



VALL-Projekt Nr. P-45/1:

Orientierende aufbereitungstechnische  
Untersuchung der Nickelführung von  
asbesthaltigen Dunitproben vom  
Hochgrössen/Steiermark

Prof. Dr. HANS-JÖRG STEINER

Vorstand des Institutes für Aufbereitung und Veredlung

Montanuniversität

A-8700 Leoben (Österreich)

Tel. (03842) 425 55 - 290

Nickel Hochgrössen 83-1

1983-12-12



VALL-Projekt Nr. P-45/1:

Orientierende aufbereitungstechnische Untersuchung der  
Nickelführung von asbesthaltigen Dunitproben vom  
Hochgrössen/Steiermark

## 1.) Aufgabenstellung

Im Zuge der aufbereitungstechnischen Untersuchung von asbesthäftigen Gesteinsproben aus dem Hochgrössen-Massiv (siehe Bericht vom 16.12.1982 über das VALL-Projekt P-45 "Asbest Hochgrössen 82-1") wurden die Gesteinsproben auch auf einen allfälligen Gehalt an Nickel geprüft. Die chemisch-qualitative Prüfung fiel positiv aus, sodaß es angesichts der von montangeologischer Seite für die Probenahme bereits getätigten Aufwendungen sowie aus Gründen der Vollständigkeit angebracht erschien, auch die Art der Nickelführung aus aufbereitungstechnischer Sicht zu untersuchen.

Für diese Untersuchung wurde von der Vereinigung für Angewandte Lagerstättenforschung in Leoben (Vorsitzender: O.Univ.Prof. Dr.phil. F. WEBER) unter der Projekt-Nr. P-45/1 ein Ergänzungsprojekt bewilligt.

## 2.) Zusammenfassung des Untersuchungsergebnisses

In den seinerzeit zur aufbereitungstechnischen Untersuchung der Asbestführung erhaltenen Dunit-Gesteinsproben vom Hochgrössen/Stmk ist ein aufbereitungstechnisch anreicherungsfähiger (= nicht silikatisch gebundener) Nickelgehalt in einer allerdings wirtschaftlich uninteressanten Größenordnung von  $< 0,05$  % ausbringbares Ni vorhanden. Nach einer entgegenkommenderweise von O.Univ.Prof. Dr. E. STUMPFL/Institut für Geowissenschaften der M.U.L. durchgeführten Mikrosondenuntersuchung an Körnerpräparaten aus Flotationsprodukten handelt es sich bei den flotativ ausbringbaren Nickelträgern vorwiegend um Millerit, daneben auch um Pentlandit.

Das vorliegende Untersuchungsergebnis stimmt in bezug auf die Feststellung aufbereitungstechnisch ausbringbarer Nickelgehalte mit früheren Untersuchungen des Institutes für Aufbereitung und Veredlung an Proben aus stärker serpentinierten Zonen des Dunitmassivs von Preg/Steiermark überein. Es sollte zum Anlaß genommen werden, das im Zuge künftiger montangeologischer Untersuchungen von Dunit/Serpentin-Vorkommen anfallende Probenmaterial - insbesondere solches aus stärker serpentinierten Zonen - auch einer aufbereitungstechnischen Untersuchung in bezug auf ausbringbare Nickelgehalte zu unterziehen.

Außerdem erscheint mit diesem Beispiel neuerlich demonstriert, daß sich im Wege einer aufbereitungstechnischen Anreicherung von nur spurenhaltig vorkommenden Gutkomponenten wertvolle Übersichtspräparate für mineralogisch-petrographische Studien gewinnen lassen.

### 3.) Eingangsprobe

Die Eingangsprobe für die Untersuchung der Nickelführung war eine Teilprobe der zusammengefaßten Grobgutanteile  $>6,3$  mm der Backenbrecher-Zerkleinerungsprodukte, die im Rahmen des VALL-Projektes "Asbest Hochgrößen 82-1" angefallen sind (Die ursprünglichen Rohgutproben waren von em.o.Prof. Dr. METZ/Graz unter den Einsenderbezeichnungen PR-H-140 bis PR-H-145 zur Verfügung gestellt worden).

#### 4.) Gang der Untersuchung

##### 4.1. Aufschlußzerkleinerung und Merkmalsklassenfraktionierung

Einige Kilogramm der Rohgutprobe wurden mit der Stabmühle in Kreislaufschaltung mit einer Absiebung bei 3,15 mm und unter Einhaltung einer umlaufenden Last von ca. 200 % auf 100 % < 3,15 mm vorzerkleinert.

Nach Absiebung des bereits vorhandenen Feingutanteils < 100 µm erfolgt die Mahlung der Kornklasse 3150/100 µm auf 100 % < 100 µm in einer Kugelmühle, die im simulierten Kreislauf mit einer Absiebung bei 100 µm arbeitete und auf eine umlaufende Last von ca. 250 % eingestellt wurde. Die Vereinigung des vorabgesiebten Feingutes < 100 µm mit dem Kugelmühlen-Mahlprodukt < 100 µm ergab das (endgültige) Mahlprodukt < 100 µm.

Die Siebanalysen des Stabmühlen-Zerkleinerungsproduktes sowie des Zerkleinerungsproduktes der Kugelmühle < 100 µm sind aus den Zahlentafeln 1 und 2 und der Abb. 1 ersichtlich. Durch Messung des Energieumsatzes der Kugelmühle ergab sich als Kennzahl des Zerkleinerungswiderstandes ein Work-Index nach BOND von  $\geq 11,5$  kWh/t.

