

96.462

Prof. Dr. HANS-JÖRG STEINER

Vorstand des Institutes für Aufbereitung und Veredlung

Montanuniversität

A-8700 Leoben (Österreich)

Tel. (03842) 425 55 - 290

Blei/Zink-Erz
Guggenbach 85-1

Datum: 1985-03-12



Endbericht zum VALL-Projekt Nr. P-35:

**AUFBEREITUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG EINER BLEI/ZINK-ERZPROBE
AUS DEM GRAZER PALÄOZOIKUM**



I N H A L T S V E R Z E I C H N I S
=====

	Seite
1.) Aufgabenstellung	1
2.) Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse	1
3.) Eingangsprobe	2
4.) Gang der Untersuchung und Einzelergebnisse	
4.1. Vorzerkleinerung	3
4.2. Mahlung	3
4.2.1. Trockenmahlung in der Stabmühle	3
4.2.2. Naßmahlung in der Stabmühle	5
4.3. Flotationsversuche	5
4.4. Klärversuche mit dem Flotationsrückstand	6
4.5. Dichtefraktionierung	7
4.6. Mikroskopische Präparate	7
Verzeichnis der Zahlentafeln	9
Verzeichnis der Abbildungen	10

1.) Aufgabenstellung

Im Rahmen des Rohstoff-Forschungsprojektes Nr. P-35 der Vereinigung für Angewandte Lagerstättenforschung in Leoben (VALL) wurde eine Pb/Zn-führende Gesteinsprobe aus dem Raum Guggenbach bei Graz einer orientierenden aufbereitungstechnischen Untersuchung unterzogen.

2.) Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Die Wertminerale in der untersuchten Kleinprobe sind Bleiglanz und Zinkblende. Oxydische Pb- bzw. Zn-Minerale treten nicht in nennenswerter Menge auf. Die Gangart besteht zu 30 - 35 % aus feinstkristallinem Karbonat, der Rest sind Silikate und Quarz.

Bei einer Verwachsung, wie sie in der untersuchten Kleinprobe gegeben war, ist eine Voranreicherung durch Dichtesortierung zum Zwecke der Entlastung von Mahlung und Flotation nicht anwendbar.

Aufgrund der engen Verwachsung von Bleiglanz, Zinkblende und Gangart ist von der Aufschlußmahlung vor der Flotation ein wesentlich höherer Feinheitsgrad zu fordern, als es bei Blei/Zink-Erzen vom Typus Bleiberg-Kreuth notwendig ist. Da auch der Zerkleinerungswiderstand infolge des hohen silikatischen Anteils höher ist als bei Erzen mit überwiegend karbonatischer Gangart, sind die betrieblichen Erfahrungswerte von Bleiberg-Kreuth bezüglich der Zerkleinerungskosten nicht auf den vorliegenden Erztyp übertragbar.

Mit den bisherigen Flotationsversuchen konnte die Möglichkeit einer Erzeugung von Bleikonzentraten mit marktkonformen Qualitätsmerkmalen noch nicht nachgewiesen werden. Die Selektivitätsprobleme in der

Bleistufe sind jedenfalls teilweise auf Kupferkies-Entmischungen in einem Anteil der Zinkblendekörner zurückzuführen.

In der Zinkstufe wurden günstige Anreicherungen, aber noch keine befriedigenden Ausbringenswerte erreicht. Das Klärverhalten der Flotationsabgänge fällt in den Normalbereich.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß der untersuchte Erztyp aufbereitungstechnische Probleme aufwirft. Aus diesem Grund wäre es sachlich falsch, einer wirtschaftlichen Beurteilung der Vererzung nur die chemischen Durchschnittsanalysen bzw. hinsichtlich der Aufbereitungskosten und des Aufbereitungserfolges die Erfahrungswerte aus dem Revier Bleiberg-Kreuth zugrunde zu legen.

Es wird daher empfohlen, nach Vorliegen eines repräsentativen Erzmusters eine gründliche aufbereitungstechnische Studie zum Zwecke der Erzbewertung durchzuführen.

3.) Eingangsprobe

Die in 2 Posten von Herrn Dr. CERNY/BBU überbrachte Eingangsprobe stammte aus einer bergmännischen Schurftätigkeit der Bleiberger-Bergwerks-Union im Raum Guggenbach und bestand aus Handstücken <140 mm Korngröße. Sie trugen die Einsenderbezeichnungen 1-13 und B-13. Da sich die beiden Muster nach dem äußeren Erscheinungsbild nicht wesentlich voneinander abheben, wurden sie zur Sammelprobe Nr. 3471 mit einer Gesamtmasse von 7,8 kg vereinigt.

4.) Gang der Untersuchung und Einzelergebnisse

4.1. Vorzerkleinerung

Die Vorzerkleinerung <6 mm erfolgte stufenweise mit dem Backenbrecher und Feingutabsiebungen, sodaß eine Kreislaufzerkleinerung nachgeahmt war. Zahlentafel 1 enthält die Kennwerte des Backenbrechers, Zahlentafel 2 die Durchsatzleistungen in den einzelnen Brecherstufen, Zahlentafel 3 die Spaltweitenangaben, die Rückgutanteile und die Schüttdichten der Feianteile <6 mm. Schüttgutkennwerte des Zerkleinerungsproduktes <6 mm und einzelner Kornklassen sind in Zahlentafel 4 erfaßt.

Die Siebanalyse des Zerkleinerungsproduktes <6 mm ist in Zahlentafel 5 wiedergegeben und in Abb. 1 im GGS-Netz dargestellt. Aufgrund der angewendeten Zerkleinerungsmethodik stellt Abb. 1 auch die Information über die natürliche Bruchcharakteristik des Gutes dar.

4.2. Mahlung

4.2.1. Trockenmahlung in der Stabmühle

Das Backenbrecher-Zerkleinerungsprodukt <6 mm wurde bei 2 mm abgeseibt, wobei 30,1 Masse-% als Feingut anfielen. Der Siebrückstand >2 mm wurde mit der Stabmühle 154 Ø x 300 mm nach der Methode des Zyklenversuches, d.h. unter Nachahmung einer Kreislaufzerkleinerung auf <2 mm zerkleinert. Dabei wurde eine umlaufende Last von 100 % angestrebt und im großen und ganzen auch eingehalten.

Angaben über die Stabmühle sind in Zahlentafel 6 enthalten. Zahlentafel 7 ist das Protokoll der Stabmühlenmahlung mit den Angaben über die Entwicklung der umlaufenden Last und der spezifischen Feingutbildung. Aus Abb. 2 geht die Einhaltung des Gleichgewichtszustandes bezüglich der umlaufenden Last und die mittlere zeitspezifische Feingutbildung im Gleichmahlstadium hervor. Letztere betrug 0,966 g/s.

Die Siebanalyse des Stabmühlen-Mahlproduktes <2 mm ist in Zahlentafel 8 erfaßt und in Abb. 1 graphisch dargestellt. Schüttgutkennwerte des Stabmühlen-Mahlproduktes <2 mm sind aus Zahlentafel 9 ersichtlich.

Zur weiteren Charakterisierung des Zerkleinerungsverhaltens und der Bruchcharakteristik wurden die spezifischen Oberflächen der Kornklassen 100/0 μm aus dem Backenbrecher-Zerkleinerungsprodukt <6 mm und dem Stabmühlen-Mahlprodukt <2 mm mit dem BLAINE-Gerät bestimmt (siehe Zahlentafel 10).

Zur Ermittlung des oberflächenspezifischen Kornformfaktors wurde auch die spezifische Oberfläche des Kornanteils 300/100 μm aus dem Stabmühlen-Mahlprodukt ermittelt. Verwendet wurde dazu das PERMARAN-Gerät mit einem speziellen Aufsatz, der größere Probenmengen aufnehmen kann. Durch schrittweise Erhöhung der Probenmenge konnte die Anzeige des PERMARAN-Gerätes in den vertrauenswürdigen Meßbereich gebracht und schließlich die spezifische Oberfläche der Probe zu ca. 500 cm^{-1} bestimmt werden.

