



Prof. Dr. Hans-Jörg STEINER

Vorstand des Institutes für Aufbereitung und Veredlung
MONTANUNIVERSITÄT LEOBEN
A-8700 Leoben (Österreich)

Tel.: (03842) 402-291

Fax: (03842) 402-295

e-mail: aufbertg@unileoben.ac.at

privat: Parkstraße 29, A-8700 Leoben

Kupfererz RADMER 02-1

Datum: 2002-02-25

VALL-Projekt Nr. P112/99:

Aufbereitungstechnische Charakterisierung des Kupfererzvorkommens RADMER

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 AUFGABENSTELLUNG	3
2 ZUSAMMENFASSUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE.....	3
2.1 Aussagekraft der Eingangsprobe	3
2.2 Mineralbestand.....	4
2.3 Verwachsungsverhältnisse	4
2.4 Einschätzung der Aufbereitbarkeit nach dem gegenwärtigen Stand der Technik.....	6
2.5 Einschätzung der Aufbereitbarkeit zur Zeit der einstigen Bergbautätigkeit.....	6
3 EINGANGSPROBE.....	6
4 UNTERSUCHUNGSGANG	7
4.1 Vorzerkleinerung	7
4.2 Stabmühlenmahlung des Korngrößenanteils >0,25 mm aus dem Backenbrecher-Zerkleinerungsprodukt.....	8
4.3 Dichteanalyse von Korngrößenklassen aus der Eingangsprobe nach der Backenbrecher-Zerkleinerung.....	9
4.4 Suszeptibilitätsfraktionierung der Korngrößenklasse 250/200 µm aus dem Backenbrecher-Zerkleinerungsprodukt	10
4.5 Flotationsversuch mit dem Mahlprodukt der Stabmühlenmahlung <250 µm.....	10
4.6 Untersuchung der Verwachsungsverhältnisse durch selektive Säurelaugung, Rückstandssiebung und mikroskopische Rückstandsanalyse	12
4.7 Chemische Analysen	12
4.8 Mikroskopische Untersuchungen	13

1 Aufgabenstellung

Im Rahmen der Forschungstätigkeit des Vereins für Angewandte Lagerstättenforschung in Leoben wurde das Kupfererzvorkommen in der Radmer bei Hieflau/Steiermark – seinerzeit auch Gegenstand bergbaulicher Tätigkeit und einer bedeutenden Kupfergewinnung – geowissenschaftlich bearbeitet (Projekt Nr. 108/98).

Ergänzend dazu wurde vom Institut für Aufbereitung und Veredlung als VALL-Projekt Nr. P112/99 eine vom Institut für Geowissenschaften zur Verfügung gestellte Erzprobe hinsichtlich ihrer aufbereitungstechnischen Merkmale untersucht.

2 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

2.1 Aussagekraft der Eingangsprobe

Aufgrund der nicht vorhandenen Voraussetzungen für eine umfangreiche Beprobung des noch anstehenden Mineralisationsbereiches handelt es sich bei der Eingangsprobe um eine Abschlagprobe mit Zufallscharakter. Die Eingangsprobe kann daher in bezug auf die quantitative Zusammensetzung keinen Anspruch auf Durchschnittscharakter erheben. Unter Berücksichtigung der allgemeinen Kenntnisse über das geologisch/lagerstättenkundliche Umfeld kann man jedoch davon ausgehen, dass die Eingangsprobe hinreichende Auskünfte über den qualitativen Mineralbestand des Vorkommens (d.h. die Art der auftretenden Minerale) geben kann. Darüber hinaus ist auch die Annahme zulässig, dass die Verwachsungsverhältnisse innerhalb von genetisch korrelierten Mineralgruppen vorkommenstypische Merkmale aufweisen, die sich möglicherweise auf den gesamten Mineralisationsbereich übertragen lassen.

2.2 Mineralbestand

Der Mineralbestand wurde durch lichtmikroskopische Untersuchungen (Auflichtmikroskopie polierter Körneranschliffe und Durchlichtmikroskopie von Streupräparaten der Fraktionierungsprodukte) sowie mineralselektive Säurelaugung und schließlich quantitative chemische Analysen auf Cu, Fe, Ca und Mg ermittelt.

Aufbereitungsrelevant ist zunächst die Mineralgruppengliederung in einen sulfidischen und einen nichtsulfidischen Anteil. Der sulfidische Anteil von 25 Masse-% besteht lediglich auf Kupferkies und Pyrit im Masseverhältnis 2,2 : 1 (siehe Abschnitt 4.7). Der nichtsulfidische Anteil von ca. 75 Masse-% gliedert sich in einen Karbonatanteil von ca. Masse-50 % und ca. 25 Masse-% Kieselsäureträger („Quarz und Blattsilikate“), wobei der Anteil an Blattsilikaten als mengenmäßig unbedeutend einzustufen ist. Das Masseverhältnis Sulfide/Quarz beträgt demnach ca. 1 : 1.

Der Karbonatanteil hat eine mittlere Dichte von $\rho = 2,97 \text{ g/cm}^3$ und ist bei Umgebungstemperatur in einem Gemisch von 1 T HCl konz. und 2 T H₂O zur Gänze löslich. Die chemische Analyse ergab folgende Gehalte: 10,5 % Fe, 20,8 % Ca und 7,51 % Mg, gleichbedeutend mit 21,8 % FeCO₃, 51,9 % CaCO₃ und 26,1 % MgCO₃, bzw. 18,5 mol% FeCO₃, 51,0 mol% CaCO₃ und 30,5 mol% MgCO₃. Es handelt sich somit um Mischkristalle aus der Ankeritreihe mit einem Umwandlungsgrad von ca. 38 %, d.h. bei der gedachten Bildung aus Magnesiumdolomit wurden ca. 38 % der ursprünglichen Mg²⁺-Gitterplätze durch Fe²⁺ besetzt. Die Bestimmung als Ankerit wird auch durch die Suszeptibilitätsanalyse (siehe Abschnitt 4.4) bestätigt.

2.3 Verwachsungsverhältnisse

Aufbereitungsrelevante Aussagen über die Verwachsungsverhältnisse ergaben sich aus Schwimm/Sink-Analysen (Abschnitt 4.3), Suszeptibilitätsfraktionierungen (Abschnitt 4.4), selektive Laugungsversuche mit nachfolgender Absiebung (siehe Abschnitt 4.6) und schließlich aus den mikroskopischen Untersuchungen im Durchlicht und im Auflicht an den im Zuge der Bearbeitung angefallenen Fraktionierungsprodukten (siehe Abschnitt 4.8).

Die quantitativ am besten verwertbaren Aussagen ergaben sich aus der zur selektiven Karbonatauflösung führenden Säurelaugung von drei engen Korngrößenklassen im Bereich 250/100 µm mit anschließender mikroskopischer Verwachsungsanalyse von abgestuften Korngrößenklassen der Laugungsrückstände (siehe Abschnitt 4.6). Die Auswertungsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen: Bei der Bezugskorngröße $k = 100 \mu\text{m}$ von Zerkleinerungsprodukten aus Kreislaufschaltungen liegen 99,2% des Karbonatanteils, 66,7% des Quarzanteils und 73,7% des Sulfidanteils in Form aufgeschlossener Körner vor. Aus diesen Zahlenwerten lässt sich schließen, dass die Bildung freier Karbonatkörner bereits bei ca. 13 mm einsetzt, aufgeschlossene Quarzkörner und aufgeschlossene Sulfidkörner aber erst unterhalb ca. 0,35 mm in größerem Umfang gebildet werden. Der Karbonatanteil liegt somit in grober und – aus der Sicht des Flotationsverfahrens – leicht aufschließbarer Verwachsung vor.

Im Vergleich zum Karbonatanteil sind der Quarzanteil und der Sulfidanteil wesentlich enger verwachsen bzw. schwer aufschließbar. Ihre 50 %-Aufschlussgrade liegen im Korngrößenbereich 150 bis 180 µm. Wie die Detailuntersuchungen zeigten, sind die verwachsenen Körner im 100 µm-Bereich überwiegend Sulfid/Quarz-Aggregate. Der Anteil an Karbonat/Quarz- und Karbonat/Sulfid-Verwachsungen ist demgegenüber sehr gering. Gefügemäßig bilden somit der Quarz und der Sulfidanteil eine gegenüber dem Karbonatanteil deutlich abgegrenzte Einheit. Dieser zunächst nur trenntechnisch relevante Befund ließe sich vererzungsgenetisch dahingehend interpretieren, dass die Sulfid/Quarz-Mineralisierung an Wegsamkeiten eines bereits bestehenden Karbonatkörpers erfolgte, also jüngeren Datums als die Ankeritbildung ist. In dieses Bild passt auch der Umstand, dass die Kupferkies/Pyrit-Verwachsung innerhalb des Sulfidanteils äußerst feindispers ist und verzahnte bis wolkenartige Verwachsungsstrukturen aufweist, die zu einem erheblichen Anteil als technisch unaufschließbar zu bezeichnen sind (siehe z.B. Seite 6, 7 und 11 der Mikrobilder im Anhang).

2.4 Einschätzung der Aufbereitbarkeit nach dem gegenwärtigen Stand der Technik

Für Kupfererze mit Kupferkies als Wertmineral und Pyrit sowie Quarz und Karbonaten als Begleitmineralen ist die Flotation das gegebene Aufbereitungsverfahren. Bei einem Mineralbestand der genannten Art wären im allgemeinen hochselektive Trennergebnisse zu erwarten. Im vorliegenden Fall würde allerdings die feindisperse Verwachsung zwischen Kupferkies und Pyrit ein Erreichen von Kupferkieskonzentraten in Standardqualität wie z.B. 27 % Kupfer sehr erschweren.

2.5 Einschätzung der Aufbereitbarkeit zur Zeit der einstigen Bergbautätigkeit

Als Aufbereitungsverfahren standen seinerzeit nur die Handklaubung und einfache Verfahren der Dichtesortierung zur Verfügung. Legt man der Beurteilung die an der Eingangsprobe festgestellten Verwachsungsverhältnisse zu Grunde, dann war seinerzeit nur die Möglichkeit einer Karbonatabscheidung und – in sehr begrenztem Umfang – einer Quarzabtrennung gegeben. Der Kupferkies konnte jedenfalls nur zusammen mit dem Pyrit in einem Sulfidkonzentrat angereichert werden, das sicherlich noch einen Gangartanteil von ca. 25 % hatte. Bei einem Kupferkies/Pyrit-Verhältnis von 2 : 1 – wie in der Eingangsprobe festgestellt – ergibt sich damit ein Produkt mit 50 % Kupferkies, 25 % Pyrit und 25 % Gangart, gleichbedeutend mit einem Kupfergehalt von ≤ 17 % Cu. Die Verhüttung musste daher auf die Verarbeitung eines verhältnismäßig Cu-armen Einsatzgutes ausgerichtet gewesen sein.

3 Eingangsprobe

Überbringer: Dipl.-Ing. Dr. H. MALI / Institut für Geowissenschaften

Probencharakteristik: Handstücke, herausgeschlagen aus dem Ulm des Paradeisstollens.

Gesamtmasse: 0,96 kg

Bearbeitung begonnen im August 1999

4 Untersuchungsgang

Anmerkung: Versuchsprotokoll im Laborheft LH 99-07-23 / Seite 5 – 8 und Seite 50 – 83.

4.1 Vorzerkleinerung

Absiebung der Eingangspröbe bei 6,3 mm und stufenweise Zerkleinerung des Grobgrutanteils >6,3 mm im Backenbrecher mit Zwischenabsiebungen bei 6,3 mm. Ergebnis: Backenbrecher-Zerkleinerungsprodukt 100 % <6,3 mm.

Korngrößen- klasse mm	Schüttdichte, kg/l		Stoffdichte kg/l	Feststoffvolumenanteil, %	
	lose	gerüttelt		lose	gerüttelt
6,3/0	1,79	1,95	3,16	56,6	61,7
6,3/0,25	1,76	1,94	3,17	55,5	61,2

Zahlentafel 1: Schüttdichte und Stoffdichte des Backenbrecher-Zerkleinerungsproduktes 100 % <6,3 mm und des Grobkornanteils 6,3/0,25 mm

Siebanalyse des Backenbrecher-Zerkleinerungsproduktes 100 % <6,3 mm siehe Abb. 1

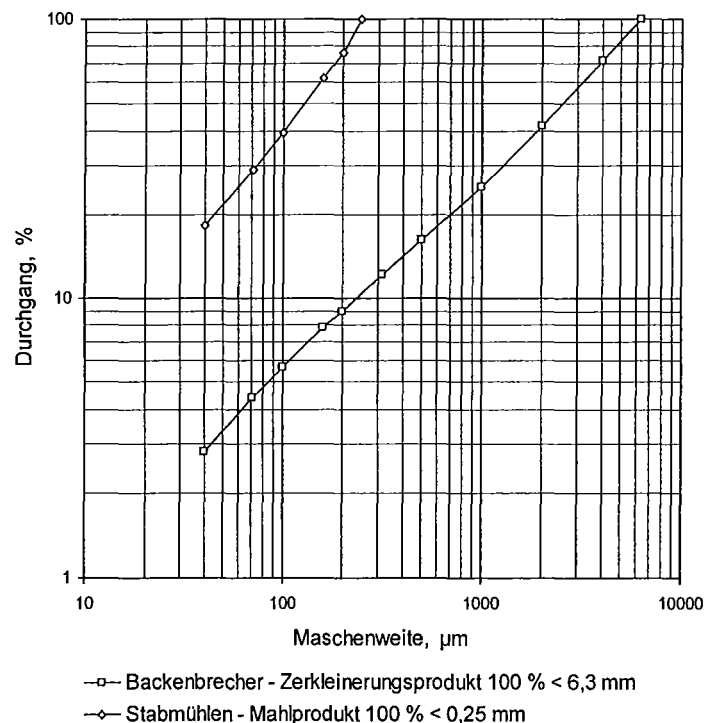


Abb. 1: Siebanalyse des Backenbrecher-Zerkleinerungsproduktes 100% <6,3 mm und des Stabmühlenmahlproduktes 100% <250 µm.