Das Mahlprodukt < 100 µm wurde durch Sachsenarbeit in eine Leichtgutfraktion und eine Schwergutfraktion zerlegt. Aus dem Schwergut wurde der vorwiegend aus Magnetit bestehende ferromagnetische Anteil mittels des WILKE-Handmagnetscheiders abgetrennt. Die erhaltenen Trennprodukte wurden bei 71 µm abgesiebt. Die Massenbilanz der oben beschriebenen Fraktionierung ist aus Zahlentafel 3 ersichtlich.

Eine vergleichende (halbquantitative) Nickelbestimmung in den Produkten der Dichtesortierung und Schwachfeldmagnetscheidung wurde

wie folgt durchgeführt: Säurelaugung mit HCl in der Siedehitze unter Zugabe von HNO<sub>3</sub> zur Oxydation des zweiwertigen Eisens, Fällung des Eisens und Bildung des löslichen Nickel-Amminkomplexes mittels NH<sub>4</sub>OH, Filtration und Einengen des Filtrats der Eisenfällung, anschließend Fällung des Nickels als Dimethylglyoxim-Komplex.

Aufgrund der Niederschlagsmengen ergaben sich folgende Gehaltsschätzungen: Sachsenleichtgut  $\leq 0,35$  % Ni, magnetischer Anteil des Sachsenschwergutes  $\leq 0,2$  % Ni, unmagnetischer Anteil des Sachsenschwergutes  $\leq 1$  % Ni. Aufgrund dieses Befundes und unter Berücksichtigung der Massenbilanz der Fraktionierung kann geschlossen werden, daß zwar die Hauptmenge des Nickels - wie zu erwarten war - in silikatischer Bindung vorliegt, ein gewisser Teil des Nickel-Inhaltes jedoch in nichtsilikatischer Bindung vorliegt und somit grundsätzlich einer Anreicherung mittels physikalischer Verfahren zugänglich wäre. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß sich der Nickel nicht im Magnetprodukt, sondern im Rückstand der Schwachfeldmagnetscheidung anreicherte.

Zur näheren Identifizierung der nichtsilikatischen Nickelträger wurde nun die Kornklasse 100/71  $\mu\text{m}$  des Rückstandes der Schwachfeldmagnetscheidung des Sachsenschwergutes einer Suszeptibilitätsfraktionierung mit dem Frantz-Scheider unterzogen. Die Massenbilanz dieser Fraktionierung ist in Zahlentafel 4 erfaßt. Eine halbquantitative Prüfung auf Nickel nach der oben beschriebenen Vorgangsweise ergab, daß die Magnetprodukte bis zu einer Erregerstromstärke von 1,0 A zwar einen ziemlich einheitlichen Nickelgehalt aufwiesen, bei den Fraktionen 1,0/1,4 A und  $>1,4$  A jedoch eine deutlich höhere Nickelanreicherung gegeben war.

Zur weiteren Eingrenzung des nichtsilikatischen Nickelträgers wurden die FRANTZ-Scheiderfraktionen 1,0/1,4 A und  $>1,4$  A in Dijod-

methan bei einer Trenndichte von  $3,31 \text{ g/cm}^3$  abgeschwommen. Von den nickelreicheren Schwergutfraktionen wurden Körnereinbettungen in Kunstharz bzw. Körneranschliffe angefertigt.

## 4.2. Flotationsversuche

### 4.2.1. Mahlung auf Flotationsfeinheit

Zur Durchführung von Flotationsversuchen mit dem Ziel einer Nickelanreicherung wurde eine Teilprobe des Aufgabegutes mit der Stabmühle unter Zwischenabsiebung auf  $<160 \mu\text{m}$  gemahlen.

### 4.2.2. Flotationsversuch Nr. 1

Die Rougherflotation (Vorflotation) wurde in 3 Stufen geteilt. In der Rougherstufe Nr. 1 wurde mit Amylxyanthat (101 g/t), in der Rougherstufe Nr. 2 mit Kupfersulfat (152 g/t) und Amylxyanthat (169 g/t), in der Rougherstufe Nr. 3 mit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (917 g/t) und Amylxyanthat (84 g/t) konditioniert.

Flotiert wurde mit dem DENVER-Laborapparat. Die angefallenen 3 Schaumprodukte der Rougherstufe wurde getrennt unter den jeweils gleichen Milieubedingungen wie in der Vorflotation je 1 x nachgereinigt.

Aus den Schaumprodukten der Cleaner-Stufen wurden mittels Sachsenarbeit Schwergutprodukte abgetrennt, die anschließend in Bromoform ( $\gamma = 2,86 \text{ g/cm}^3$ ) und Dijodmethan ( $\gamma = 3,31 \text{ g/cm}^3$ ) abgeschwommen wurden. Aus den Schwergutanteilen  $\gamma > 3,31 \text{ g/cm}^3$  wurde der ferromagnetische Anteil mittels des WILKE-Taschenmagnetscheiders abgetrennt.

Die Produkte dieser Schwachfeldmagnetscheidung wurden entsprechend ihrer magnetischen Eigenschaften zu einem "Magnetprodukt" bzw. "Magnetrückstand" vereinigt. Von den beiden letztgenannten Produkten wurden Körneranschliffe angefertigt:

Präparat Nr. 636-4: Magnetprodukt

Präparat Nr. 636-5: Magnetrückstand

Die Massenbilanz des Flotationsversuches und der anschließenden Fraktionierungen ist aus Zahlentafel 5 ersichtlich.

#### 4.2.3. Flotationsversuch Nr. 2

Die Flotationsbedingungen entsprachen weitgehend denen des Flotationsversuches Nr. 1. Es wurde lediglich mit einem höheren Sammlerzusatz gearbeitet und die Nachreinigung an dem vereinigten Schaumprodukt durchgeführt. Die Siebanalyse des Rückstandes der Rougherflotation wird von Zahlentafel 8 und Abb. 2 wiedergegeben. Die Massenbilanz des Flotationsversuches und der anschließenden Fraktionierungen ist in Zahlentafel 6 erfaßt (Flotation - Sachsenarbeit mit dem Schaumprodukt - Absiebung - Schwimm/Sink-Analyse).