Aufgrund der Korngrößenverteilung im Körnungsbereich 300/100 μm und der oben genannten spezifischen Oberfläche errechnete sich der oberflächenspezifische Kornformfaktor gemäß Zahlentafel 12 zu $f = 8,75$ (dimensionsloser Zahlenwert).

Der in der Stabmühlenmahlung erzielte Zuwachs an spezifischer Oberfläche wurde gemäß Zahlentafel 13 zu $385 \text{ cm}^2/\text{s}$ errechnet. Mit dem

in Zahlentafel 14 genannten Erfahrungswert für die Nettoleistungsaufnahme der Stabmühle ergab sich gemäß dem Berechnungsgang in Zahlentafel 14 ein Rittinger-Koeffizient von $\leq 21,6 \text{ cm}^2/\text{J}$.

Dieser Wert zeigt einen relativ hohen Zerkleinerungswiderstand an. Im Zusammenhang mit dem Zerkleinerungswiderstand ist der säurelösliche Anteil des Rohgutes von Interesse, der nach Zahlentafel 15 65 - 70 % beträgt.

4.2.2. Naßmahlung in der Stabmühle

Die Vorbereitung des Gutes für die Flotationsversuche erfolgte durch chargenweise Naßmahlung in der Stabmühle 154 \emptyset x 300 mm bei einem Feststoffgehalt von 40 Vol.%. Die Mahlbedingungen sowie die Siebanalysen der Mahlprodukte sind in den Zahlentafeln 16 - 18 erfaßt. Abb. 4 stellt die Siebanalyse der Mahlprodukte im GGS-Netz dar.

4.3. Flotationsversuche

Es wurden insgesamt 10 Versuche in einer Laborzelle (Bauart USTAV PRO VYZKUM RUD/Prag) durchgeführt. Die Versuche Nr. 1 - 5 wurden mit dem Stabmühlen-Naßmahlprodukt Nr. 2 (79,3 % $< 100 \mu\text{m}$), die Versuche Nr. 6 - 10 mit dem Stabmühlen-Naßmahlprodukt Nr. 3 (72,1 % $< 100 \mu\text{m}$) durchgeführt.

Die Flotationsbedingungen und Massebilanzen sind aus den Zahlentafeln 19 - 28 ersichtlich. Die Flotationsprodukte wurden im Stereomikroskop beurteilt. Von Produkten des Flotationsversuches Nr. 4 wurden Anschliffpräparate angefertigt (siehe Abschnitt 4.6.).

Die mit Standardrezepten durchgeführten Versuche Nr. 1 - 3 waren sowohl hinsichtlich der Anreicherung als auch des Ausbringens unbefriedigend. Durch Zugabe von Zinksulfat in der Pb-Stufe und Erhöhung der Sammlermenge konnte im Versuch Nr. 4 eine deutlich verbesserte Anreicherung im Zinkkonzentrat erreicht werden, das Zinkausbringen war aber noch unbefriedigend.

Die Versuche 5 - 8 brachten keine wesentlichen Verbesserungen.

In den Versuchen Nr. 9 und 10 wurde durch eine sog. "Hungerflotation" und Verringerung der Zinksulfat-Zugabe in der Pb-Stufe ein einigermaßen befriedigendes Zinkkonzentrat bei gutem Zinkausbringen erzielt. Bezüglich des Bleikonzentrates wurde jedoch noch kein marktfähiges Produkt erzielt.

Die Ergebnisse dieser Serie von Flotationsversuchen lassen darauf schließen, daß es sich um ein relativ flotationssschwieriges Blei/Zink-Erz handelt. Für eine eindeutige Aussage bezüglich der erreichbaren Trennergebnisse wären weitere Untersuchungen erforderlich.

4.4. Klärversuche mit dem Flotationsrückstand

Aus den eingedickten Bergeprodukten der Flotationsversuche 6 - 10 wurden Teilproben entnommen und zu einer Sammelprobe zusammenge-

setzt, die zur Aufnahme der Klärkurve bei verschiedenen Feststoffgehalten diente. Die Ergebnisse sind in den Zahlentafeln 29, 30 erfaßt und in den Abbildungen 5, 6 dargestellt.

4.5. Dichtefraktionierung

Zur Gewinnung von Präparaten für mikroskopische Untersuchungen wurden die Kornklasse 300/100 μm des Backenbrecher-Zerkleinerungsproduktes <6 mm sowie die Kornklasse 250/100 μm aus dem Bergeprodukt von Flotationsversuch Nr. 4 in Schwereflüssigkeiten abgeschwommen. Die Massenbilanzen der Schwimm/Sink-Analysen sind in Zahlentafel 31 erfaßt.

4.6. Mikroskopische Präparate

Für die Untersuchung mit dem Polarisations-Auflichtmikroskop wurden folgende Anschliffpräparate angefertigt:

Produkt	Kornklasse μm	Dichteklasse g/cm^3	Präparat Nr.
Zerkleinerungs- produkt <6 mm	300/100	$>3,31$	662-1
		2,88/3,31	662-2
Pb-Konzentrat Flotationsvers.Nr. 4	250/32	-	662-3
Zn-Konzentrat Flotationsvers.Nr. 4	250/32	-	662-4
Bergeprodukt Flotationsvers.Nr. 4	250/100	$>3,31$	662-5

Für die Untersuchung mit dem Polarisations-Durchlichtmikroskop wurden folgende Einbettungen in EPOXID/Buehler angefertigt:

Produkt	Kornklasse μm	Dichteklasse g/cm^3	Objekt- träger
Zerkleinerungsprodukt < 6 mm	100/32	-	DA 80
Bergeprodukt Flotationsversuch Nr. 4	250/100	< 2,88	DA 79

Verzeichnis der Zahlentafeln:

Zahlentafel Nr.

Technische Daten des Laborbackenbrechers	1
Ermittlung der Durchsatzleistung der Brecherstufen 1 - 5	2
Ergebnisse der stufenweisen Zerkleinerung mit dem Backenbrecher	3
Schüttgutkennwerte des Zerkleinerungsproduktes < 6 mm sowie einzelner Kornklassen	4
Siebanalyse des Brecherproduktes < 6 mm	5
Technische Daten der Stabmühle	6
Protokoll der Stabmühlenmahlung	7
Siebanalyse des Stabmühlenproduktes	8
Feststoffdichte, Schüttdichten und Feststoff-Volumenanteil ausgewählter Fraktionen von Produkten der Stabmühlenmahlung auf < 2 mm	9
Spezifische Oberflächenmessung an Feinprodukten der Brecher- und Stabmühlenstufe mit dem BLAINE-Gerät	10
Ermittlung der spezifischen Oberfläche der Kornklasse 0,3/0,1 mm aus dem Stabmühlen-Mahlprodukt < 2 mm	11
Ermittlung des oberflächenbezogenen Kornformfaktors für das Stabmühlen-Mahlprodukt	12
Bestimmung des Zuwachses an spez. Oberfläche bei der Stabmühlenmahlung	13
Ermittlung des Rittinger-Koeffizienten der Stabmühlenmahlung auf < 2 mm	14
Untersuchung von Kornklassen des Stabmühlen-Mahlproduktes < 2 mm auf Löslichkeit in HCl/H ₂ O-Gemisch 1 : 2	15
Siebanalyse des Produktes Naßmahlung 1	16
Naßmahlung 2	17
Naßmahlung 3	18
Protokolle des Flotationsversuche Nr. 1 - 10	19 - 28
Sedimentationsveruch mit Berge der Flotationsversuche 6 - 10 (Mischung)	29 - 30
Sink/Schwimm-Analyse	31

Verzeichnis der Abbildungen:

	Abb.Nr.
Darstellung der Siebanalysen von Brecher- und Stabmühlenprodukt im GGS-Netz	1
Darstellung der Feingutbildung in Abhängigkeit von der Mahldauer bei der Stabmühlenmahlung	2
Ergebnisse von PERMARAN-Messungen der spez. Oberfläche in Abhängigkeit von der Einwaage der Probe im Meßzylinder	3
Darstellung der Siebanalysen der Naßmahlungen 1, 2, 3 im GGS-Netz	4
Ermittlung der Klärgeschwindigkeit der Berge der Flotationsversuche Nr. 6 - 10	5
Ermittlung der Sedimentationsbildungsgeschwindigkeit der Berge der Flotationsversuche Nr. 6 - 10	6