Korngrößenkennwerte des Backenbrecher-Zerkleinerungsproduktes:

$k_{80} = 4,6$ mm, $k_{50} = 2,6$ mm

4.2 Stabmühlenmahlung des Korngrößenanteils $>0,25$ mm aus dem Backenbrecher-Zerkleinerungsprodukt

Stufenweise Mahlung. Abschnitte Nr. 1 – 3 als Zyklusmahlung mit einer Mahlgutcharge von ca. 0,6 kg. Abschnitte Nr. 4 – 11 als Chargenmahlung mit analysenscharfer Zwischenabsiebung. Prüfsiebgröße $k_P = 250 \mu\text{m}$. Die vereinigten Feingutanteile $<250 \mu\text{m}$ stellen das Stabmühlen-Mahlprodukt 100 % $<250 \mu\text{m}$ dar.

Mahlbedingungen:

Mahlraumdurchmesser $D = 0,154$ m

Mahlkörpermasse $M = 8,0$ kg

Bruchteil der kritischen Drehzahl: $N/N_c = 0,73$

Mahlergebnis:

Feingutbezogene Anzahl der Umdrehungen (Mittelwert) $U/F = 1,38 \text{ g}^{-1} \cong 1380/\text{kg}$

Kenngroße $D \times M \times U/F = 1700$ m

Mit dem Erfahrungswert $C_P \triangleq 1,1$ der Leistungskennzahl CP ergibt sich der spezifische Energieaufwand ΔE_f für die Feingut-Neubildung $<250 \mu\text{m}$ zu $\Delta E_f = 18350 \text{ J/kg} \triangleq 5,10 \text{ kWh/t}$.

Der in die Stabmühlenmahlung eingesetzte Korngrößenanteil $>250 \mu\text{m}$ des Backenbrecherproduktes lag bei $R(250 \mu\text{m}) = 89 \%$. Der spezifische Energieaufwand der Zerkleinerung von 100 % $<6,3$ mm auf 100 % $<250 \mu\text{m}$ betrug somit $\Delta E = 0,89 \times 18,3 = 16,3 \text{ J/g} \triangleq 4,53 \text{ kWh/t}$.

Siebanalyse des Stabmühlen-Mahlproduktes $<250 \mu\text{m}$ siehe Abb. 1. Korngrößenkennwert $k_{80} = 215 \mu\text{m}$.

Die energieoptimierte Zerkleinerung von 100 % $<6,3$ mm bzw. 80 % $<4,6$ mm auf 100 % $<250 \mu\text{m}$ bzw. 80 % $<215 \mu\text{m}$ erfordert einen spezifischen Nettoenergieaufwand von 4,53 kWh/t. Aus den obigen Zahlenwerten ergibt sich ein BOND-Nettoworkindex von $WI(100 \mu\text{m}) = 8,35 \text{ kWh/t}$. Stoffdichte des Stabmühlen-Mahlproduktes $<250 \mu\text{m}$, bestimmt mit dem Helium-Gaspyknometer: $\rho_s = 3,17 \text{ g/cm}^3$.

4.3 Dichteanalyse von Korngrößenklassen aus der Eingangsprobe nach der Backenbrecher-Zerkleinerung

Schwimm/Sink-Analysen der Korngrößenklassen 4/2 mm, 500/315 μm und 200/160 μm in Bromoform, Tetrabromethan und Dijodmethan. Bestimmung der mittleren Dichte der Dichteklassen mit dem Helium-Pyknometer.

Obere Grenzdichte g/cm ³	4/2 mm		500/315 μm		200/160 μm	
	Masse %	ρ [g/cm ³]	Masse %	ρ [g/cm ³]	Masse %	ρ [g/cm ³]
2,86	7,6	2,77	14,9		17,8	2,74
2,95	13,6	2,92	10,3		10,3	2,91
3,30	46,1	3,05	49,4		48,3	3,02
∞/∞	32,7	3,62	25,4		23,6	4,07
Σ	100,0	3,17	100,0		100,0	3,14

Zahlentafel 2: Ergebnisse der Schwimm/Sink-Analysen an Korngrößenklassen aus dem Backenbrecher-Zerkleinerungsprodukt

Merkmale		Mineralgehalte			
Dichte		Masse %	Karbonat	Quarz	Sulfide
Bereich	Mittlere Dichte				
<2,86	2,74	17,8	9,3	86,9	3,8
2,86/2,95	2,91	10,3	73,7	19,2	7,1
2,95/3,31	3,02	48,3	91,1	5,1	3,8
>3,31	4,07	23,6	9,2	6,6	84,2
Σ		100,0	55,4	21,5	23,1

Zahlentafel 3: Mineralogische Zusammensetzung der Dichteklassen aus der Schwimm/Sink-Analyse der Korngrößenklasse 200/160 μm . Ermittlung der Mineralgehalte durch eine Kombination von mineralselektiver Laugung und mikroskopischer Verwachsungsanalyse (siehe Abschnitt 4.6)

4.4 Suszeptibilitätsfraktionierung der Korngrößenklasse 250/200 µm aus dem Backenbrecher-Zerkleinerungsprodukt

Fraktionierung nach der Magnetisierbarkeit mit dem FRANTZ-Scheider bei einem Querneigung/Längsneigung-Verhältnis 15°/15°. Erregerstrommessung mit dem internen Anzeigeinstrument.

Merkmale		Mineralgehalte		
FRANTZ-Erregerstrom [A]	Masse %	Karbonat	Quarz	Sulfide
0,2/0,5	48,4	97,7	1,8	0,5
0,5/0,75	3,2	53,5	30,8	15,7
0,75/1,0	4,2	36,4	32,2	31,4
>1,0	44,2	3,8	46,8	49,4

Zahlentafel 4: Masseverteilung und mineralogische Zusammensetzung der Suszeptibilitätsklassen aus der magnetischen Fraktionierung der Korngrößenklasse 250/200 µm

4.5 Flotationsversuch mit dem Mahlprodukt der Stabmühlenmahlung <250 µm

Durchführung in der DENVER-Zelle mit dem Nennvolumen 1,2 Liter und einer Trübeoberfläche von 125 cm². Aufgabetrübe mit einer Feststoffkonzentration von ca. 300 g/l.

Flotationsstufe I mit dem Ziel einer selektiven Kupferkiesflotation bei angehobenem pH-Wert zum Drücken des Pyrits. Natürlicher pH-Wert nach 10 Minuten Anrührdauer ohne Reagenzienzugabe: pH = 7,2. Anheben des pH mittels CH(OH)₂ auf pH = 9,9. Konditionierung mit Natriumethylxanthat 30 g/t, Nachregulierung des pH von 8,3 auf 9,9 mit Ca(OH)₂ (großer Ca(OH)₂-Verbrauch!). Zugabe von MIBC als Schäumer. Nach 2 x 4 Minuten Belüftungsdauer bei einer Anströmgeschwindigkeit der Luft von $v_L = 5,5$ mm/s nur eine äußerst geringe Schaumbeladung trotz Nachsetzen von Ethylxanthat zu 2 x 30 g/t.

Das abgestrichene Schaumprodukt S1 entsprach mengenmäßig in keiner Weise dem Kupferkiesinhalt der Flotationsaufgabe. Da das Reagenzienregime den Standardbedingungen einer selektiven Kupferkiesflotation entsprach, lag somit eine Flotationshemmung vor, die vermutlich durch den Verwitterungszustand der Eingangsprobe bedingt war. Zur Schaffung frischer Mineraloberflächen wurde daher nach dem Abstreifen des Schaumproduktes S1 eingedickt, ein Wasserwechsel vorgenommen und anschließend der pH-Wert mittels Schwefelsäure von pH 7,8 auf pH 6,9 abgesenkt sowie 2 Minuten konditioniert.

Flotationsstufe II: Zugabe von Kaliumamylxanthat (48 g/t) als Sammler und MIBC als Schäumer. Konditionierdauer 2 Minuten. Sofort nach Einsetzen der Belüftung ergab sich eine starke Schaumbeladung durch Kupferkies + Pyrit. Nach 4 Minuten Flotationsdauer wurde das Schaumprodukt S2/1 abgezogen. Nach einem neuerlichen Zusatz von Kaliumamylxanthat (48 g/t) fiel innerhalb von 4 Minuten Belüftungsdauer das Schaumprodukt S2/2 an. Die Belüftungsintensität in der Flotationsstufe II war durch eine Anströmgeschwindigkeit der Flotationsluft von $v_L = 13,8$ mm/s gekennzeichnet.

Das Rückstandsprodukt der Flotationsstufe II erwies sich nach Prüfung auf der Sachse als nahezu sulfidfrei. Der Flotationsversuch erreichte somit zwar nicht das ursprüngliche Ziel einer selektiven Kupferkiesflotation, führte aber jedenfalls zu einer nahezu vollständigen Abtrennung des Sulfidanteils. Die Massebilanz der Flotationsprodukte ist in Zahlentafel 5 festgehalten.

Flotationsstufe	Produkt	Masse, g		Masse % Feststoff	Trübe: Feststoffgehalt %
		Trübe	Feststoff		
I	S1	130	4,7	1,62	0,4
II	S2/1	269	92,5	31,88	34,4
	S2/2	145	16,4	5,65	11,3
	R2	1209	176,5	60,85	14,6
Σ	Aufgabe	-	290,1	100,00	-

Zahlentafel 5: Feststoff- und Trübebilanz des Flotationsversuches

4.6 Untersuchung der Verwachsungsverhältnisse durch selektive Säurelaugung, Rückstandssiebung und mikroskopische Rückstandsanalyse

Der nachstehend beschriebenen Methode der Verwachsungsanalyse wurden folgende Merkmalsklassen bzw. Fraktionierungsprodukte unterzogen: 5 Korngrößenklassen zwischen 250 und 40 µm von der Prüfsiebung des Stabmühlenmahlproduktes, die Dichteklassen aus der in Abschnitt 4.3 beschriebenen Schwimm/Sink-Analyse der Korngrößenklasse 200/160 µm sowie 4 Fraktionierungsprodukte aus der in Abschnitt 4.4 beschriebenen Magnetscheidung der Korngrößenklasse 250/200 µm.

Durch eine Säurelaugung in einem Gemisch von HCl konz./H₂O = 1 : 2 bei 25°C und einer Stunde Laugungsdauer wurde zunächst der Karbonatanteil in Lösung gebracht. Nach mehrmaliger Waschung wurden die Laugungsrückstände bei der jeweiligen unteren Korngrößengrenze der in die Laugung eingesetzten Proben abgesiebt. Im Siebrückstand verblieben die aufgeschlossenen Sulfidkörner, die aufgeschlossenen Quarzkörner und die Sulfid/Quarz-Verwachsungen. Die Feinkornanteile wurden anschließend unter dem Stereomikroskop ausgezählt, wobei zwischen freien Sulfidkörnern (stammend aus den Sulfid/Karbonat-Verwachsungen), freien Quarzkörnern (stammend aus den Quarz/Karbonat-Verwachsungen) und Sulfid/Quarz-Verwachsungen (stammend aus Sulfid-, Quarz- und Karbonatverwachsungen) unterschieden wurde. Bei den Sulfid/Quarz-Verwachsungen im Feinkornanteil der Laugungsrückstände wurde die Häufigkeitsverteilung auf die Verwachsungsklassen 0/25, 25/50, 50/75, 75/100 Vol.% Sulfidanteil ermittelt. Aus den Wägungen der Aufgabeproben, der Grobkornanteile sowie der Feinkornanteile der Laugungsrückstände in Kombination mit den Ergebnissen der mikroskopischen Auszählung konnten die in der Zusammenfassung enthaltenen Aussagen über die Verwachsungsverhältnisse abgeleitet werden.

4.7 Chemische Analysen

Das Stabmühlenmahlprodukt 100 % <250 µm wurde einer quantitativen nasschemischen Analyse unterzogen. Der Analysengang orientierte sich an den Vorschriften in F.P. TREADWELL, Lehrbuch der Analytischen Chemie, Bd II, 11. Auflage.