Das Fraktionierungsprodukt  $3,31 \text{ g/cm}^3$  der Kornklasse 160/40 um aus dem Schaumprodukt der Flotation wurde zuerst mit dem WILKE-Handmagnet und anschließend mit dem FRANTZ-Scheider in 6 Suszeptibilitätsklassen zerlegt (Zahlentafel 7). Von den Produkten der magnetischen Fraktionierungen wurden Körneranschliffe angefertigt (Präparate Nr. 638-1 bis 638-5).

#### 4.3. Mikroskopische Untersuchungen

Die aus dem Flotationsversuch Nr. 2 stammenden Präparate Nr. 638-1 bis 638-5 wurden entgegenkommenderweise von O.Univ.Prof. Dr. E. STUMPFL/M.U.L. lichtmikroskopisch und ergänzend dazu mit der Mikrosonde untersucht. Der Untersuchungsbefund besagt, daß unter den Sulfiden Millerit (NiS) überwiegt und Pentlandit (Ni, Fe) S einen weiteren Hauptbestandteil darstellt. Nachgewiesen wurden auch Zinkblende, Arsenkies und (refraktärer, d.h. Al- und Mg-haltiger) Chromit.

Die Abb. 4 - 7 zeigen Ausdrücke von energiedispersiven Punktanalysen aus den Präparaten 636-1 und 636-2.

Die am Institut für Aufbereitung und Veredlung mit dem Auflichtmikroskop Reichert-ZETOPAN hergestellte Mikroaufnahme gemäß Abb. 8 zeigt einen auch mit der Mikrosonde untersuchten Ausschnitt aus dem sulfidreichen Präparat Nr. 636-5. Dieses Präparat stammt aus dem Schaumprodukt des Flotationsversuches Nr. 1 und hat folgende Merkmalseingrenzung:  $160/40 \mu\text{m}$ ,  $\gamma > 3,31 \text{ g/cm}^3$ , Rückstand einer Schwachfeldmagnetscheidung.

Siebgröße [μ]	Masse [g]	Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
3150		0,00	0,00	100,00
2500		15,70	15,70	84,30
2000		13,40	29,10	70,90
1600		9,54	38,64	61,36
1000		16,47	55,11	44,89
500		15,88	70,99	29,01
315		6,40	77,39	22,61
200		4,31	81,70	18,30
125		2,70	84,40	15,60
71		3,13	87,53	12,47
0		12,47	100,00	0,00

Siebanalyse des Stabmühlen-Mahlproduktes < 3,15 mm	Nickel Hochgrößen 83-1 Zahlentafel 11
---	--

Siebgröße [ $\mu$ ]	Masse [g]	Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
100		0,00	0,00	100,00
90		5,59	5,59	94,41
71		14,95	20,54	79,46
63		4,09	24,63	75,37
50		9,90	34,53	65,47
40		6,12	40,65	59,35
32		5,82	46,67	53,53
0		53,53	100,00	0,00

Siebanalyse des Kugelmühlen-Mahlproduktes $< 100 \mu\text{m}$	Nickel Hochgrößen 83-1 Zahlentafel 2
--	---

Sachsenarbeit		Schwachfeld-Magnetscheidung		S i e b u n g		
Produkt	Masse %	Produkt	Masse %	Kornklasse $\mu\text{m}$	Masse %	
Schwergut	2,30	Magnetprodukt	1,56	100/71	25,3	100,00
				71/0	74,7	
		Magnet-Rückstand	0,74	100/71	16,7	100,00
				71/0	83,3	
Leichtgut	97,70	Leichtgut (keine Magnetscheidung)	97,70	100/71	11,2	100,00
				71/0	88,8	
Aufgabe	100,00	Aufgabe	100,00	-	-	-

Fraktionierung des Mahlproduktes $\leq 100 \mu\text{m}$	Nickel Hochgrößen 82-1  Zahlentafel 3
---	--

Erregerstrom- stärke A	M a s s e %	
	Fraktion	Teilsomme
0	1,60	1,60
0,2	18,62	20,22
0,4	14,36	34,58
0,6	4,79	39,37
1,0	23,40	62,77
1,4	28,72	91,49
$\infty / \infty$	8,51	100,00
	100,00	

Massenbilanz der Suszeptibilitäts- fraktionierung der Kornklasse 100/71 $\mu\text{m}$ aus dem Rückstand der Schwachfeldmagnetscheidung des Sachschwergutes (siehe Zahlen- tafel Nr.3)	Nickel Hochgrößen 82-1
Gerät: FRANTZ-Scheider	Zahlentafel 4

Stufe	Flotat.- Produkt	Masse %	Sachsen- arbeit		SS- analyse		Schwachfeld- Magn.schdg.			
			Pro- dukt	Masse %	Frak- tion	Masse %	Pro- dukt	Masse %		
Cleaner nach Rougher 1	Schaum- Produkt	1,48	Leichtg.	96,76						
			Schwer- gut	3,24			<2,86	44,2		
							2,86/3,31	38,0		
							>3,31	17,8	M	47,1
									R	52,9
					Σ	100,0				
Rückst.	1502									
Cleaner nach Rougher 2	Schaum- Produkt	0,55	Leichtg.	96,04						
			Schwer- gut	3,96			<2,86	59,8		
							2,86/3,31	27,3		
							>3,31	12,9	M	50,0
									R	50,0
					Σ	100,0				
Rückst.	308									
Cleaner nach Rougher 3	Schaum- Produkt	1,85	Leichtg.	96,30						
			Schwer- gut	3,70			<2,86	54,5		
							2,86/3,31	31,1		
							>3,31	14,4	M	60,4
									R	39,6
					Σ	100,0				
Rückst.	8,76									
Ro. 3	Rückst.	69,26								
Σ		10000	Σ	-	Σ	-	Σ	-		