Hersteller			Fa. Fuchs		
Type			Kurbelschwingenbrecher		
Einwurf- öffnung	Maulbreite		mm	150	
	Maulweite		mm	100	
Austrags- öffnung	Spaltbreite		mm	150	
	Spaltweite bei der Einstellung	maximum	Öffnungs- zustand	mm	15,3
			Schließ- zustand	mm	7,8
		minimum	Öffnungs- zustand	mm	10,2
			Schließ- zustand	mm	2,7
	Hub			mm	7,5
Hubzahl			s ⁻¹	3,45	

Technische Daten des Laborbacken- brechers	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1
	Zahlentafel 1

Brech- stufe Nr.	Brechdauer sec	Brechgut Masse g	Durchsatzleistung t/h
1	87	6346	0,2626
2	19	5019	0,9509
3	30	4017	0,4820
4	12	1703	0,5109
5	5	844	0,6077

Anmerkung:

Kleinste Spaltweiteneinstellung ab der 3. Brechstufe

Masseanteilig gemittelte Durchsatzleistung der Brech-
stufen 3 - 5: 0,503 t/h - 0,287 m³/h (Schüttgut gerüttelt)

Mittlere Rütteldichte des Zerkleinerungsproduktes <6 mm:
1,75 kg/l

Ermittlung der Durchsatzleistung der
Brecherstufen 1 - 5

Blei/Zink-Erz
Guggenbach 85-1

Zahlentafel 2

Brecher- stufe Nr.	Spaltweite mm		Durchsatz bezogen auf den Vorlauf der 1. Stufe Masse-%		Feingutbildung <6 mm, bez. auf den Vorlauf der 1. Stufe Masse-%		Schüttdichten des Feingutes <6 mm im Brecherausrag kg/m ³	
	min.	max.	pro Stufe	insgesamt	pro Stufe	insgesamt	pro Stufe	insgesamt
1	7,8	15,3	100,00	100,00	28,36	28,36	1437	1730
2	7,8	15,3	71,45	171,45	4,80	33,16	1462	1702
3	2,7	10,2	66,42	237,87	37,26	70,42	1554	1775
4	2,7	10,2	29,14	267,01	13,15	83,57	1552	1749
5	2,7	10,2	16,04	283,05	7,29	90,86	1573	1735
6	2,7	10,2	8,70	291,75	3,04	93,90		
7	2,7	10,2	5,67	297,42	1,16	95,06		
8	2,7	10,2	3,83	301,25	1,84	96,90		
9	2,7	10,2	2,66	303,91	2,16	99,06		

Ergebnisse der stufenweisen Zerkleinerung mit dem Backenbrecher	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1
	Zahlentafel 3

Fraktion mm	Feststoff- dichte kg/m ³	Schüttdichte kg/m ³		Feststoff-Volumen- Anteil Vol. %	
		lose	gerüttelt	lose	gerüttelt
6,0/4,0	2852	1402	1525	49,2	53,5
3,0/2,0	2899	1321	1451	45,6	50,1
1,0/0,75	2898				
0,5/0,3	2962				
0,3/0,1	2971				
0,1/0	3017				
6,0/0	2886	1512	1750	52,4	60,6

<p>Schüttgutkennwerte des Zerkleinerungs- produktes <6 mm sowie einzelner Korn- klassen</p>	<p>Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1</p> <p>Zahlentafel 4</p>
--	---

Maschenweite [µm]	Masse [g]	Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
6000	0.00	0.00	0.00	100.00
4000	697.44	38.24	38.24	61.76
3000	338.32	18.54	56.78	43.22
2000	244.91	13.42	70.20	29.80
1000	238.36	13.06	83.26	16.74
750	55.44	3.04	86.30	13.70
500	65.33	3.58	89.88	10.12
300	45.48	2.49	92.37	7.63
100	70.56	3.87	96.24	3.76
0	68.63	3.76	100.00	0.00

Siebanalyse des Brecherproduktes <6 mm

Blei/Zink-Erz
Guggenbach 85-1

Zahlentafel 5

Mahlraumabmessungen	Durchmesser	mm	154
	Länge	mm	300
Hubleisten	Anzahl		4
	Profil	mm	7 x 7
Mahlstäbe	Anzahl		8
	Durchmesser	mm	20
	Länge	mm	290
	Gesamtgewicht	g	7220
Drehzahl		s ⁻¹	0,98

Technische Daten der Stabmühle	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1
	Zahlentafel 6

Mahl- zyklus Nr.	Mühlen- einwaage g	Mahl- dauer sec	Feingut- bildung < 2 mm g	Rückgut > 2 mm g	spez. Fein- gutbildg. < 2 mm g/sec
1	500	30	45	455	1,500
2	500	167	168	332	1,006
3	500	249	230	270	0,924
4	500	292	250	250	0,856
5	500	292	257	243	0.880
6	500	284	265	235	0,933
7	500	268	258	242	0,963
8	500	260	245	255	0,942
9	500	265	250	250	0,943
10	493	265	256	237	0,966

Protokoll der Stabmühlenmahlung	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1
	Zahlentafel 7

Maschenweite [µm]	Masse [g]	Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
2000	0.00	0.00	0.00	100.00
1000	270.20	48.91	48.91	51.09
750	56.78	10.28	59.19	40.81
500	55.83	10.10	69.29	30.71
300	40.70	7.37	76.66	23.34
100	61.90	11.20	87.86	12.14
0	67.09	12.14	100.00	0.00

Siebanalyse des Stabmühlenproduktes	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1
	Zahlentafel 8

Produkt (Fraktion) (mm)	Feststoff- dichte kg/m ³	Schüttdichte kg/m ³		Feststoff-Volumen- anteil (Vol %)	
		lose	gerüttelt	lose	gerüttelt
VMS (2,0/0)	2871	1547	1797	53,88	62,59
PMS (2,0/0)	2878	1610	1916	55,94	66,57
PMS (2,0/1,0)	2849	1500	1575	52,65	55,28
PMS (1,0/0,75)	2856				
PMS (0,75/0,5)	2879				
PMS (0,5/0,3)	2917				
PMS (0,3/0,1)	2900				
PMS (0,1/0)	2974				

Feststoffdichte, Schüttdichten und Feststoff-Volumensanteil ausgewählter Fraktionen von Produkten der Stab- mühlenmahlung auf < 2 mm VMS .. Unterlauf der Vorabsiebung PMS .. Produkt der Kreislaufmahlung	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1 Zahlentafel 9
---	---

Produkt	Schüttdichte g/cm ³	Feststoffdichte g/cm ³	Porosität e	dyn. Viskosität P	Einwaage g	Falldauer, sec				spez. Oberflächen	
						1	2	3	Mittelwert	cm ² /g	cm ⁻¹
Feinprodukt Brecher k=0,1/0mm	1,524	3,017	0,495	,001793	2,507	41,2	34,6	44,4	40,30	2380,8	7182,9
						41,4	34,4	44,5			
						41,9	34,6	45,2			
Feinprodukt Stabmühle k=0,1/0mm	1,519	2,974	0,489	,00179	2,449	47,1	55,0	60,6	54,51	2783,2	8277,1
						47,0	56,1	60,7			
						47,3	56,0	60,8			
O_e ... spez. Oberfläche der Eichsubstanz = 4490 cm ² /g e_e ... Porosität der Eichsubstanz = 0,504 η_e ... Dyn. Viskosität d. Luft bei d. Eichmessung = 0,001783 P ρ_e ... Feststoffdichte der Eichsubstanz = 2,65 g/cm ³						Falldauer bei d. Eichmessung=77,88s Berechnungsformel: $O = O_e \cdot \frac{(1-e_e) \cdot \sqrt{\eta_e} \cdot \sqrt{\rho_e^3} \cdot \sqrt{t_e} \cdot g}{(1-e) \cdot \sqrt{\eta} \cdot \sqrt{\rho_e^3} \cdot \sqrt{t_e} \cdot g}$					