Ermittelt wurden der Karbonatanteil, die Ca-, Mg- und Fe-Gehalte des Karbonatanteils, der säureunlösliche Rückstand (SiO_2) sowie der Cu- und Fe-Gehalt des sulfidischen Anteils. Aus der chemischen Analyse wurde auf den in der Zusammenfassung angegebenen Mineralbestand umgerechnet.

4.8 Mikroskopische Untersuchungen

Aufgrund der stereomikroskopischen Vorbeurteilung der im Zuge der Untersuchung angefallenen Fraktionierungsprodukte wurden insgesamt 10 Merkmalsklassen aus den Untersuchungsabschnitten „Schwimm/Sink-Analyse“ und „Flotationsversuch“ für die Herstellung von Körnermengenanschliffen ausgewählt (Anschliffpräparate 806/1 - 806/5, 818/1 - 818/5). Die Fotodokumentation ist im Anhang „Mikrobilder Seite 1 bis Seite 18“ zu finden. Der zusammenfassende Befund aus den mikroskopischen Untersuchungen wurde in den Abschnitt 2 „Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse“ aufgenommen.

Der folgende Kurzkomentar zu den Mikrobildern dient als Orientierungshilfe:

Die Mikrobilder auf Seite 1 und 2 im Anhang zeigen Übersichtsaufnahmen von Körneranschliffen der Dichteklassen $<2,86$, $2,86/2,95$, $2,95/3,30$ und $>3,30$ g/cm^3 aus der Korngrößenklasse 200/160 μm . Wie aus den Bildern hervorgeht, finden sich in der Dichteklasse $<2,86$ g/cm^3 überwiegend Quarzkörner, z.T. Sulfideinsprengungen sowie nicht auspolierte Begleitsilikateinschlüsse.

In der Dichteklasse $2,86/2,95$ g/cm^3 sind Karbonat/Quarz-Verwachsungen angereichert. Die Dichteklasse $2,95/3,30$ g/cm^3 enthält vorwiegend aufgeschlossene Karbonatkörner und untergeordnet Quarz/Sulfid-Verwachsungen. Das Übersichtsbild der Dichteklasse $>3,30$ g/cm^3 gibt bereits einen Eindruck von der engen Verwachsung zwischen Kupferkies, Pyrit und Gangart, wobei Quarz das vorherrschende Gangartmineral in den Verwachsungen ist. Die Mikrobilder auf den Seiten 3 bis 7 zeigen Details der Verwachsungen im vergrößerten Maßstab. Siehe insbesondere Mikrobild auf Seite 7 bei 1120-facher Vergrößerung!

Die Mikrobilder auf Seite 8 bis 18 beziehen sich auf Korngrößenklassen aus den Flotationsprodukten. Das obere Bild auf Seite 8 ist eine Übersichtsaufnahme von Körnern, die in erster Linie nur durch mechanisches Mitreißen in das Schaumprodukt S1 der misslungenen Flotationsstufe I gelangten.

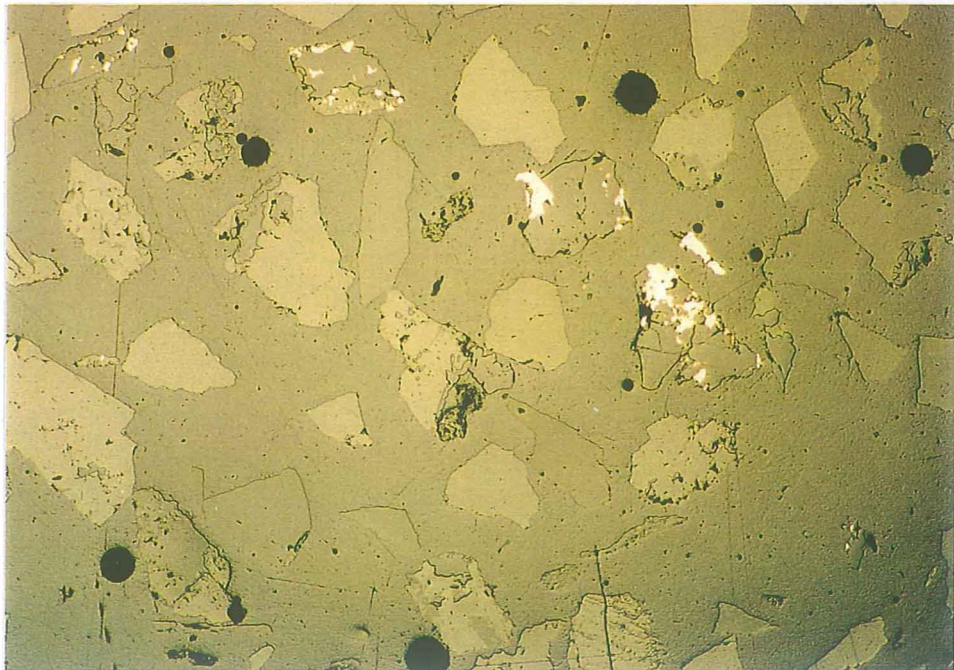
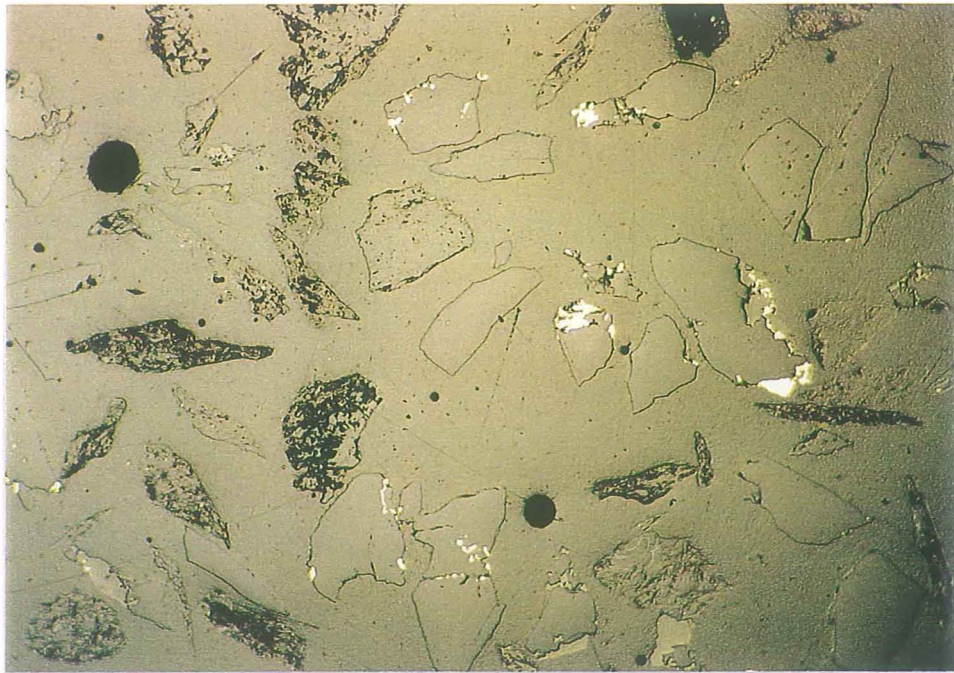
Die Mikrobilder auf den Seiten 8 bis 15 zeigen neben einzelnen freien Sulfidkörnern vor allem sulfidreiche Verwachsungen mit Quarz im Schaumprodukt S2/1 aus dem ersten Abschnitt der erfolgreichen Flotationsstufe II. Aus allen Aufnahmen geht die enge Verwachsung zwischen Kupferkies und Pyrit innerhalb der Sulfidphase hervor. Man beachte insbesondere die Mikrobilder auf den Seiten 9, 10 und 11.

Die Mikrobilder auf den Seiten 16 und 17 beziehen sich auf das Schaumprodukt S2/2 aus dem zweiten Abschnitt der Flotationsstufe II. In diesem Schaumprodukt wurden vor allem sulfidarme verwachsene Körner ausgebracht.

Die Mikrobilder auf Seite 18 zeigen Körner aus dem nur noch spurenhaft mit Sulfidanteilen behafteten Rückstand der Flotationsstufe II.



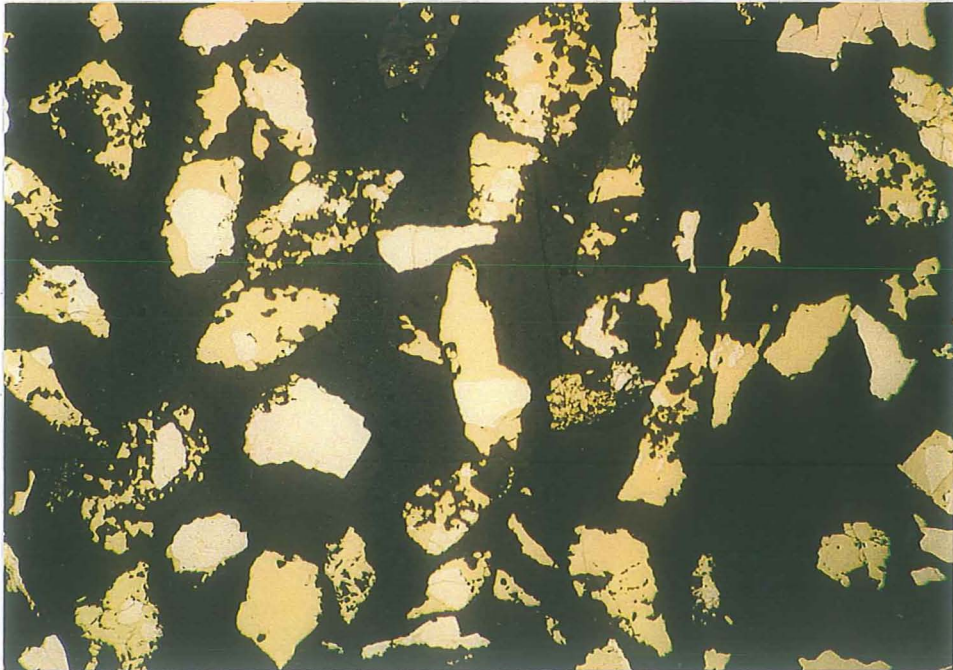
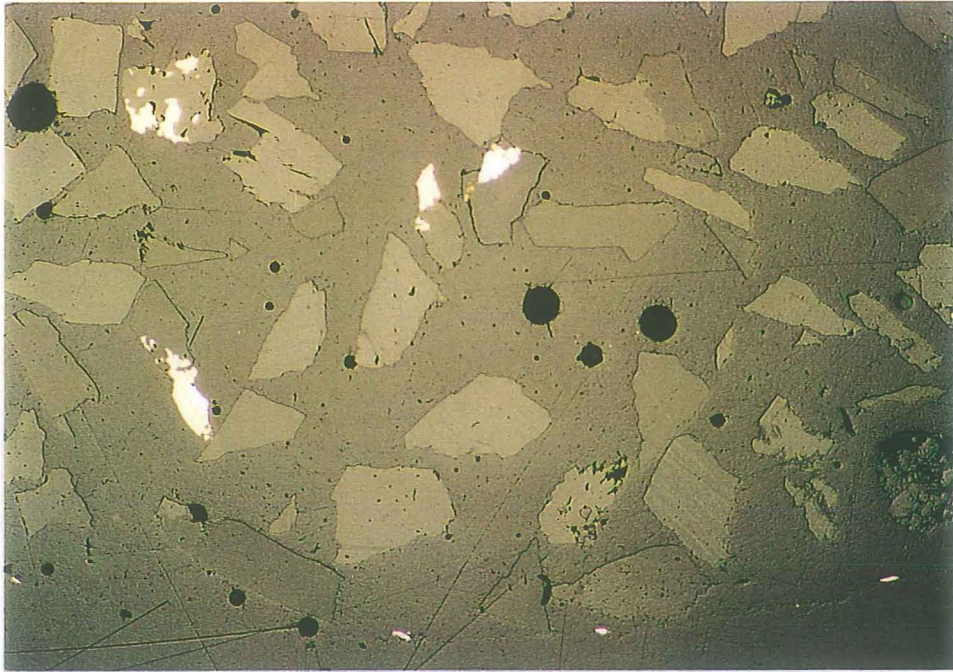
O.Univ.Prof.Dr.mont.H.J.Steiner



Mikroskop: ZETOPAN / Obj. 5,5 / 1 Pol

Oben: Film Nr 2002-01-29 / Bild Nr. 19 / Vergr. 70x
Anschliffpräparat Nr. 806/1
Kornklasse 200/160 μm , Dichteklasse $<2,86 \text{ g/cm}^3$
Quarz, z.T. mit Sulfideinsprengungen

