der Brecheraufgabeprodukte im GGS-Netz

Abb.4



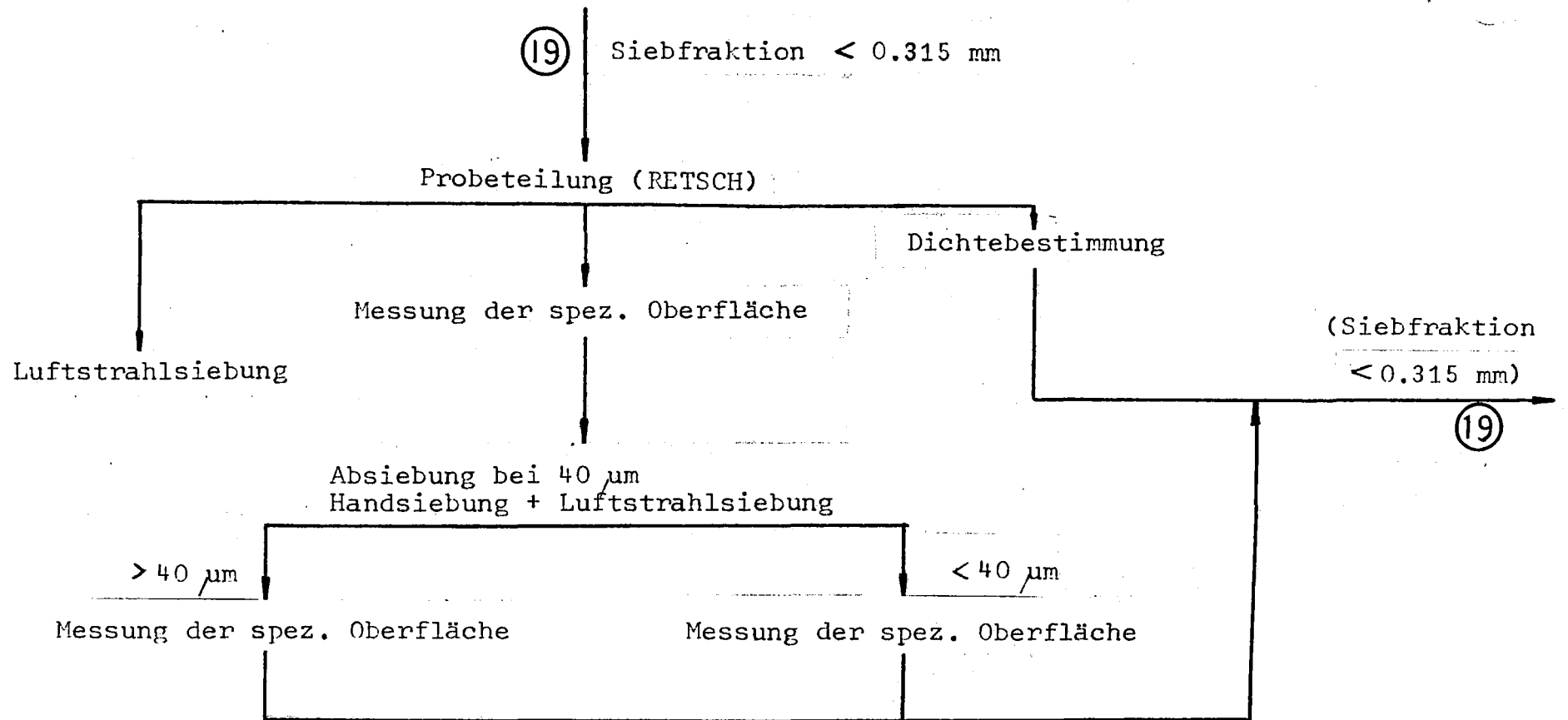
Siebanalyse des Brecheraustrages im GGS-Netz