Spezifische Oberflächenmessung an Feinprodukten der Brecher- und Stabmühlenstufe mit dem BLAINE-Gerät	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1 Zahlentafel 10
---	--

Probe	Einwaage g	Porosität e	f(e)	\mathcal{L}	Meßbe- reich	β	f(Δp)	f(Δp) korr	spez. Oberfläche	
									cm ⁻¹	cm ⁻¹
Produkt der Stab- mühlenmahlung, Kornklasse 0,3/0,1mm	7,72	0,458	0,572	23,400	rot	304,2	3,78	1,35	234,90	243,76
					gelb	1003,7	1,18	0,44	252,62	
					grün	-	-	-	-	
	20	14,374	rot	186,9	4,82	3,40	363,41	375,68		
			gelb	616,6	1,54	1,10	387,95			
			grün	-	-	-	-			
	30	11,729	rot	152,5	6,04	4,92	427,76	432,60		
			gelb	503,1	1,88	1,52	437,43			
			grün	-	-	-	-			
	60	8,34	rot	108,4	8,61	7,80	483,77	490,52		
			gelb	357,8	2,66	2,43	497,26			
						grün	-	-	-	

<p>Ermittlung der spezifischen Oberfläche der Kornklasse 0,3/0,1 mm aus dem Stabmühlen-Mahlprodukt < 2 mm.</p> <p>Annäherung an den vertrauenswürdigen Meßbereich durch Vergrößerung der Probemenge (siehe dazu Abb. 3).</p>	<p>Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1</p> <p>Zahlentafel 1-1</p>
---	---

$$\text{GGS-Exponent } n = \frac{\log \frac{D_{k_{\max}}}{D_{k_{\min}}}}{\log \frac{k_{\max}}{k_{\min}}} = 0,59$$

$D_{k_{\max}}$ = Durchgang bei $k_{\max}=0,2335$ | $k_{\max} = 0,3$ mm
 $D_{k_{\min}}$ = Durchgang bei $k_{\min}=0,1215$ | $k_{\min} = 0,1$ mm

$$k_{100} = 3,53 \quad \text{aus} \quad \log k_{100} = \frac{n \times \log k_{\max} - \log D_{k_{\max}}}{n}$$

$f = \text{Kornformfaktor} = 8,79$

$$\text{aus } a_s = \frac{f}{k_{100}^n} \times \frac{n}{n-1} \times \frac{(k_{\max}^{n-1} - k_{\min}^{n-1})}{D_{k_{\max}} - D_{k_{\min}}}$$

$a_s = \text{spez. Oberfläche der Kornklasse } 0,3/0,1 \text{ mm} = 500 \text{ cm}^{-1}$

Ermittlung des oberflächenbezogenen Kornformfaktors für das Stabmühlen-Mahlprodukt

Blei/Zink-Erz
Guggenbach 85-1

Zahlentafel 12

Produkt	Fraktion	Masse	spez. Oberfläche (produktbezogen)	
	mm	%	cm ⁻¹	cm ² /g
Mühlenaufgabe= Überlauf der Vorabsiebung	6,0/4,0	54,47	9,71	
	4,0/3,0	26,41	6,68	
	3,0/2,0	19,12	6,82	
	6,0/2,0	100,00	23,21	8,08
Produkt der Stabmühlen- mahlung	2,0/1,0	48,90	29,80	
	1,0/0,75	10,28	10,40	
	0,75/0,5	10,10	14,40	
	0,5/0,3	7,37	16,55	
	0,3/0,1	11,20	54,08	
	0,1/0	12,15	1005,65	
	2,0/0	100,00	1180,88	392,94

$$\text{spez. Oberfläche} = f \times \sum \frac{F \times \ln \frac{k(\max)}{k(\min)}}{k(\max) - k(\min)}$$

f = Kornformfaktor = 8,79

F = Masse % der Fraktion

Zuwachs an spez. Oberfläche $a_s = 392,94 - 8,08 = 384,86 \text{ cm}^2/\text{g}$

Bestimmung des Zuwachses an spez. Oberfläche bei der Stabmühlennmahlung	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1
	Zahlentafel 13

$$\text{Leistungskennzahl der Stabmühle } L = \frac{N}{D \times M \times n} \leq 15,8 \frac{\text{J}}{\text{m kg}} \quad (1)$$

D ... Mahlraumdurchmesser = 0,154 m

M ... Gesamtmasse der Mahlkörper = 7,220 kg

n ... Drehzahl = 0,98 sec⁻¹

aus (1) $N = \text{Nettoleistungsaufnahme} \leq \underline{17,22 \text{ W}}$

spez. Nettoenergieverbrauch $E_{\text{sp}} = N \times \frac{\text{Mahldauer}}{\text{Feingutmasse}} \leq \underline{17,8 \text{ J/g}}$

Mahldauer = 2.070 sec

Feingutbildung = 2.000 g

Zuwachs an spezifischer Oberfläche gemäß Zahlentafel 13 = 385 cm²/g

Rittinger-Koeffizient R $\geq 21,6 \text{ cm}^2/\text{J}$

Ermittlung des Rittinger-Koeffizienten der Stabmühlen-Mahlung auf < 2 mm	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1 Zahlentafel 14
--	--

Kornklasse mm	Einwaage g	Säurelöslicher Anteil			
		g	Masse %	Feingutanteil im Lösungsrückstand Masse-%	Aufschlußgrad %
0,5/0,3	2,00	1,34	67,0	11,9	88,1
0,3/0,1	2,00	1,30	65,0	5,4	94,6

Schlußfolgerung: Karbonatischer Gesteinsanteil 30 - 35 %

Untersuchung von Kornklassen des Stabmühlen-Mahlproduktes <2 mm auf Löslichkeit in HCl/H ₂ O-Gemisch 1 : 2. Einwirkdauer: 24 h	Blei/Zink-Erz Guggenbach Zahlentafel 15
---	---

Siebgröße	Masse	Fraktion	Rückstand	Durchgang
μ	g	%	%	%
250	0	0	0	100,00
160	0,03	0,15	0,15	99,85
100	0,29	1,45	1,60	98,40
80	1,23	6,15	7,75	92,25
50	2,81	14,05	21,80	78,20
32	2,64	13,20	35,00	65,00
0	13,00	65,00	100,00	0

Siebanalyse des Produktes der
Naßmahlung 1

Aufgabe: Zerkleinerungsprodukt < 6 mm

Spez. Mahldauer: 4,66 s/g

Spez. Energieverbrauch: < 80 J/g

Reststoffgehalt: 40 Vol.%

Blei/Zink-Erz
Guggenbach 85-1

Zahlentafel 16

Siebgröße	Masse	Fraktion	Rückstand	Durchgang
μ	g	%	%	%
250	0	0	0	100,00
160	0,42	2,62	2,62	97,38
100	2,90	18,12	20,74	79,26
80	2,30	14,38	35,12	64,88
50	1,55	9,69	44,81	55,19
32	1,88	11,75	56,56	43,44
0	6,95	43,44	100,00	0

Das Mahlprodukt ist die Aufgabe der Flotationsversuche Nr. 1 - 5

Siebanalyse des Produktes der Naßmahlung 2 Aufgabe: Zerkleinerungsprodukt <6 mm Spez.Mahldauer: 2,95 s/g Spez.Energieverbrauch: <51 J/g Feststoffgehalt: 40 Vol.%	Blei-Zink-Erz Guggenbach 85-1 Zahlentafel 17
--	--

Siebgröße	Masse	Fraktion	Rückstand	Durchgang
μ	g	%	%	%
250	0	0	0	100,00
160	0,55	5,50	5,50	94,50
100	2,24	22,40	27,90	72,10
71	1,70	17,00	44,90	55,10
50	1,37	13,70	58,60	41,40
32	1,01	10,10	68,70	31,30
0	3,13	31,30	100,00	0