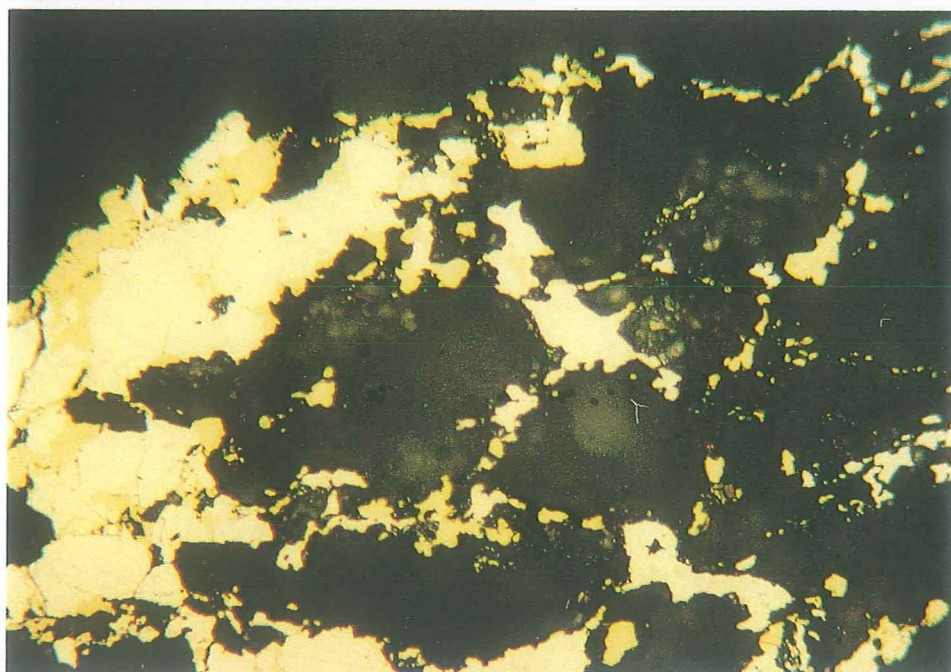
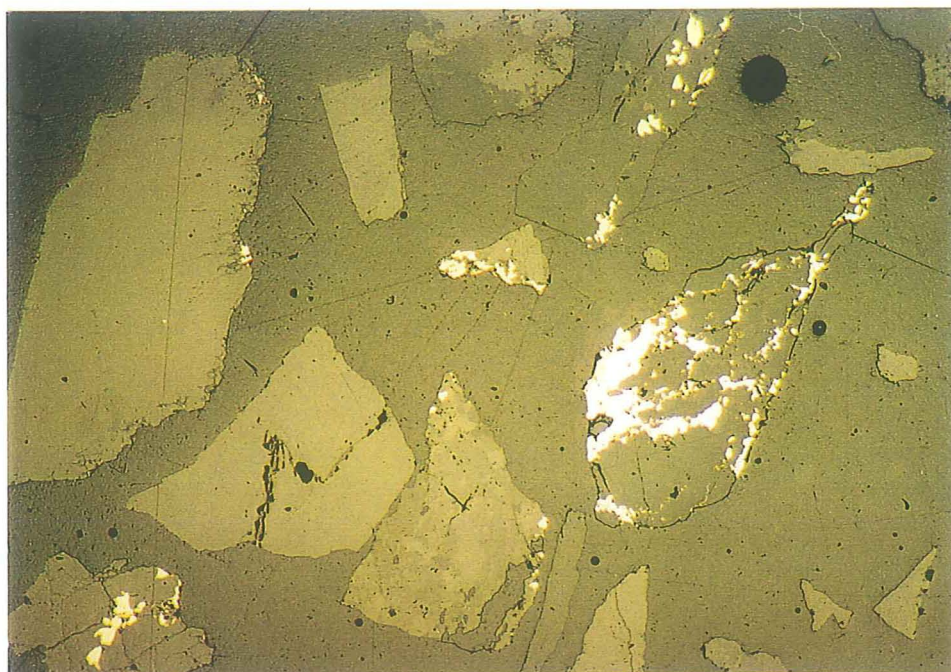
Unten: Film Nr. 2002-01-29 / Bild Nr. 20 / Vergr. 70x
Anschliffpräparat Nr. 806/2
Kornklasse 200/160 μm , Dichteklasse $2,86/2,95 \text{ g/cm}^3$
Karbonat/Quarz-Verwachsungen, Sulfideinsprengungen



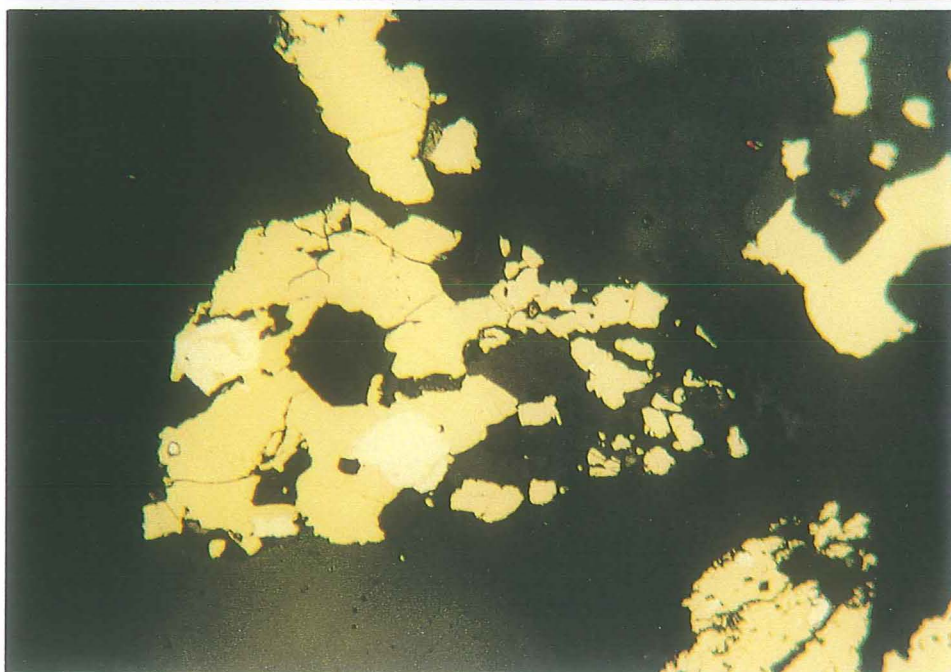
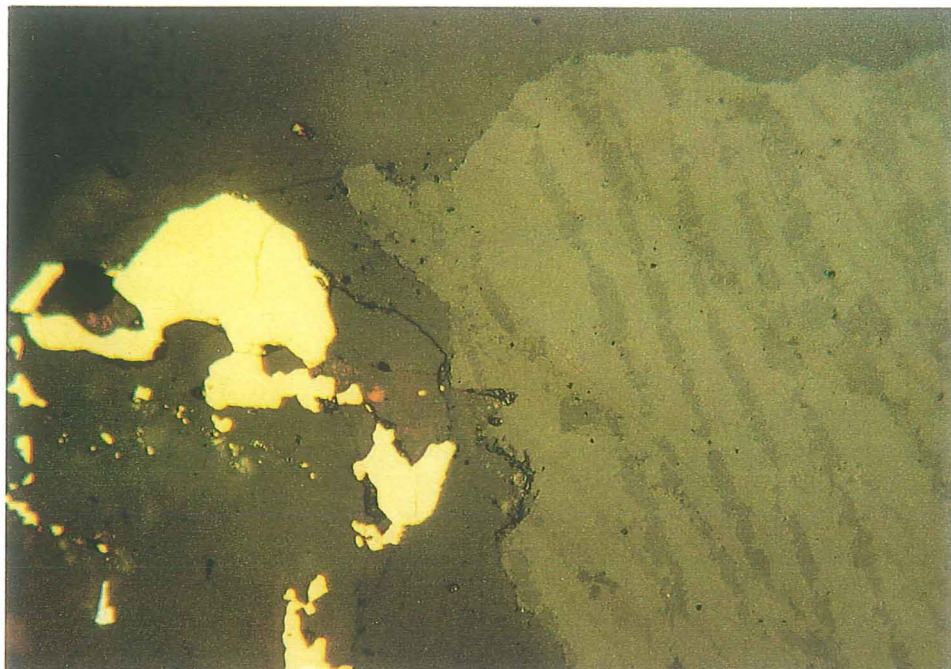
Mikroskop: ZETOPAN / Obj. 5,5 / 1 Pol

Oben: Film Nr 2002-01-29 / Bild Nr. 21 / Vergr. 70x
Anschliffpräparat Nr. 806/3
Kornklasse 200/160 μm , Dichteklasse 2,95/3,30 g/cm^3

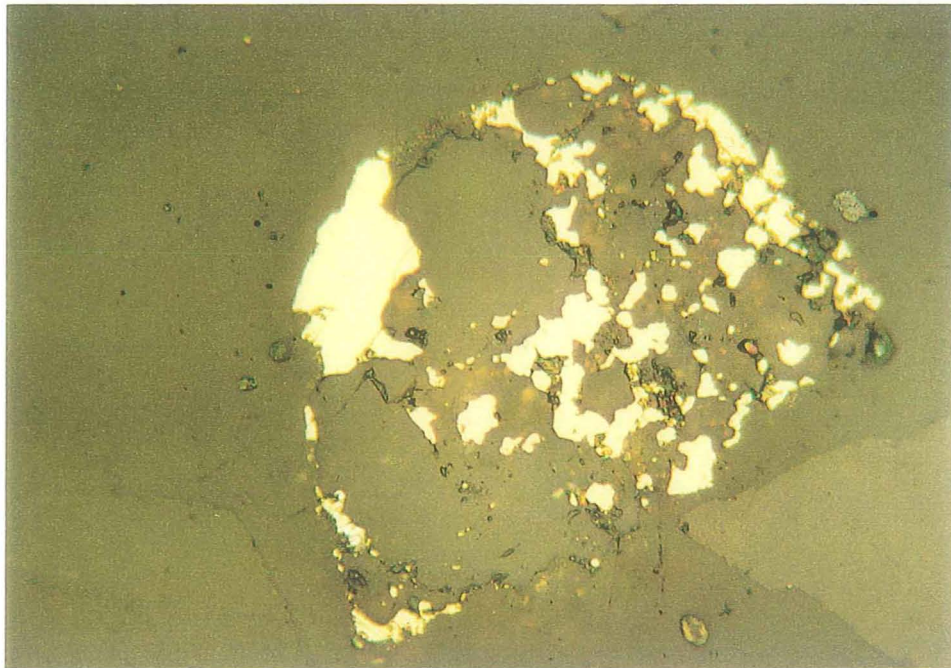
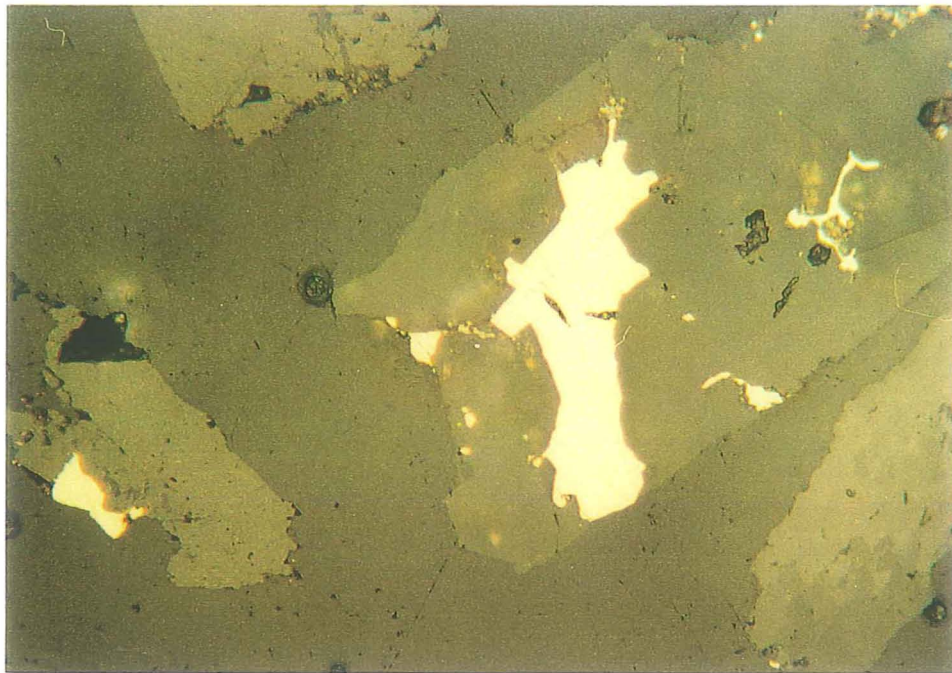
Unten: Film Nr. 2002-01-29 / Bild Nr. 22 / Vergr. 70x
Anschliffpräparat Nr. 806/4
Kornklasse 200/160 μm , Dichteklasse $>3,30 \text{ g}/\text{cm}^3$
Kupferkies/Pyrit/Gangart-Verwachsungen
Untergeordnet freier Kupferkies



Präparat Nr.: 806/5		Bezug: LH99-07-23/S.58		Film Nr.: 2002-01-29
Produkt: Dichteklassen aus dem Zerkleinerungsprodukt >6,3 mm				
Kornklasse: 500/315 µm		Dichte: 2,95/3,30 g/cm³		Erregerstrom:
Bild	Mikroskopie-Bedingungen	X [mm]	Y [mm]	Befund
oben 23	ZETOPAN Obj. 5,5 1 Pol V = 70	80	40	Sulfid/Quarz-Verwachsung Karbonatkörner frei
unten 25	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			Detail aus der Sulfid/Quarz-Verwachsung im oberen Bild: Sulfidanteil als enge Kupferkies/Pyrit-Verwachsung
				Mikrobilder Seite 3