Bilanz des Flotationsversuches Nr.1	Nickel Hochgrößen 83-1
	Zahlentafel 5

Flotation		Sachsenarbeit		Absiebung		SS-Analyse	
Produkt	Masse %	Produkt	Masse %	Prod.	Masse%	Prod.	Masse%
Schaumprodukt Cleaner	12,00	Leichtgut	96,53				
		Schwergut	3,47	> 40 $\mu\text{m}$	42,40	< 2,86	80,54
						> 3,31	12,11
				< 40 $\mu\text{m}$	57,60		7,35
Rückstand Cleaner	17,20						
Rückstand Rougher	70,80						
Aufgabe	100,00		100,00		100,00		100,00

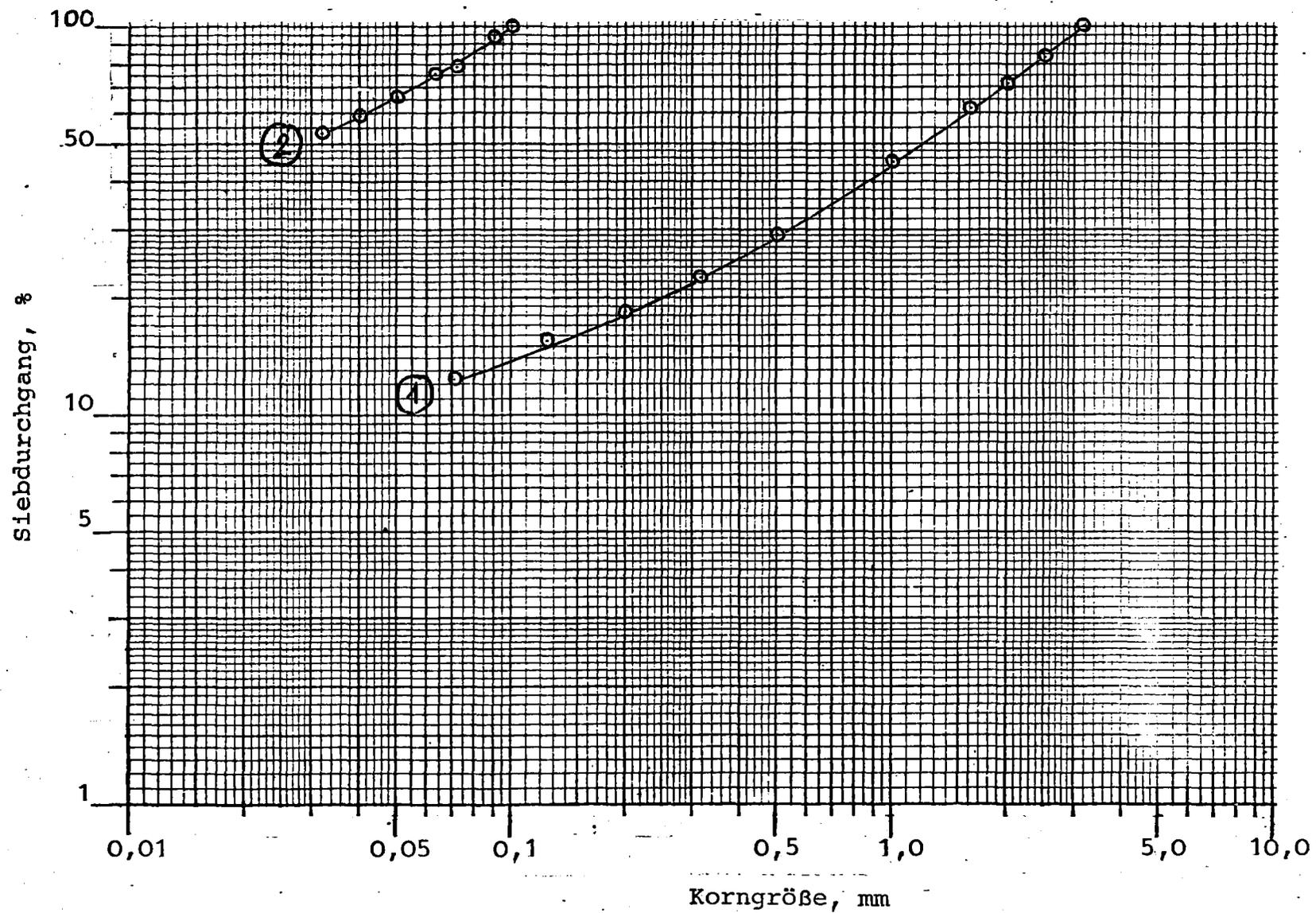
Ergebnisse des Flotationsversuches Nr. 2 und der anschließenden Fraktionierungen	Nickel Hochgrößen 83-1  Zahlentafel 6
--	--

Erregerstromstärke A	Masse %	addierte Masse %
0	57,78	57,78
0,2	3,98	61,76
1,0	13,52	75,28
1,2	7,21	82,49
1,4	4,74	87,23
$\infty / \infty$	12,77	100,00

<p>Massenbilanz der Suszeptibilitäts- fraktionierung des Schwergutes <math>\eta</math> &gt;3,31 (&gt;40 <math>\mu\text{m}</math>) aus dem Schaumprodukt von Flotationsversuch Nr. 2</p>	<p>Nickel Hochgrößen 83-1</p> <p>Zahlentafel 7</p>
---	--

Siebgröße [μ]	Masse [g]	Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
160	0,00	0,00	0,00	100,00
125	12,91	9,03	9,03	90,97
100	10,22	7,15	16,18	83,82
71	23,94	16,74	32,92	64,08
0	95,94	64,08	100,00	0,00
Σ	143,01	100,00		