Das Mahlprodukt ist die Aufgabe der Flotations-
versuche Nr. 6 - 10

Siebanalyse des Produktes der Naßmahlung 3 Aufgabe: Stabmühlernahlprodukt ≤ 2 mm Spez.Mahldauer: 1,8 s/g Spez.Energieverbrauch: < 31 J/g Feststoffgehalt: 40 Vol.%	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1 Zahlentafel 18
--	--

Stufe	Phase	Zeit min	Reagenzien	Verbrauch g/t	Bemerkungen
Pb-Stufe	Kond.	3	K-Äthylxanthat Frother 65	10 10	pH-Wert: 7
	Flot.	4			
Zn-Stufe	Kond.	2	Na ₂ CO ₃ CuSO ₄	670 50	
	Flot.	14	Amyl-xanthat	20	Sammlerzugabe nach 4min

Bezeichnung	Masse g	Masse %
Aufgabe	81,59	100,00
Pb-Konz.	2,61	3,20
Zn-Konz.	2,85	3,49
Berge	76,13	93,31

Flotationsversuch 1 Abkürzungen: Kond. .. Konditionierung Flot. .. Flotation Konz. .. Konzentrat Aufgabe: 79,3 Masse % <100 µm	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1 Zahlentafel 19
--	--

Stufe	Phase	Zeit min	Reagenzien	Verbrauch g/t	Bemerkungen
Pb-Stufe	Kond.	3	K-Äthylxan- that Frother 65	15 1	pH-Wert: 7
	Flot.	6			
Zn-Stufe	Kond.	3	CuSO ₄ Na ₂ CO ₃ Amyl xanthat	50 980 10	pH-Wert: 7,5
	Flot.	8			

Bezeichnung	Masse g	Masse %
Aufgabe	83,35	100,00
Pb-Konz.	3,67	4,40
Zn-Konz.	1,54	1,85
Berge	78,14	93,75

Flotationsversuch 2 Abkürzungen: Kond. .. Konditionierung Flot. .. Flotation Konz. .. Konzentrat Aufgabe: 79,3 Masse % <100 µm	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1 Zahlentafel 20
--	--

Stufe	Phase	Zeit min	Reagenzien	Verbrauch g/t	Bemerkungen
Pb-Stufe	Kond.	2	K-Äthylxanthat ZnSO ₄ Frother 65	15 45 1	pH-Wert: 7
	Flot.	7			
Zn-Stufe	Kond.	2	CuSO ₄ Na ₂ CO ₃ Amyl xanthat	100 670 10	pH-Wert: 7,5
	Flot.	8			

Bezeichnung	Masse g	Masse %
Aufgabe	80,89	100,00
Pb-Konz.	3,73	4,61
Zn-Konz.	2,05	2,53
Berge	75,11	92,86

Flotationsversuch 3 Abkürzungen: Kond. .. Konditionierung Flot. .. Flotation Konz. .. Konzentrat Aufgabe: 79,3 Masse % <100 µm	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1 Zahlentafel 21
--	--

Stufe	Phase	Zeit min	Reagenzien	Verbrauch g/t	Bemerkungen
Pb-Stufe	Kond.	3	ZnSO ₄ K-Äthylxanthat Frother 65	215 20 1	
	Flot.	8			
Zn-Stufe	Kond.	2	CuSO ₄ Na ₂ CO ₃ Amyl-xanthat	90 945 20	
	Flot.	8			

Bezeichnung	Masse g	Masse %
Aufgabe	86,49	100,00
Pb-Konz.	2,74	3,17
Zn-Konz	2,14	2,47
Berge	81,61	94,36

Flotationsversuch 4 Abkürzungen: Kond. .. Konditionierung Flot. .. Flotation Konz. .. Konzentrat	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1
Aufgabe: 79,3 Masse % < 100 µm	Zahlentafel 22

Stufe	Phase	Zeit min	Reagenzien	Verbrauch g/t	Bemerkungen
Pb-Stufe	Kond.	4	ZnSO ₄ Na ₂ CO ₃ K-Äthylxanthat Frother 65	600 2635 130 2	pH-Wert: 8,5
	Flot.	8			
Zn-Stufe	Kond.	3	CuSO ₄ Amyl-xanthat	315 80	
	Flot.	10			

Bezeichnung	Masse g	Masse %
Aufgabe	62,04	100,00
Pb-Konz.	3,01	4,85
Zn-Konz.	2,71	4,37
Berge	56,32	90,78

Flotationsversuch 5 Abkürzungen: Kond. .. Konditionierung Flot. .. Flotation Konz. .. Konzentrat	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1
Aufgabe: 79,3 Masse % <100 µm	Zahlentafel 23

Stufe	Phase	Zeit min	Reagenzien	Verbrauch g/t	Bemerkungen
Pb-Stufe	Kond.	4	Na ₂ CO ₃ ZnSO ₄ K-Äthylxanthat Frother 65	1435 495 35 2	pH-Wert: 8
	Flot.	8			
Zn-Stufe	Kond.	3	CuSO ₄ Amyl-xanthat	425 110	
	Flot.	10			

Bezeichnung	Masse g	Masse %
Aufgabe	113,75	100,00
Pb-Konz.	5,80	5,10
Zn-Konz.	1,93	1,70
Berge	106,02	93,20

Flotationsversuch 6 Abkürzungen: Kond. .. Konditionierung Flot. .. Flotation Konz. .. Konzentrat Aufgabe: 72,1 Masse % <100 µm	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1 Zahlentafel 24
--	--

Stufe	Phase	Zeit min	Reagenzien	Verbrauch g/t	Bemerkungen
Pb-Stufe	Kond.	6	ZnSO ₄ Na ₂ CO ₃ K-Äthylxanthat Frother 65	1285 1865 45 1	
	Flot.	9			
Zn-Stufe	Kond.	3	CuSO ₄ Amyl-xanthat	665 185	
	Flot.	8			

Bezeichnung	Masse g	Masse %
Aufgabe	87,56	100,00
Pb-Konz.	2,10	2,40
Zn-Konz.	1,23	1,40
Berge	84,23	96,20

Flotationsversuch 7 Abkürzungen: Kond. .. Konditionierung Flot. .. Flotation Konz. .. Konzentrat Aufgabe: 72,1 Masse % <100 µm	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1 Zahlentafel 25
--	--

Stufe	Phase	Zeit min	Reagenzien	Verbrauch g/t	Bemerkungen
Pb-Stufe	Kond.	6	Na ₂ CO ₃ ZnSO ₄ NaSO ₄ Frother65 K-Äthylxanth.	3300 850 840 2 25	
	Flot.	10			Hungerflotation
Zn-Stufe	Kond.	5	CuSO ₄ Amyl-xanthat	2950 190	
	Flot.	8	Amyl-xanthat	95	

Bezeichnung	Masse g	Masse %
Aufgabe	65,90	100,00
Pb-Konz.	2,13	3,23
Zn-Konz.	1,02	1,55
Berge	62,75	95,22

Flotationsversuch 8 Abkürzungen: Kond. ... Konditionierung Flot. ... Flotation Konz. ... Konzentrat Aufgabe: 72,1 Masse % <100 µm	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1 Zahlentafel 26
---	--

Stufe	Phase	Zeit min	Reagenzien	Verbrauch g/t	Bemerkungen
Pb-Stufe	Kond.	3	ZnSO ₄ K-Äthylxanthat Frother 65	475 10 1	Hungerflot.
	Flot.	9	K-Äthylxanthat	10	Sammlerzugabe nach 3 min
Zn-Stufe	Kond.	2	CuSO ₄ Na ₂ CO ₃ Amylxanthat	615 1035 105	pH-Wert: 8,5
	Flot.	10			

Bezeichnung	Masse g	Masse %
Aufgabe	78,89	100,00
Pb-Konz.	2,43	3,08
Zn-Konz.	5,86	7,43
Berge	70,60	89,49

Flotationsversuch 9 Abkürzungen: Kond. .. Konditionierung Flot. .. Flotation Konz. .. Konzentrat Aufgabe: 72,1 Masse % <100 µm	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1 Zahlentafel 27
--	--