Präparat Nr.: 806/5		Bezug: LH99-07-23/S.58		Film Nr.: 2002-01-30
Produkt: Dichteklasse aus dem Zerkleinerungsprodukt <6,3 mm				
Kornklasse: 500/315 µm		Dichte: 2,95/3,30 g/cm³		Erregerstrom:
Bild	Mikroskopie-Bedingungen	X [mm]	Y [mm]	Befund
oben 0A	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			links: Kupferkies/Quarz-Verwachsung rechts: Karbonatkorn mit streifiger Direflexion
unten 2	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			Mitte: Kupferkies/Pyrit/Quarz-Verwachsung rechts oben: Kupferkies/Quarz-Verwachsung
				Mikrobilder Seite 4



Mikroskop: ZETOPAN / Obj. 28 / 1 Pol

Film Nr.: 2002-01-30

Kornklasse 200/160 μm aus dem Zerkleinerungsprodukt $<6,3 \text{ mm}$

Oben:

Bild Nr. 6 / Vergr. 350x

Anschliffpräparat Nr. 806/3

Dichteklasse 2,95/3,30 g/cm^3

Kupferkies/Quarz-Verwachsung. Rechts unten: Karbonat

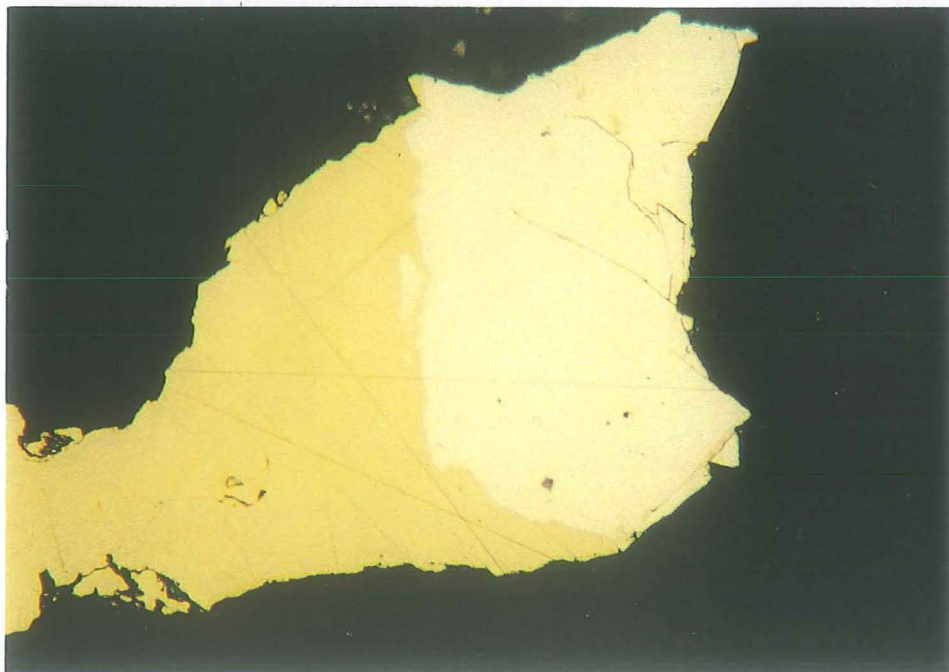
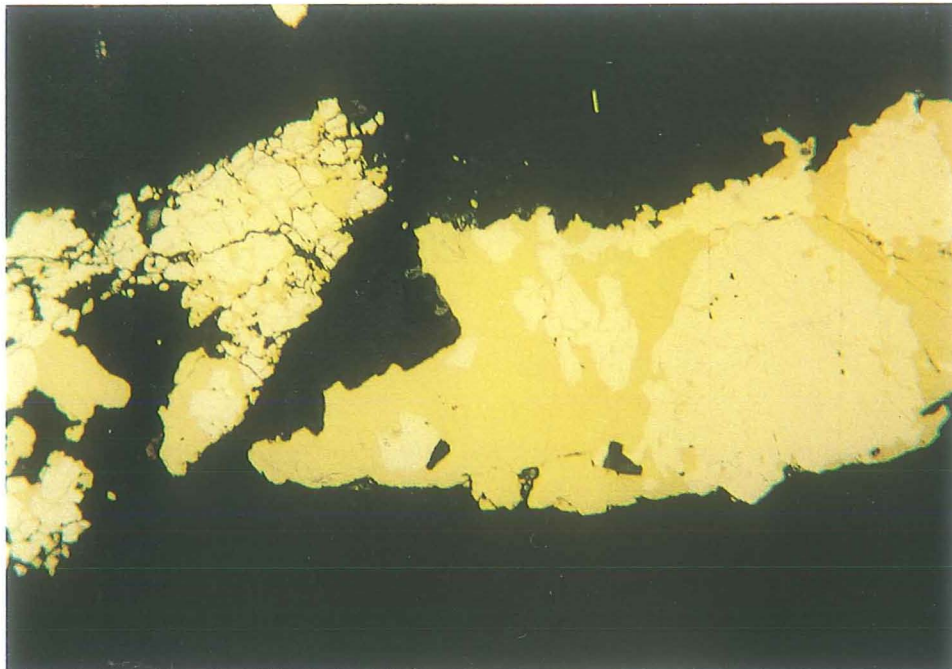
Unten:

Bild Nr. 8 / Vergr. 350x

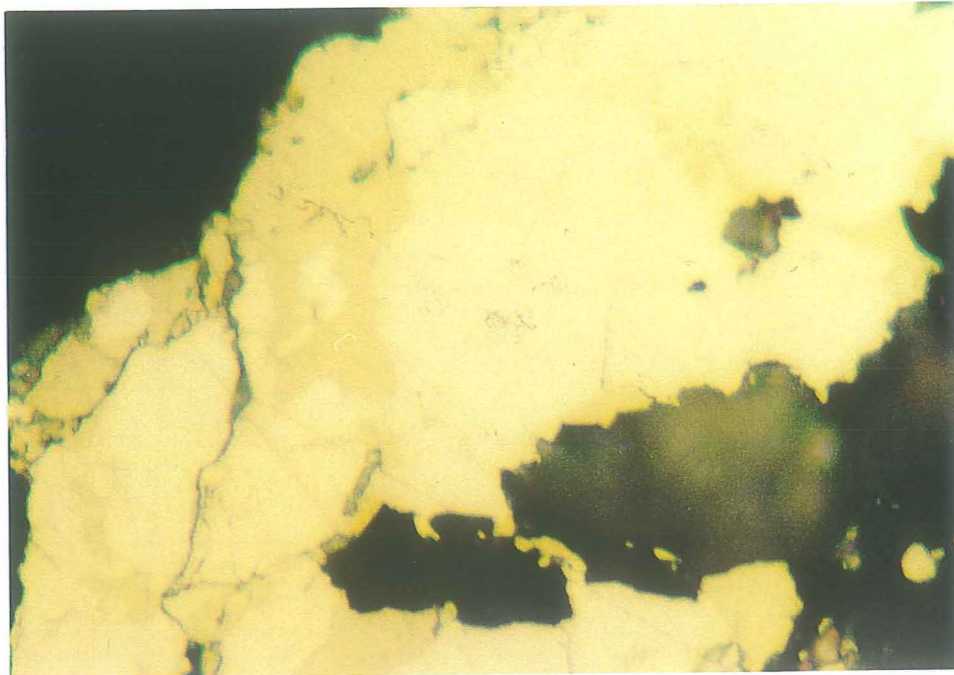
Anschliffpräparat Nr. 806/2

Dichteklasse 2,86/2,95 g/cm^3

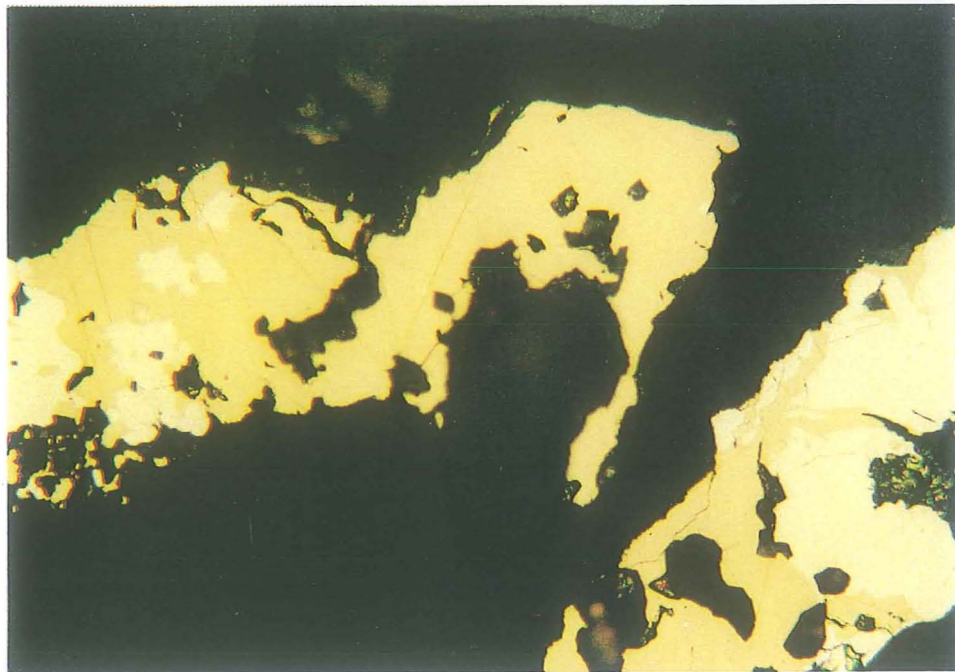
Kupferkies/Quarz-Verwachsung



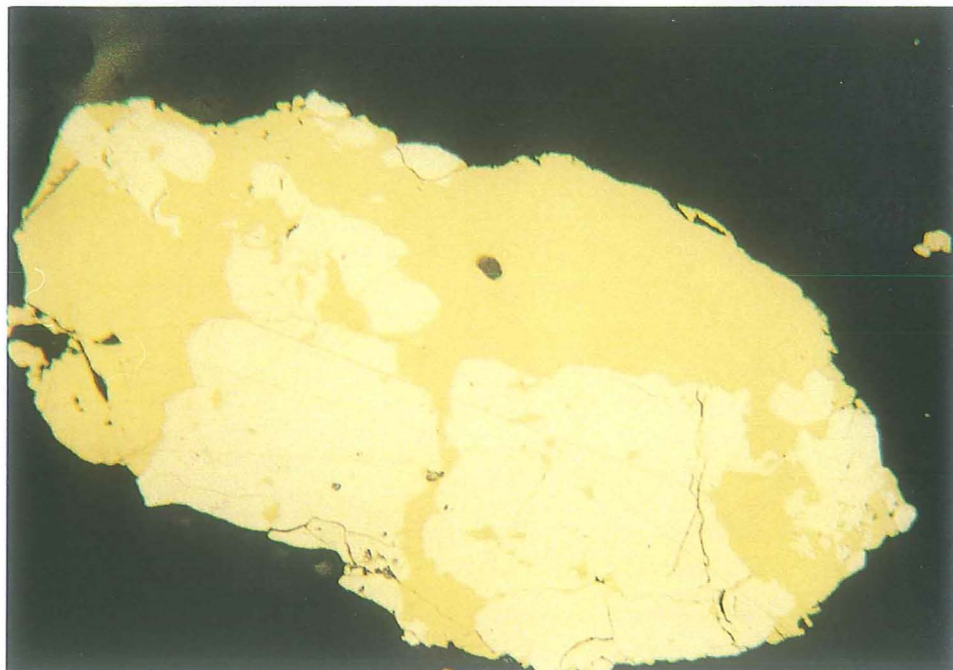
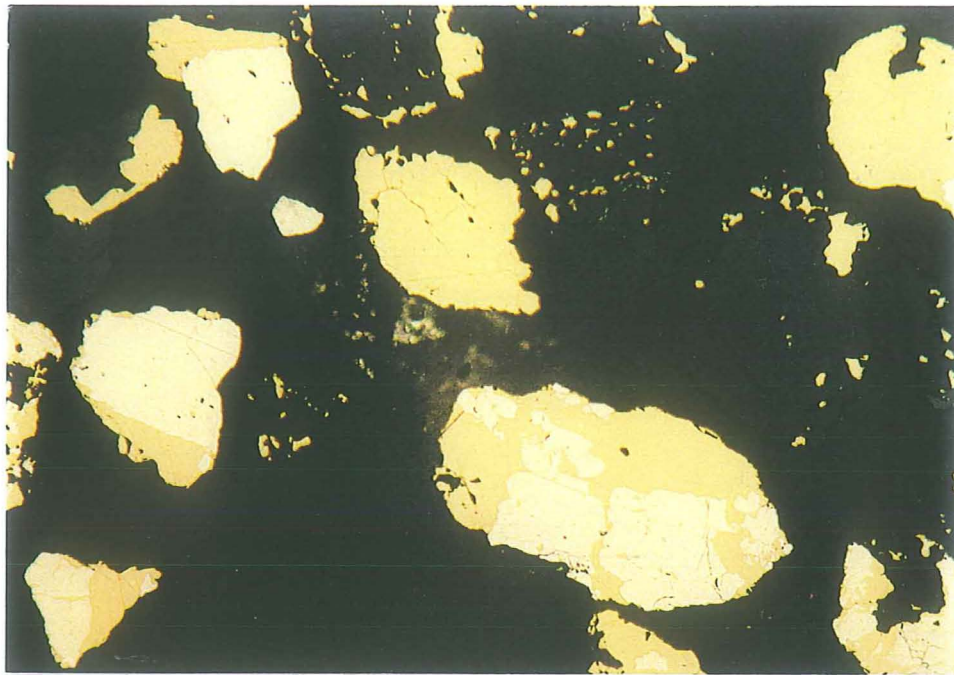
Präparat Nr.: 806/4		Bezug:		Film Nr.: 2002-01-30
Produkt: Dichteklasse aus dem Zerkleinerungsprodukt <6,3 mm				
Kornklasse: 200/160 µm		Dichte: >3,30 g/cm³		Erregerstrom:
Bild	Mikroskopie-Bedingungen	X [mm]	Y [mm]	Befund
oben 3	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			Kupferkies/Pyrit/Quarz-Verwachsungen
unten 4	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			Kupferkies/Pyrit-Verwachsung
				Mikrobilder Seite 6