Abb.5



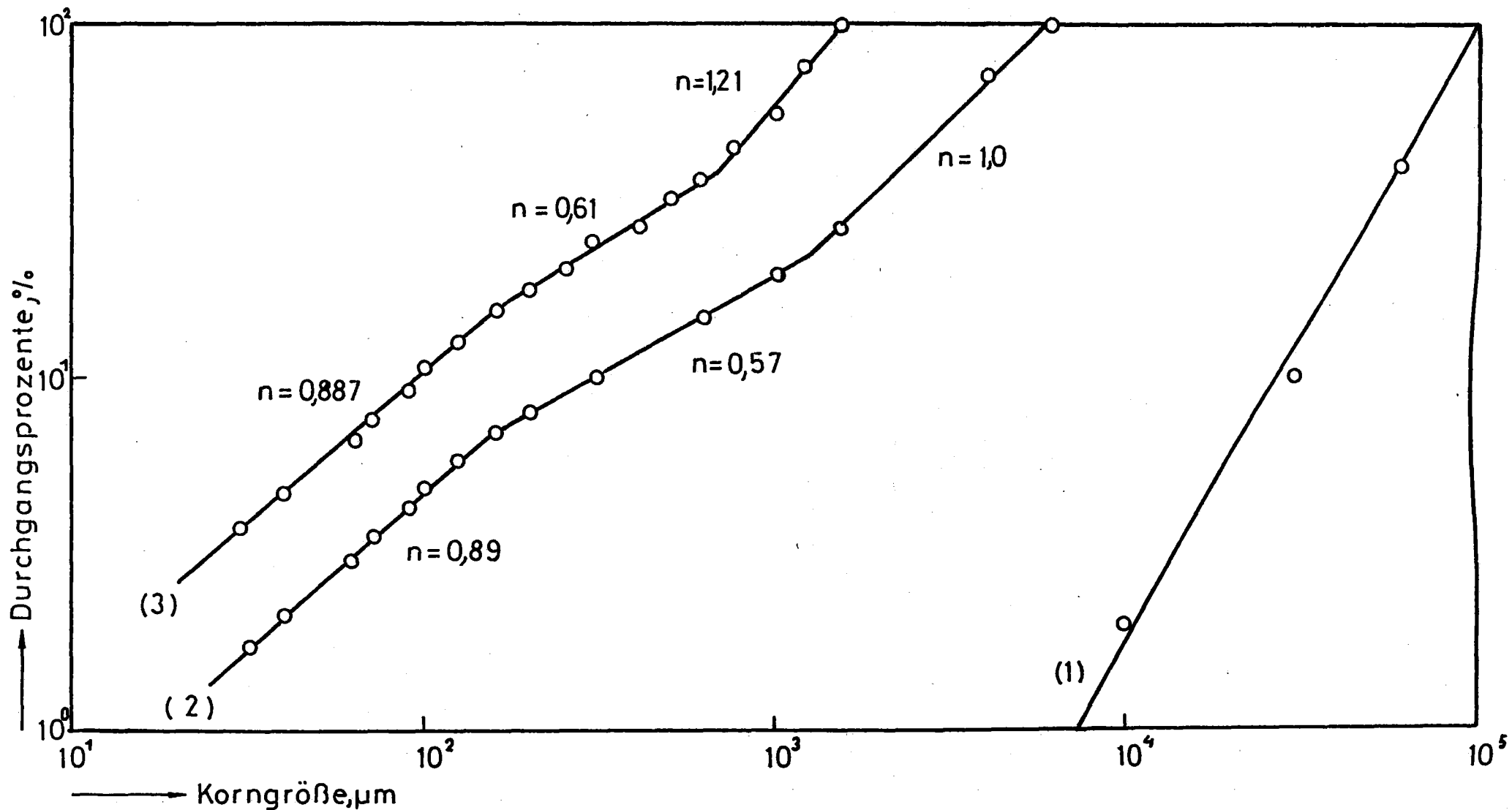
Siebanalyse des Produktes Nr.13  
 (Zerkleinerungsprodukt  $< 6 \text{ mm}$ ) und  
 Rückrechnung über die Siebanalysen  
 2,5,8,11. Die Ausgleichskurve genügt  
 der direkten Siebanalyse in der Abb. 8

Abb.6



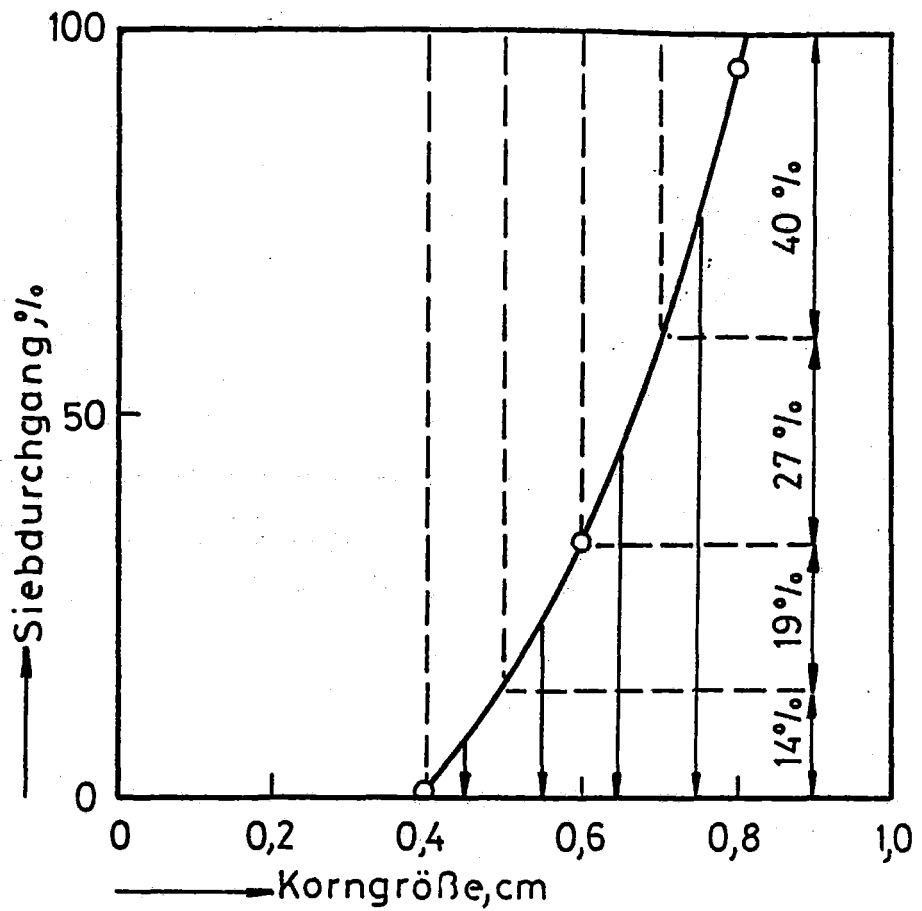
Arbeitsvorschrift zur Untersuchung des Produktes 19 (= Siebfraktion  
 <math>< 0.315 \text{ mm}</math> des Zerkleinerungsproduktes <math>< 6 \text{ mm}</math>)