Stufe	Phase	Zeit min	Reagenzien	Verbrauch g/t	Bemerkungen
Pb-Stufe	Kond.	3	ZnSO ₄ K-Äthylxanthat Frother 65	480 10 1	pH-Wert:6,5 Hungerflot.
	Flot.	5	K-Äthylxanthat	10	
Zn-Stufe	Kond.	3	CuSO ₄ Na ₂ CO ₃ Amyl-xanthat Frother 65	620 1040 105 1	pH-Wert:8
	Flot.	5			

Bezeichnung	Masse g	Masse %
Aufgabe	78,49	100,00
Pb-Konz.	3,35	4,27
Zn-Konz.	4,87	6,20
Berge	70,27	89,53

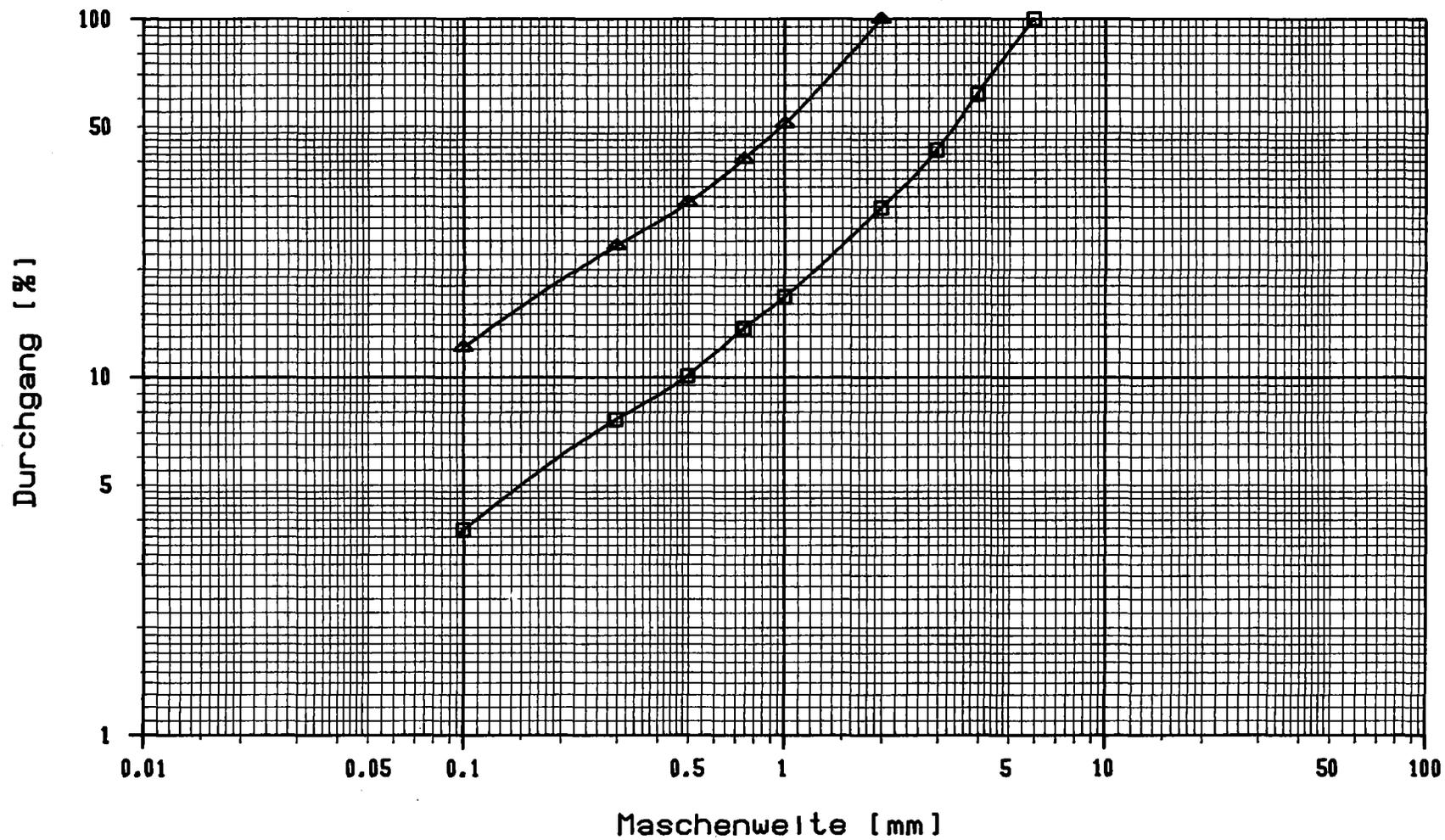
Flotationsversuch 10 Abkürzungen: Kond. .. Konditionierung Flot. .. Flotation Konz. .. Konzentrat	Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1
Aufgabe: 72,1 Masse % <100 µm	Zahlentafel 28

Feststoff- gehalt	5 Vol %		9 Vol %	
	Zeit	Sediment mm	Klärung mm	Sediment mm
15 sec	5		15	
30	11	5	24	
45	13		30	15
1 min	15	30	34	30
2	19	60	42	48
3	24	90	51	75
4	30	140	57	100
5	36	170	65	120
6	43	200	70	145
7	48	220	75	175
8	53	250		192
9	54	270		216
10	49	275		231
11	47	280		236
12	45	286		239
13	44	287		242
14				245
15			75	247
20			69	253
25	40	291		
30			66	256
5 Std.	39	292	65	257

Sedimentationsversuch mit Bergen der Flotationsversuche 6 - 10 (Mischung) Aufgabe der Flotationsversuche 6 - 10: Produkt der Naßmahlung 3	Blei-Zink-Erz Guggenbach 85-1 Zahlentafel 30
--	--

Probenbezeichnung	Kornklasse μm	Bezeichnung des Trennproduktes	Dichteklasse g/cm^3	Masse g	Masse % Fraktion	Masse % Teilsumme
Produkt des Backenbrechers	300/100	Leichtgut	2,88	1,97	63,75	63,75
		Mittelgut, leicht	2,95/2,88	0,33	10,68	74,43
		Mittelgut, schwer	3,31/2,95	0,37	11,97	86,40
		Schwertgut	3,31	0,42	13,60	100,00
Berge des Flotationsversuches 4	250/100	Leichtgut	3,31	2,74	95,14	95,14
		Schwertgut	3,31	0,14	4,86	100,00

Sink-Schwimm-Analyse: Brecherprodukt, Kornklasse 300/100 μm Berge des Flotationsversuches 4, Kornklasse 250/100 μm	Blei-Zink-Erz Guggenbach 85-1 Zahlentafel 31
---	--