Flotationsversuch Nr. 2 Siebanalyse des Rückstandes der Rougherflotation	Nickel Hochgrößen 83-1  Zahlentafel 8
---	---

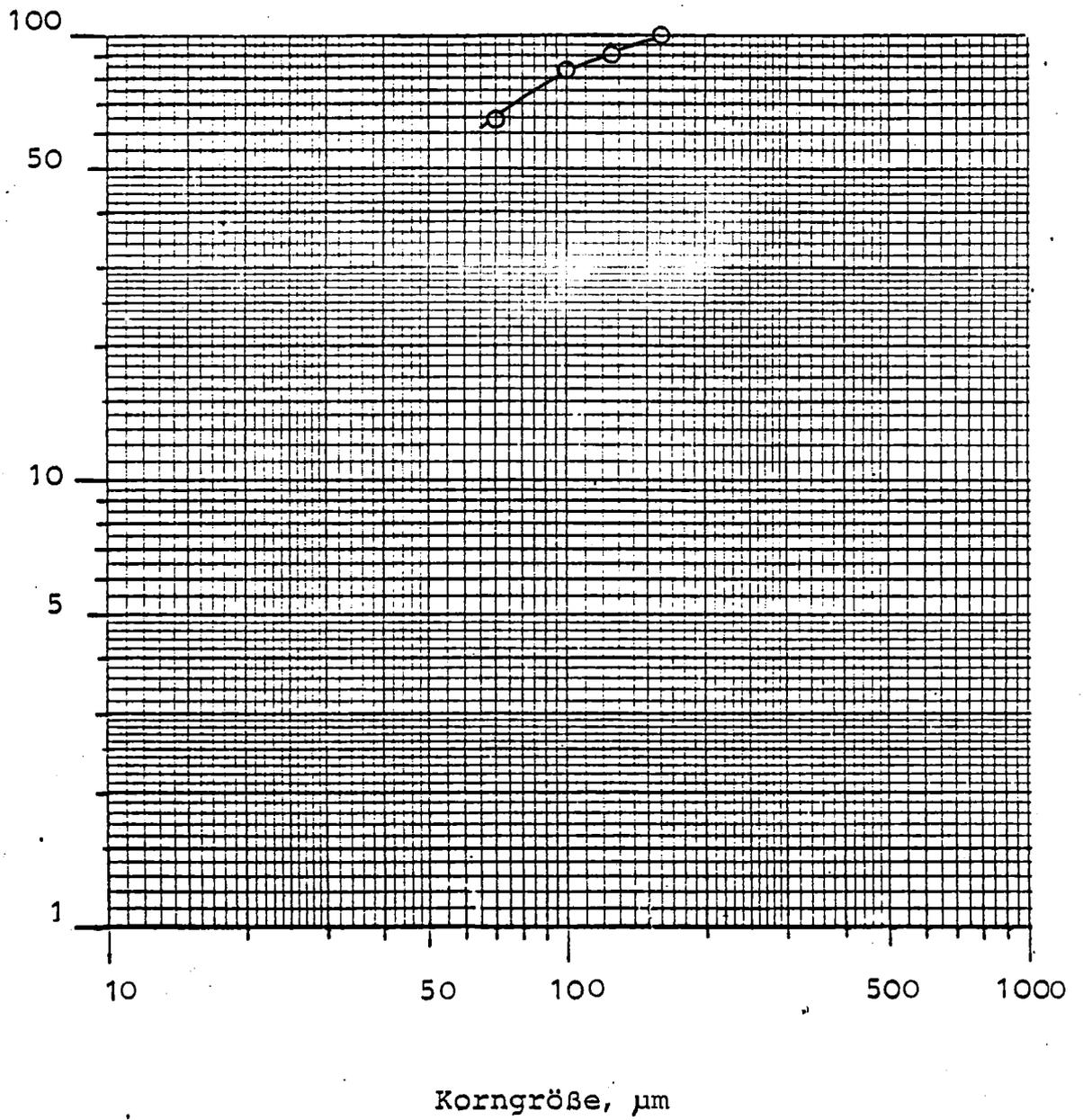


Siebanalyse des Stabmühlen-Mahlproduktes (1) und des Kugelmühlen-Mahlproduktes (2)