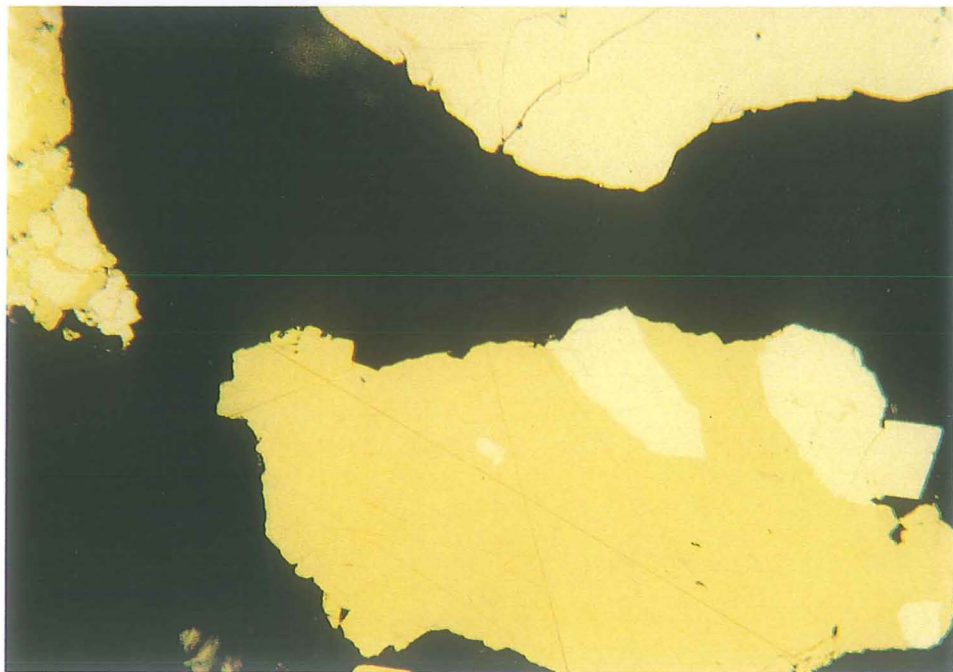
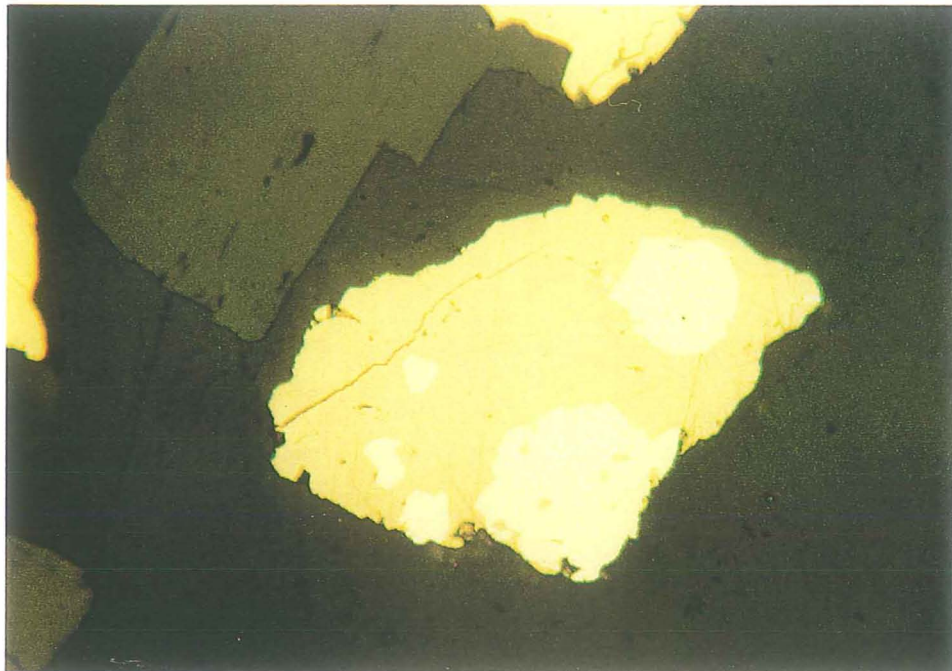
Präparat Nr.: 806/5		Bezug:		Film Nr.:
Produkt: Dichteklasse aus dem Zerkleinerungsprodukt <6,3 mm				
Kornklasse: 500/315 µm		Dichte: 2,95/3,30 g/cm ³		Erregerstrom:
Bild	Mikroskopie-Bedingungen	X [mm]	Y [mm]	Befund
oben 10	ZETOPAN Obj. 90/Öl 1 Pol V = 1120	40 110 90	65 55 25	Kupferkies/Pyrit/Quarz – in enger Verwachsung Detailausschnitt aus Bild 25 / Seite 3
				Mikrobilder Seite 7



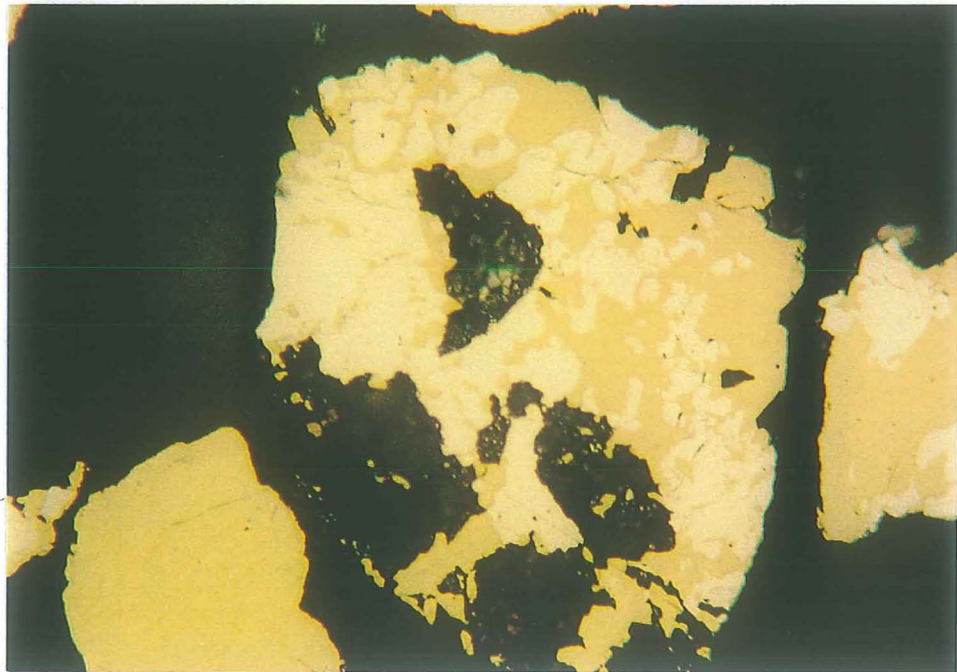
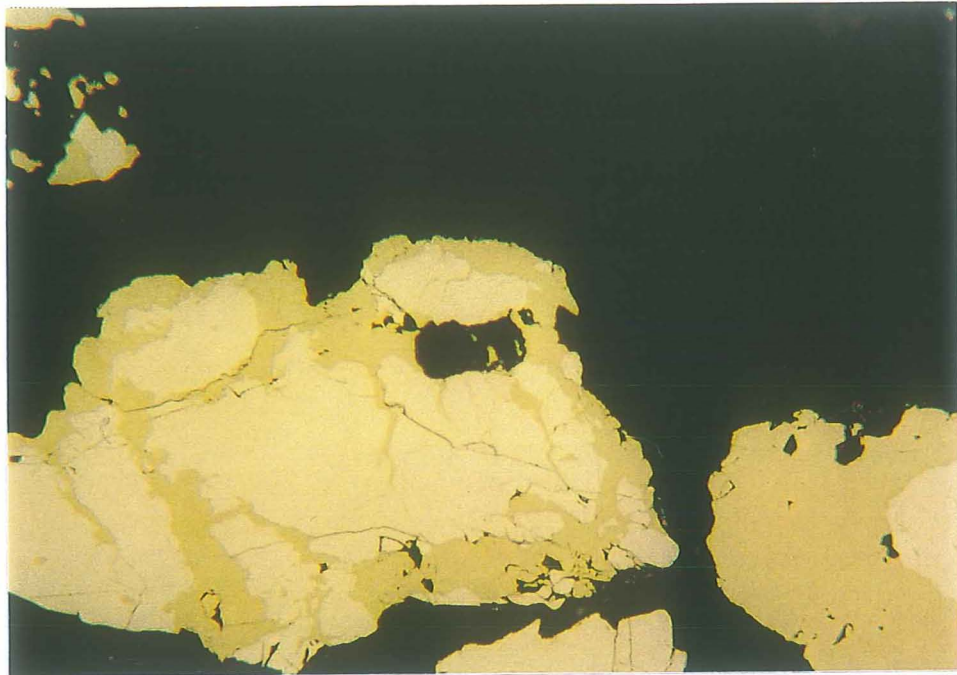
Präparat Nr.: 818/1		Bezug: LH99-07-23/S.74		Film Nr.: 2002-01-28
Produkt: Schaumprodukt S1 des Flotationsversuches				
Kornklasse: 250/200 µm		Dichte:		Erregerstrom:
Bild	Mikroskopie-Bedingungen	X [mm]	Y [mm]	Befund
oben 3	ZETOPAN Obj. 5,5 1 Pol V = 70			Quarz mit hohem Relief, Karbonat mit niedrigem Relief Sulfid weiss (Kupferkies & Pyrit)
unten 5	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			Kupferkies/Pyrit/Quarz-Verwachsung
				Mikrobilder Seite 8