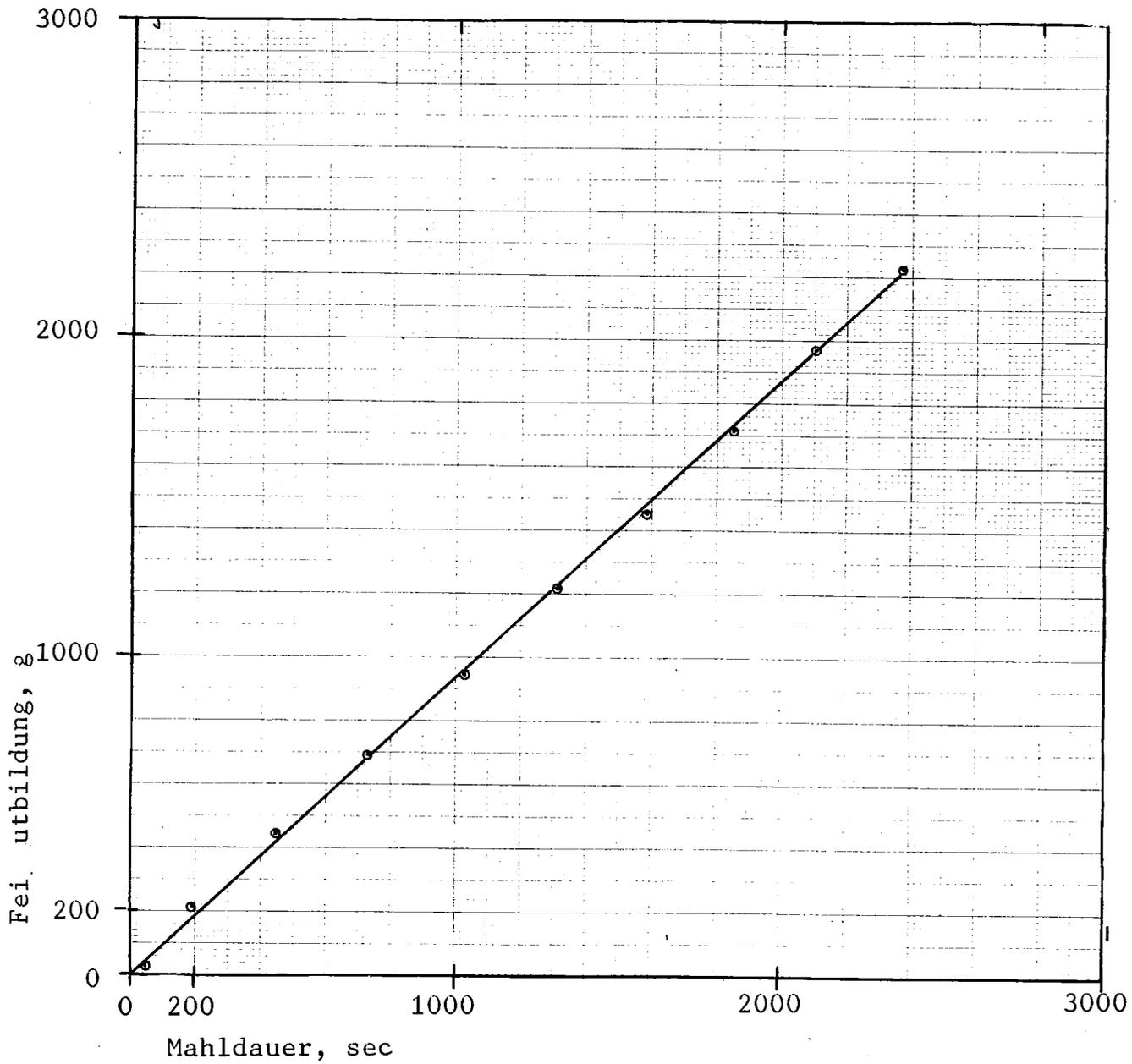


- ◻ ... Brecherprodukt
- ▲ ... Stabmühlenprodukt

Darstellung der Siebanalysen von Brecher- und Stabmühlenprodukt im GGS-Netz

Blei/Zink-Erz Guggenbach 85-1

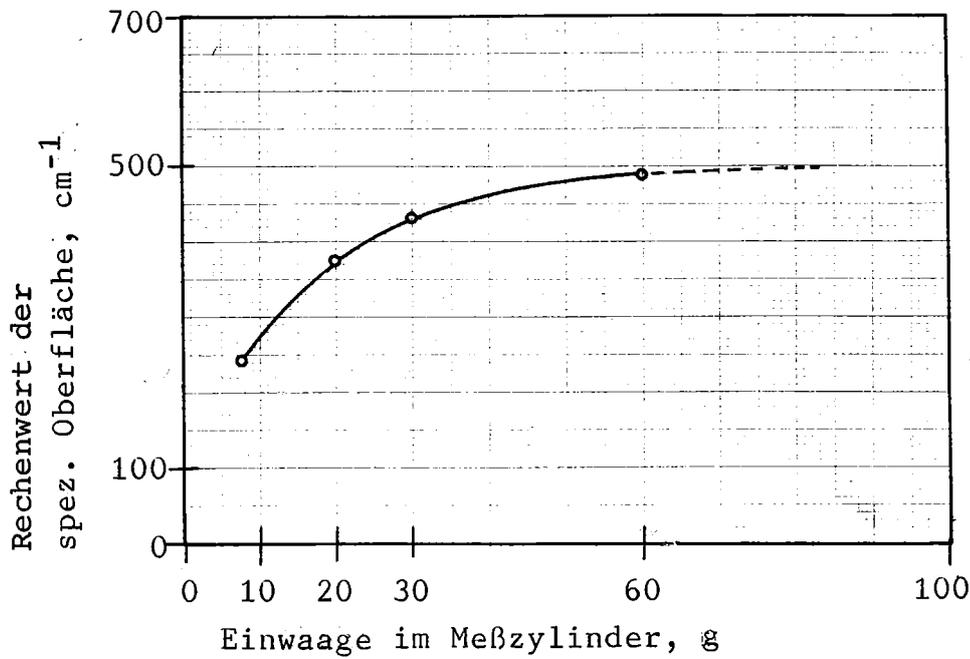
Abb. 1



Darstellung der Feinutbildung
in Abhängigkeit von der Mahldauer
bei der Stabmühlmahlung

Blei/Zink-Erz
Guggenbach 85-1

Abb. 2



Ergebnis: Vertrauenswürdiger Meßbereich
bei Einwaagen ≥ 60 g
Spez.Oberfläche ca. 500 cm^{-1}

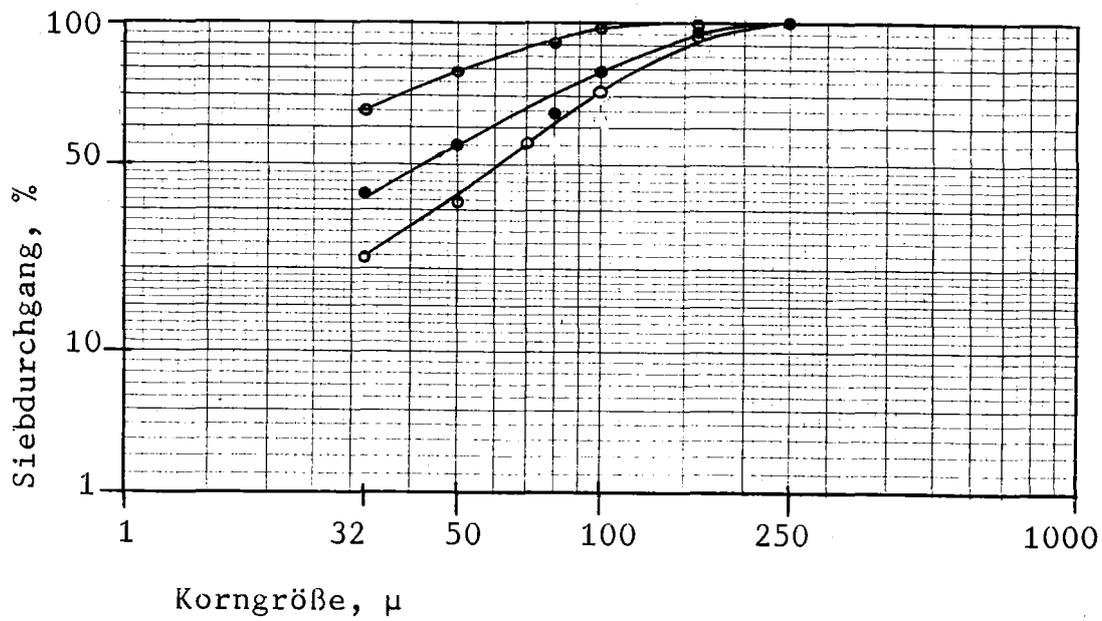
Ergebnisse von PERMARAN-Messungen der
spez.Oberfläche in Abhängigkeit von
der Einwaage der Probe im Meßzylinder

Probe: Kornklasse 0,3/0,1 mm aus
dem Stabmühlen-Mahlprodukt
 ≤ 2 mm.