Nickel Hochgrößen  
83-1

Abb. 1

Siebdurchgang %

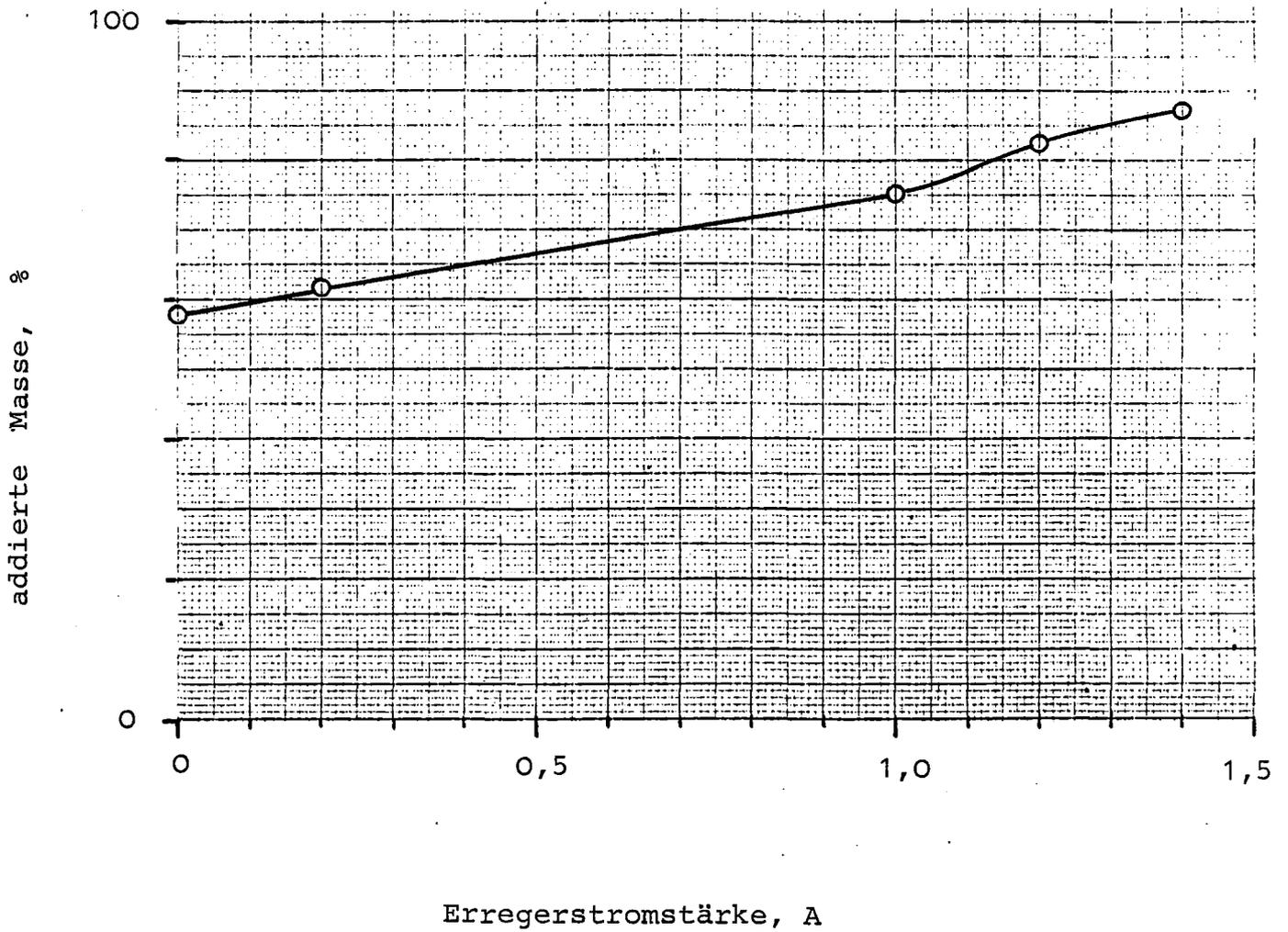


Flotationsversuch Nr. 2 :