Abb.7



Siebanalyse des Aufgabegutes der Brecherstufe Nr.1(Kurve 1),  
 des Zerkleinerungsproduktes  $< 6$  mm (Kurve 2), und des Zyklus-  
 mahlproduktes  $< 1,5$  mm (Kurve 3).





Anmerkung: Kornformfaktor  $f=9,7$

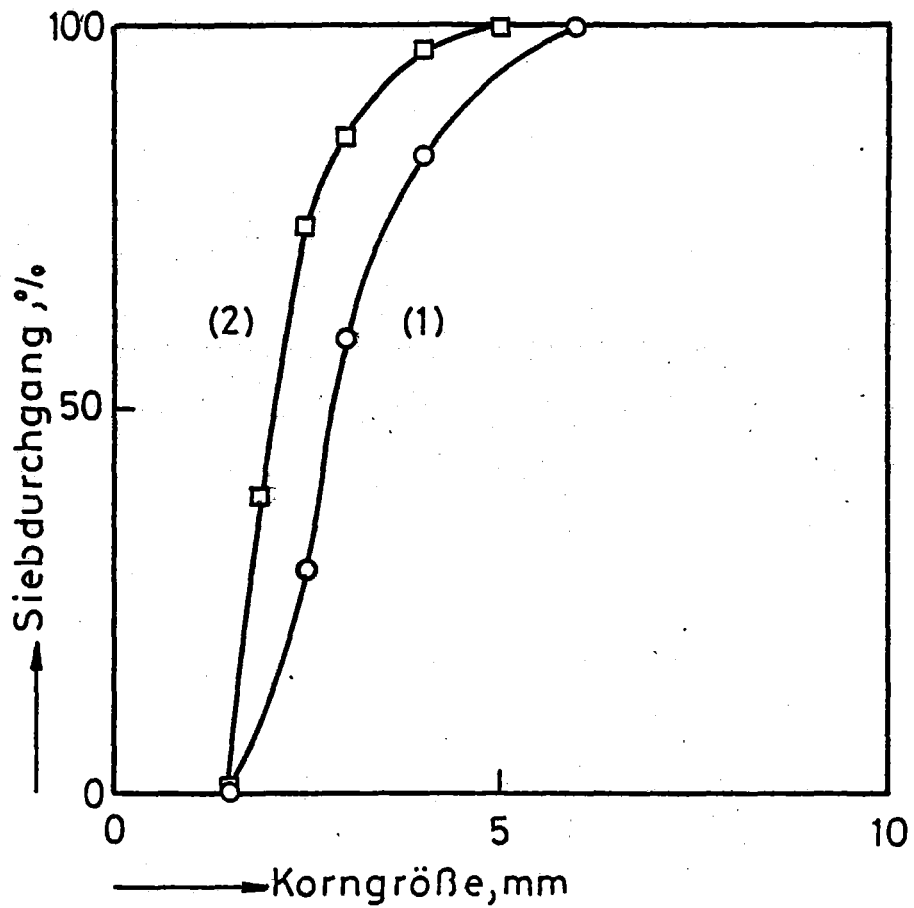
spez. Oberfläche  $A_s$  ( $\text{cm}^{-1}$ )

$$A_s = \frac{11,85}{100} \left( \frac{14}{0,45} + \frac{19}{0,55} + \frac{27}{0,65} + \frac{40}{0,75} \right)$$

$$A_s = 19,02 \text{ cm}^{-1}$$

Siebkenlinie des Siebüberlaufes  
(Produkt Nr.12) der Absiebung Nr.4  
im linearen Netz. Zerlegung in Streifen  
zum Zwecke der Oberflächenberechnung.

Abb.9



Kurve 1 : Siebanalyse der Frischaufgabe der Zyklenmahlung auf  $\leq 1,5$  mm

Kurve 2 : Siebanalyse des Rückgutes von Zyklus Nr.28

Abb.10