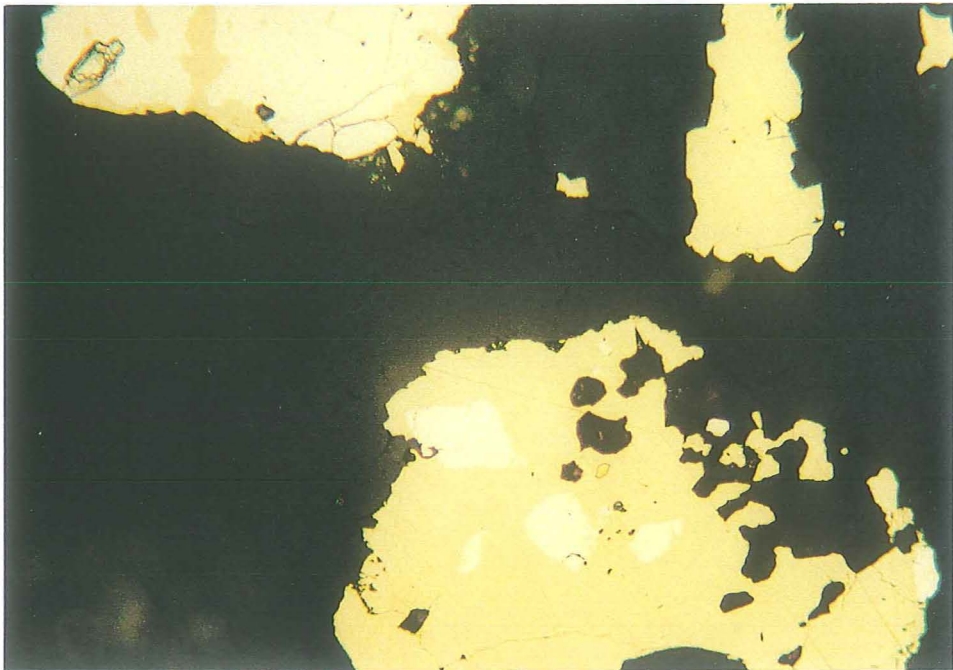
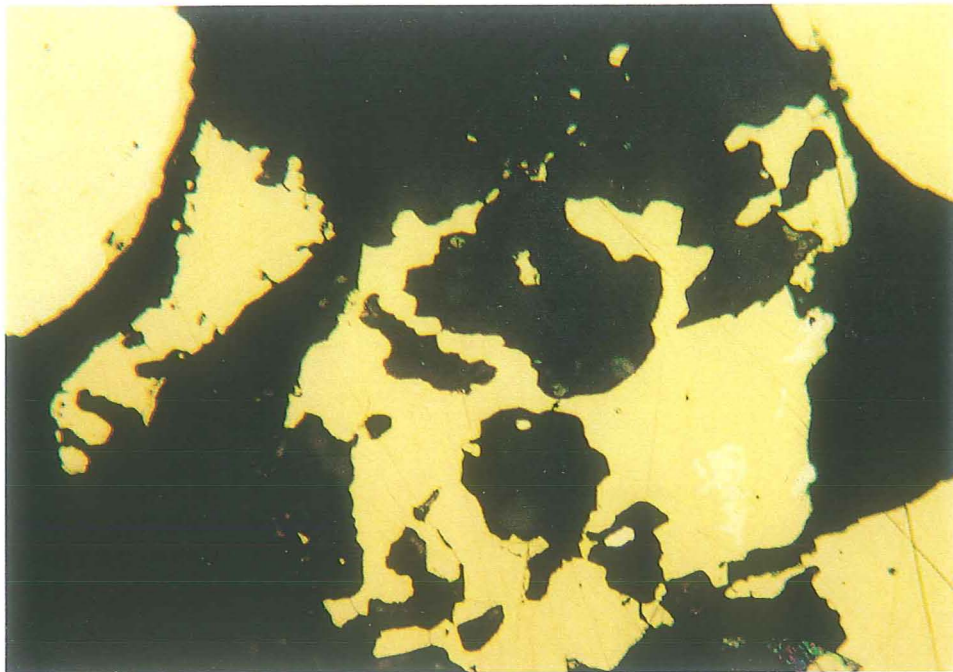
Präparat Nr.: 818/2		Bezug:		Film Nr.: 2002-01-28
Produkt: Schaumprodukt S2/1 des Flotationsversuches				
Kornklasse: 200/160 µm		Dichte:		Erregerstrom:
Bild	Mikroskopie-Bedingungen	X [mm]	Y [mm]	Befund
oben 9	ZETOPAN Obj. 11 1 Pol V = 140			Kupferkies/Pyrit-Verwachsungen mit und ohne Quarzanteil
unten 19	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			Objekt x = 80 mm, y = 26 mm aus Bild 9
				Mikrobilder Seite 9



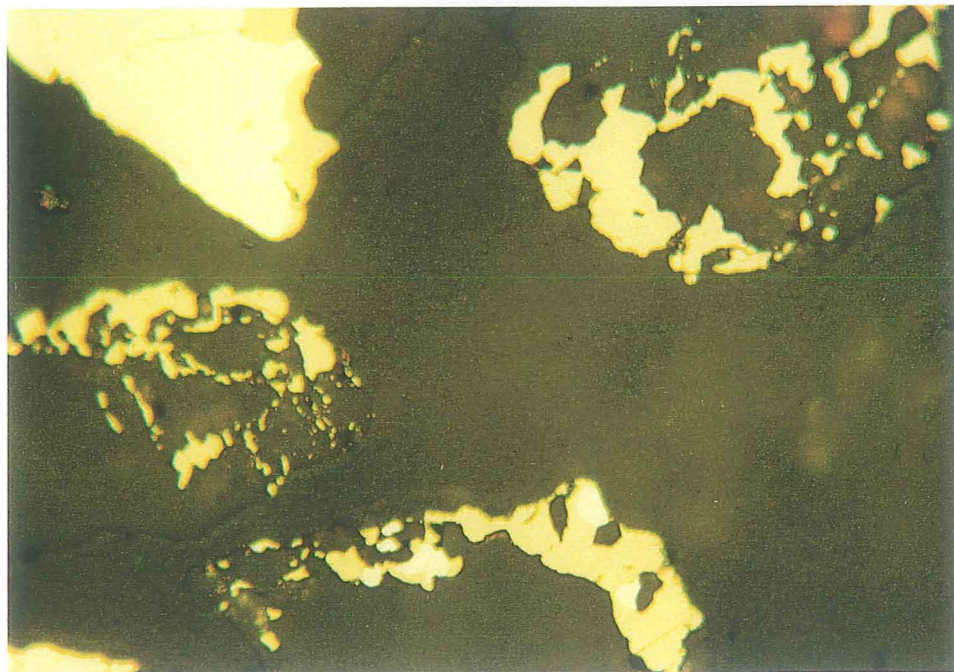
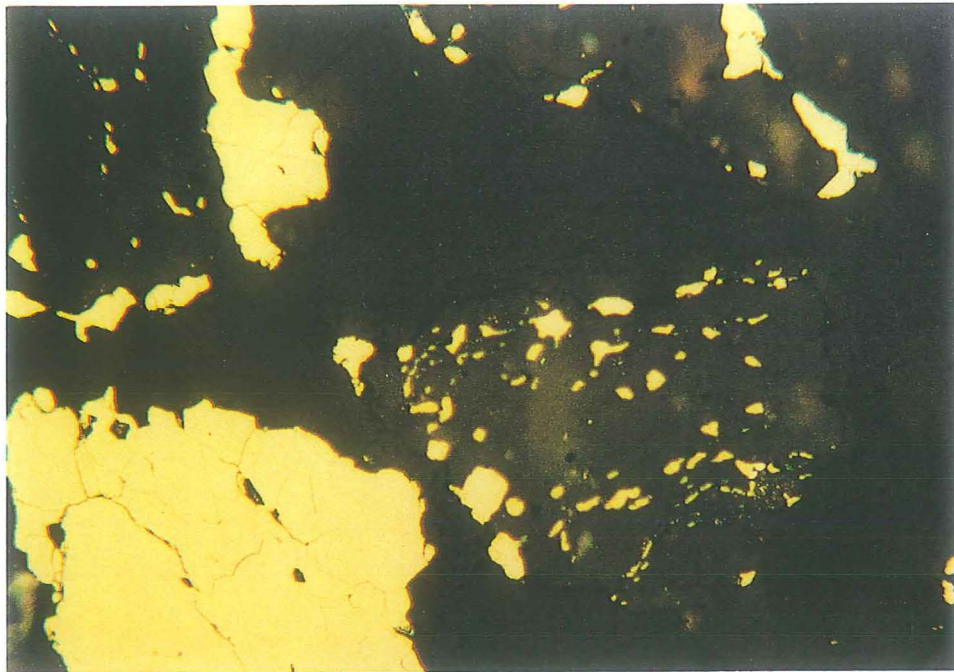
Präparat Nr.: 818/2		Bezug:		Film Nr.: 2002-01-28
Produkt: Schaumprodukt S2/1 des Flotationsversuches				
Kornklasse: 200/160 µm		Dichte:		Erregerstrom:
Bild	Mikroskopie- Bedingungen	X [mm]	Y [mm]	Befund
oben 12	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			Mitte: Kupferkies/Pyrit-Verwachsung
unten 17	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			oben: Pyrit unten: Kupferkies/Pyrit-Verwachsung
				Mikrobilder Seite 10



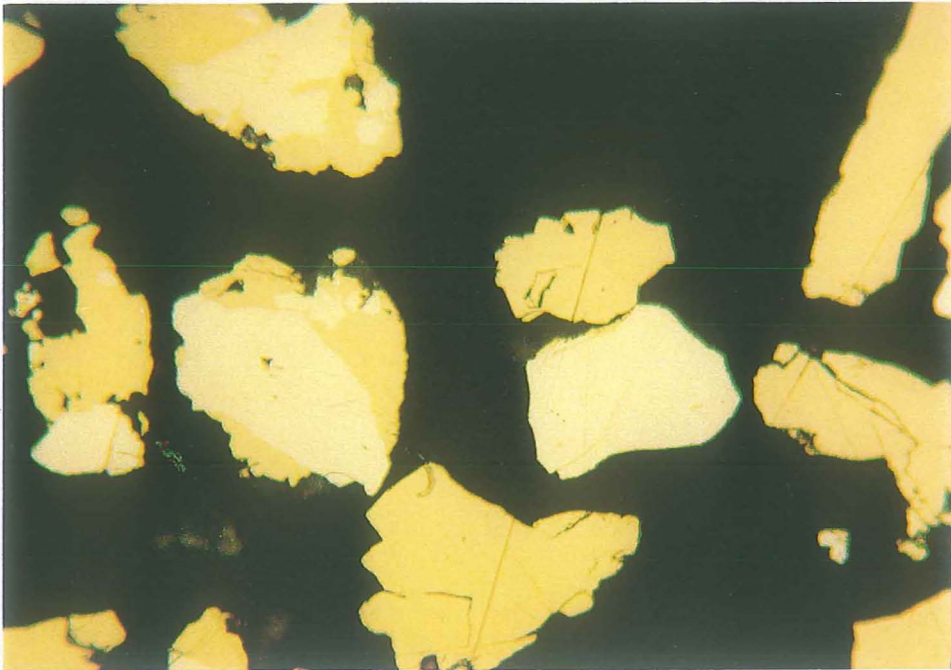
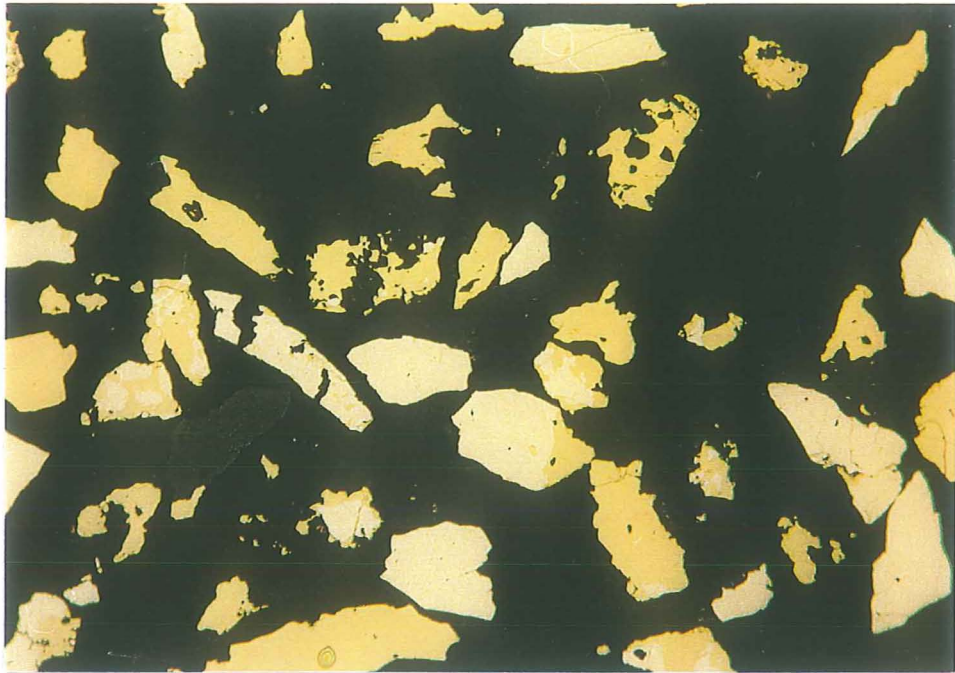
Präparat Nr.: 818/2		Bezug:		Film Nr.: 2002-01-28
Produkt: Schaumprodukt S2/1 des Flotationsversuches				
Kornklasse: 200/160 µm		Dichte:		Erregerstrom:
Bild	Mikroskopie-Bedingungen	X [mm]	Y [mm]	Befund
oben 13	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			Sulfidreiche Kupferkies/Pyrit/Quarz-Verwachsungen
unten 16	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			Sulfidreiche Kupferkies/Pyrit/Quarz-Verwachsungen
				Mikrobilder Seite 11



Präparat Nr.: 818/2		Bezug:		Film Nr.: 2002-01-28
Produkt: Schaumprodukt S2/1 des Flotationsversuches				
Kornklasse: 200/160 µm		Dichte:		Erregerstrom:
Bild	Mikroskopie-Bedingungen	X [mm]	Y [mm]	Befund
oben 11	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			Sulfidreiche Kupferkies/Pyrit/Quarz-Verwachsungen
unten 15	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			Sulfidreiche Kupferkies/Pyrit/Quarz-Verwachsungen
				Mikrobilder Seite 12