Siebanalyse des Rückstandes der Rougherflotation

Nickel  
Hochgrößen  
83-1

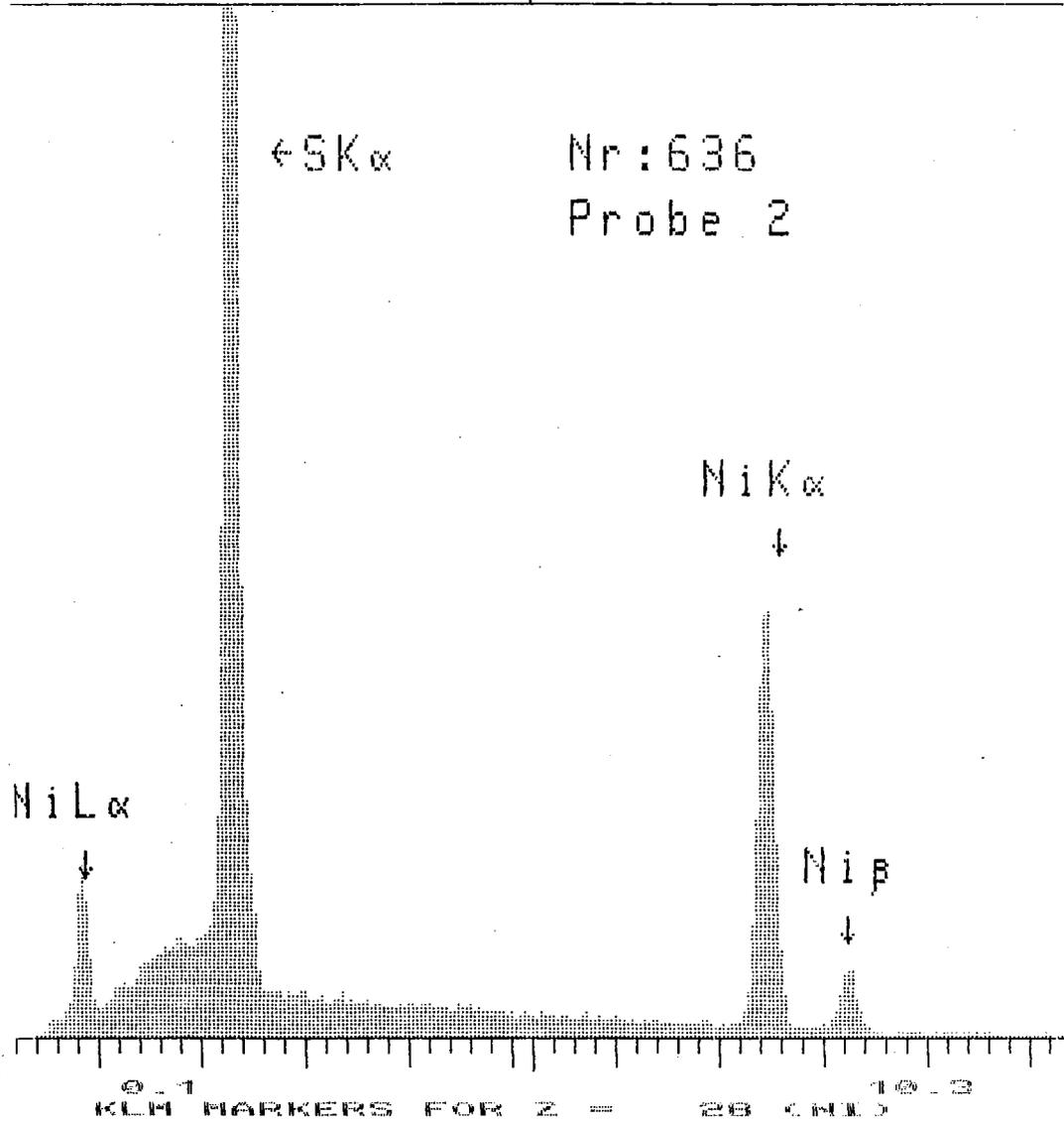
Abb. 2



Suszeptibilitätsfraktionierung des Schwergutes  $\rho > 3,31 \text{ g/cm}^3$  ( $> 40 \mu\text{m}$ ) aus dem Schaumprodukt von Flotationsversuch Nr.2. Darstellung als Masse-Summenverteilung der FRANTZ-Scheider-Produkte

Nickel Hochgrößen 83-1

Abb. 3



<p><u>Mikrosondenuntersuchung:</u> Energiedispersive Punktanalyse aus Präparat-Nr. 636-2</p> <p>Ergebnis: Millerit (NiS)</p> <p><u>Analystenstelle:</u> Institut für Geowissenschaften der M.U.L./O.Prof.Dr.E.STUMPFL</p>	<p>Nickel Hochgrößen 83-1</p> <p>Abb. 4</p>
---	---