Stoffdichte: 29 g/cm^3

Blei/Zink-Erz
Guggenbach 85-1

Abb. 3

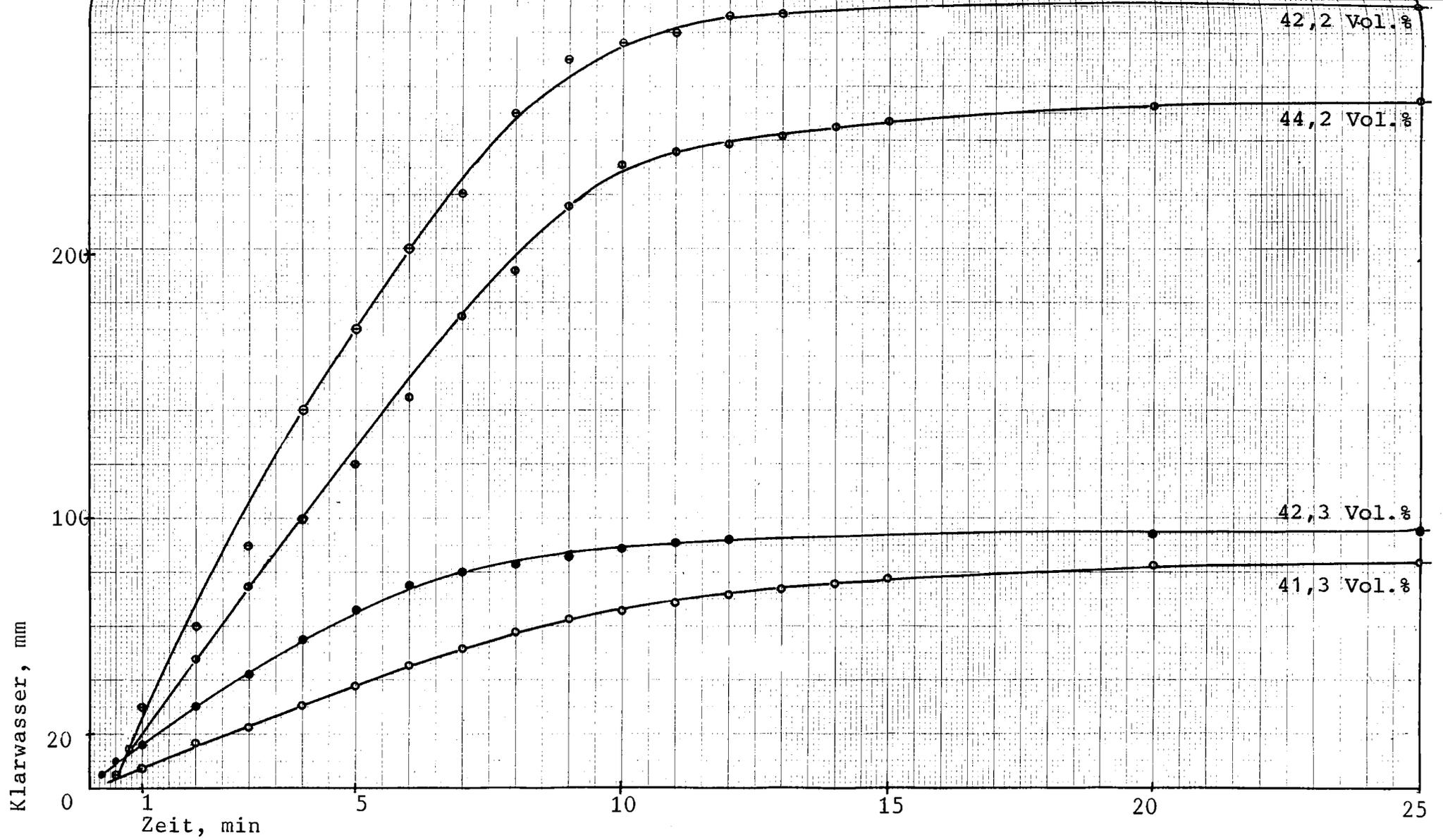


Darstellung der Siebanalysen der
Naßmahlungen 1,2 und 3 im GGS-Netz

- Naßmahlung 1
- " 2
- " 3

Blei/Zink-Erz
Guggenbach 85-1

Abb. 4

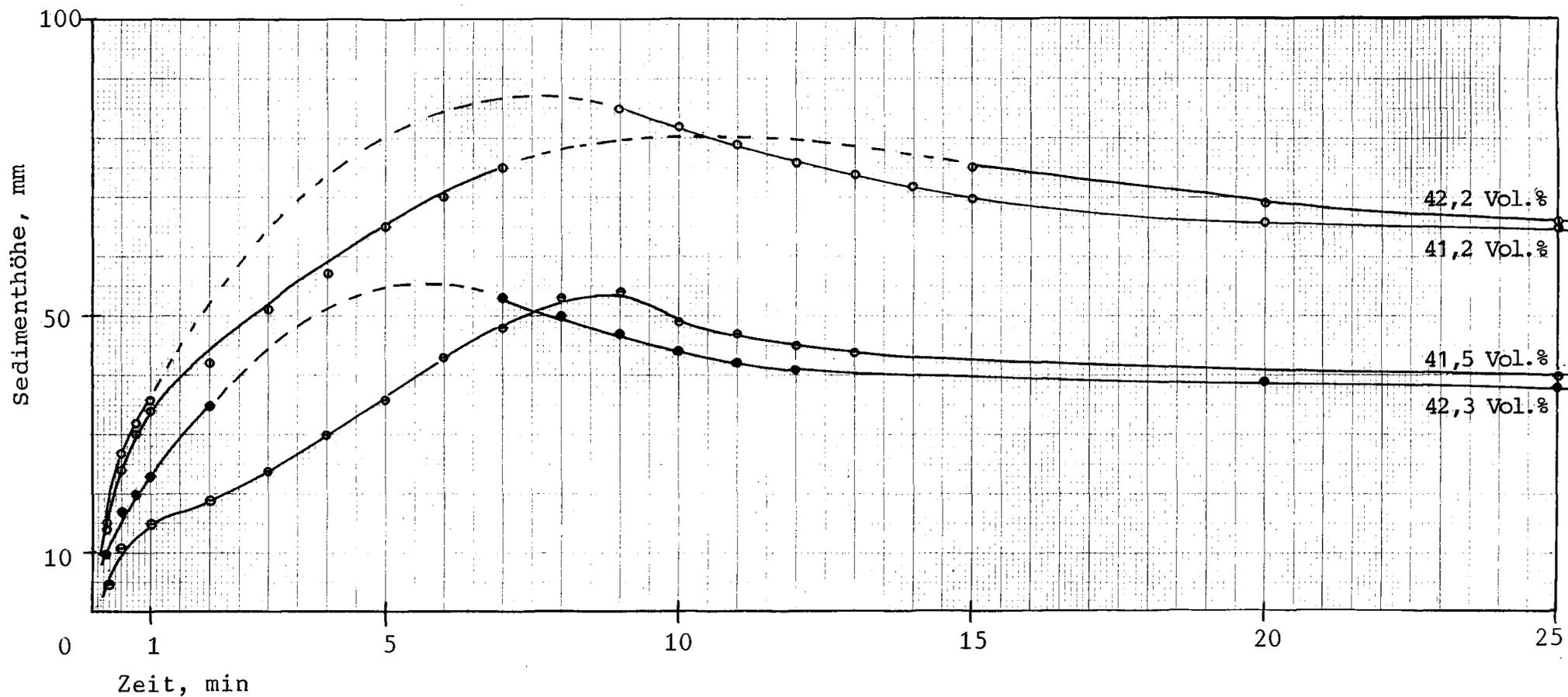


Ermittlung der Klärgeschwindigkeit der Berge der Flotationsversuche 6 - 10

- 5 Vol % Feststoffanteil zum Zeitpunkt \emptyset
- 9 Vol % " " - " -
- 12 Vol % " " - " -
- 18 Vol % " " - " -

Blei/Zink-Erz
Guggenbach 85-1

Abb. 5



Ermittlung der Sedimentationsbildungsgeschwindigkeit der Berge der Flotationsversuche 6 - 10.

- 5 Vol % Feststoffanteil zum Zeitpunkt ϕ
- ◐ 9 Vol % " " " "
- 12 Vol % " " " "
- ◑ 18 Vol % " " " "

Blei/Zink-Erz
Guggenbach 85-1

Abb. 6