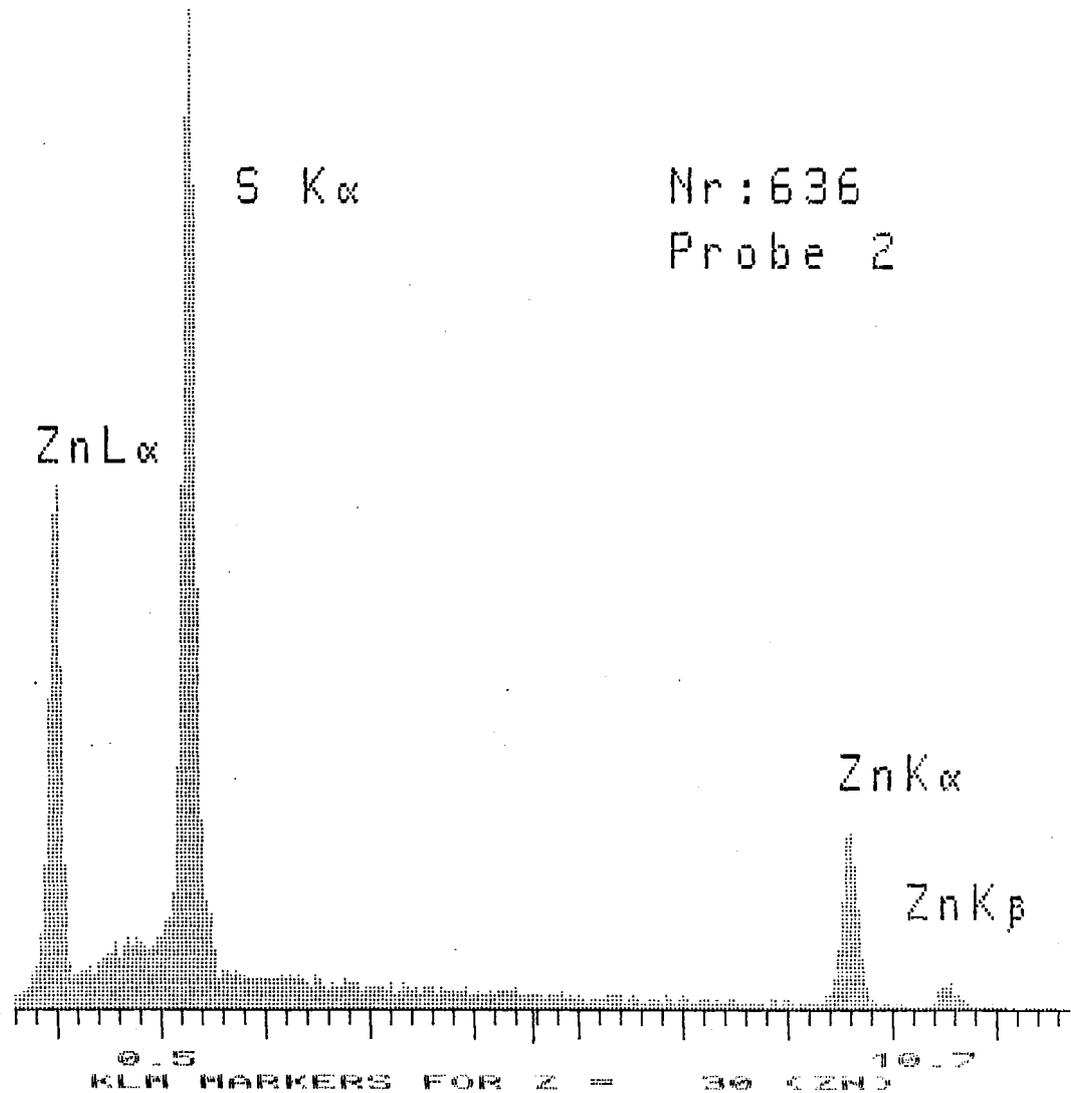


33 CNT

5580 EU 20 EU/CHAN  
Link Systems 860 Analyser

2K IFS: A

10 May 83



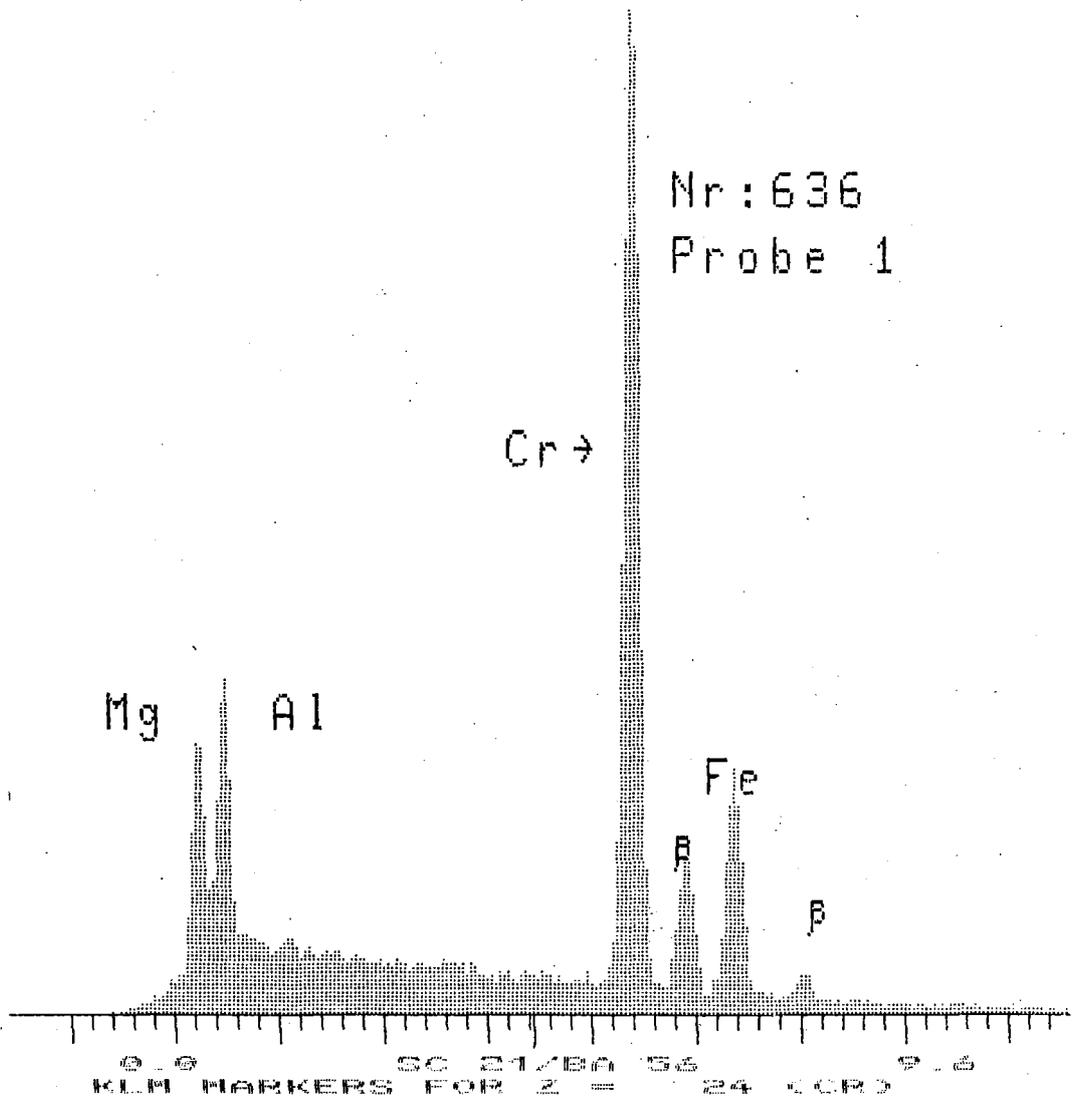
Mikrosondenuntersuchung: Energiedispersive  
Punktanalyse aus Präparat-Nr. 636-2

Ergebnis: Zinkblende (ZnS)

Analysenstelle: Institut für Geowissenschaften  
der M.U.L./O.Prof.Dr.E.STUMPFL

Nickel  
Hochgrößen  
83-1

Abb.6



Mikrosondenuntersuchung: Energiedispersive  
Punktanalyse aus Präparat-Nr. 636-1

Ergebnis: (Refraktärer) Chromit

Analystenstelle: Institut für Geowissenschaften  
der M.U.L./O.Prof.Dr.E.STUMPFL

Nickel  
Hochgrößen  
83-1

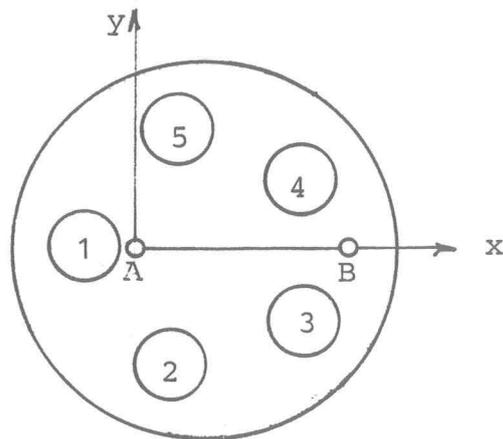
Abb. 7



Koordinaten des Bildmittelpunktes:

$x = 2,18 \text{ mm}, \quad y = 8,41 \text{ mm}$

Vergrößerung: 200



Sammelpräparat Nr. 636-1  
bis 636-5 mit Koordinaten-  
system-Markierungspunkten

(A) und (B)

Auflichtmikroskopisches Bild eines  
Ausschnittes aus dem Präparat Nr. 636-5  
(Herkunftbeschreibung siehe Textteil  
Seite 7 )

Nickel  
Hochgrößen  
83-1

Abb. 8