Präparat Nr.: 818/2		Bezug:		Film Nr.: 2002-01-28
Produkt: Schaumprodukt S2/1 des Flotationsversuches				
Kornklasse: 200/160 µm		Dichte:		Erregerstrom:
Bild	Mikroskopie-Bedingungen	X [mm]	Y [mm]	Befund
oben 18	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			Sulfidarme Verwachsungen mit Quarz
unten 14	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			Sulfidarme Verwachsungen mit Quarz
				Mikrobilder Seite 13



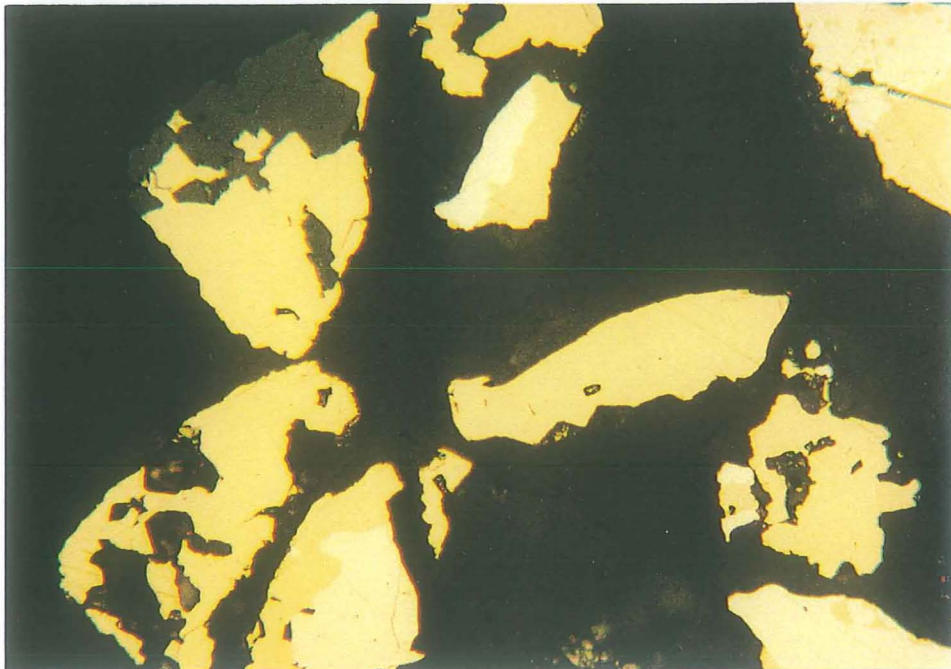
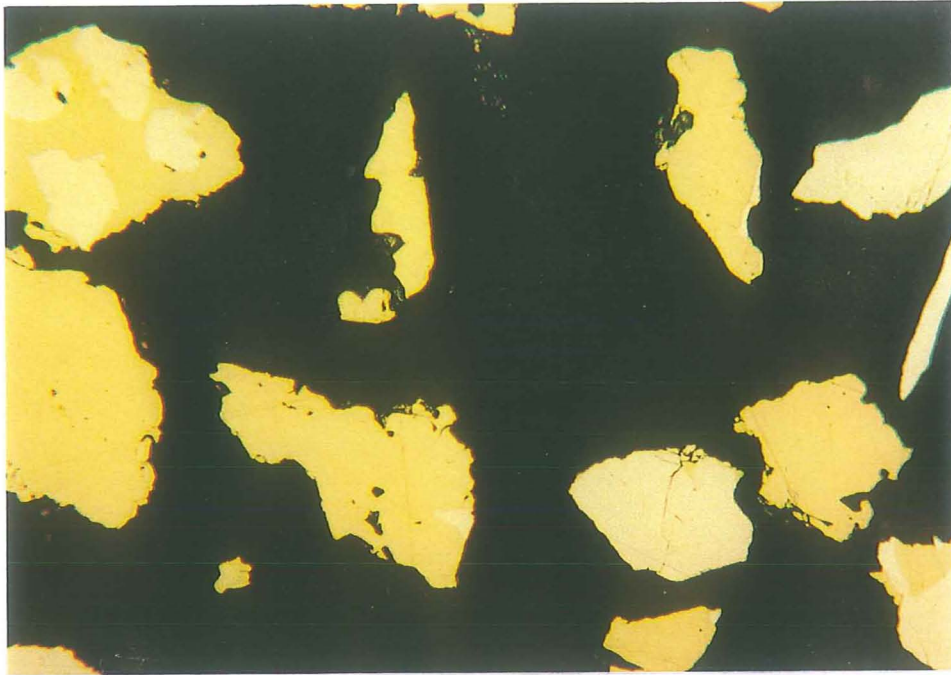
Mikroskop: ZETOPAN / 1 Pol

Kornklasse 100/71 μm aus dem Schaumprodukt S2/1 des Flotationsversuches

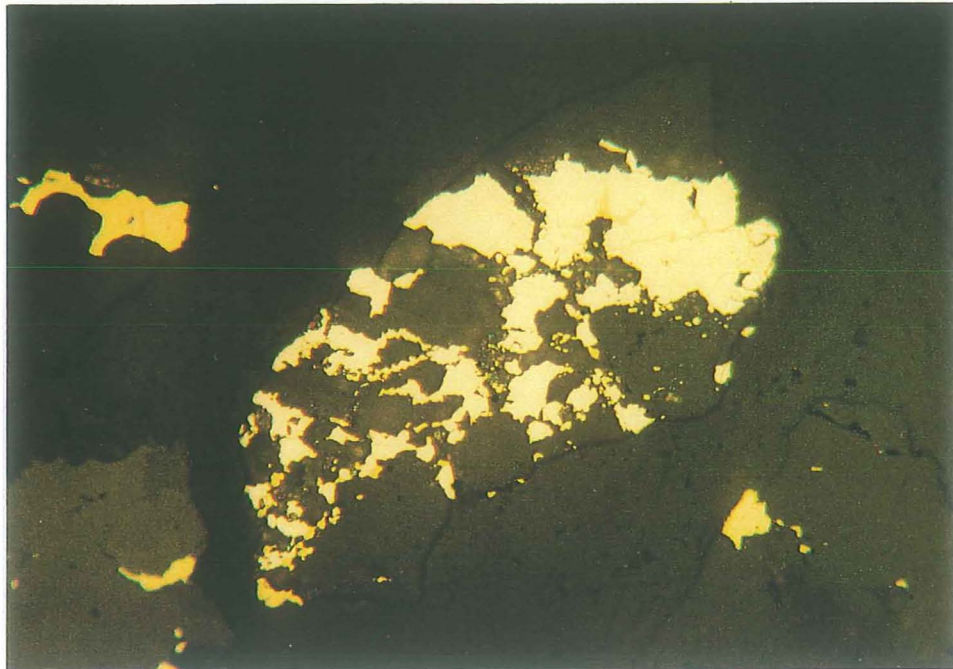
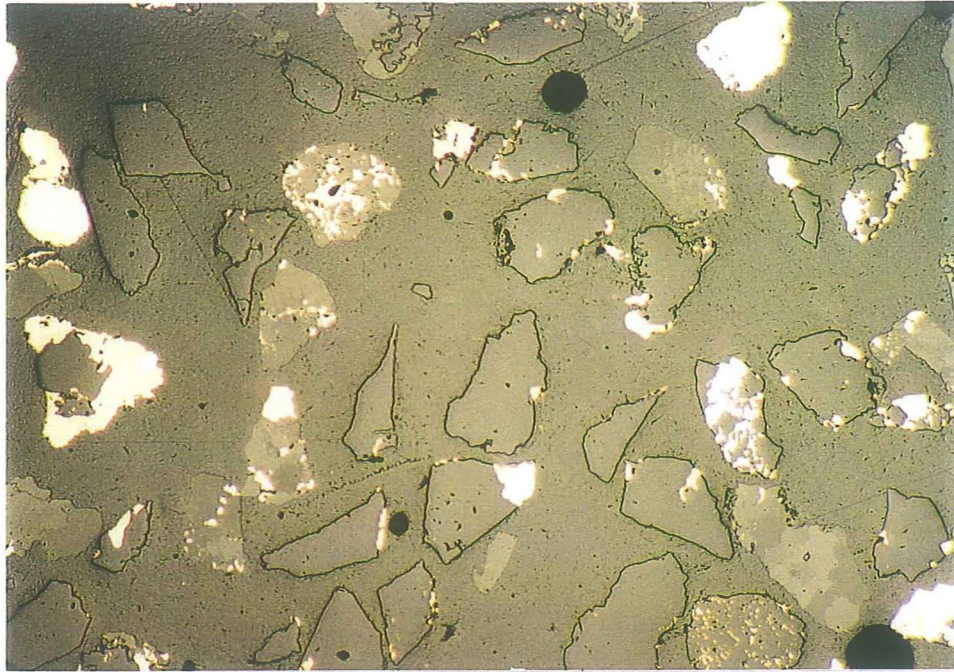
Präparat: 818/3

Oben: Film Nr. 2002-01-28, Bild Nr. 25
Obj. 5,5, V = 70x
Übersichtsbild (Gangart kaum sichtbar)

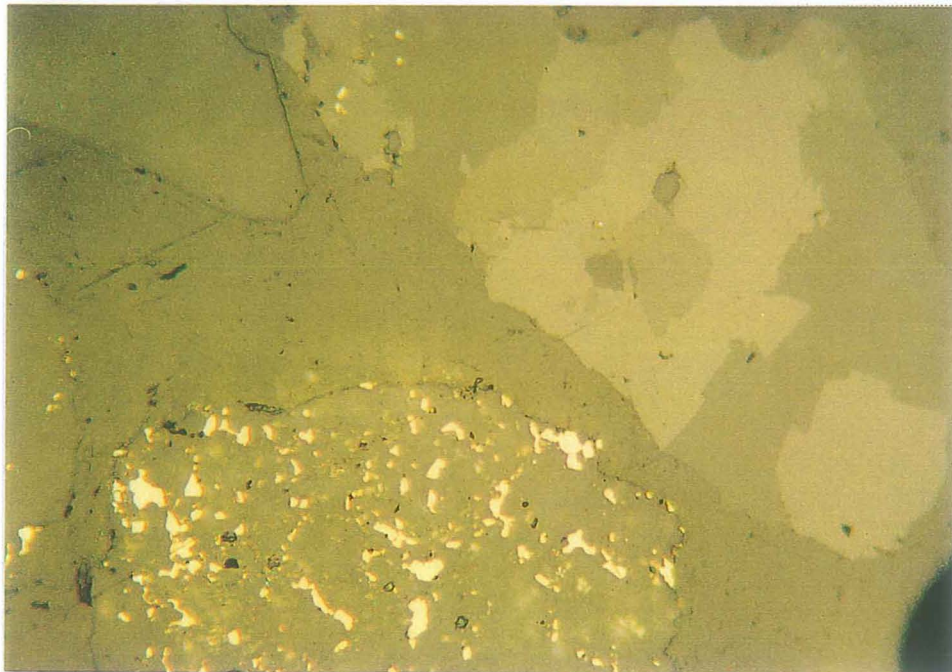
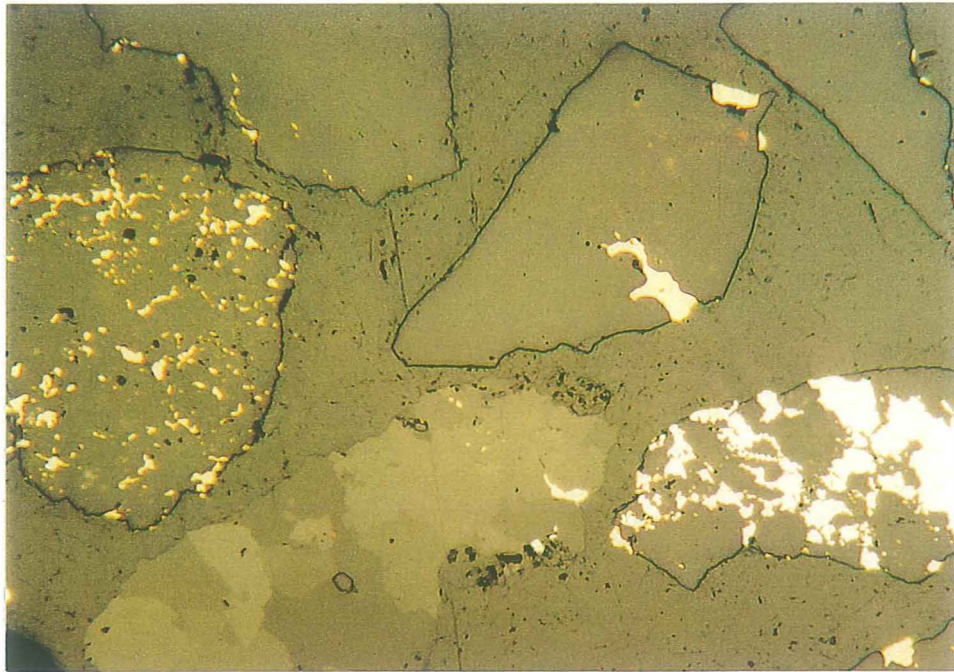
Unten: Film Nr. 2002-01-29, Bild Nr. 0A
Obj. 28, V = 350x
Gangart nicht sichtbar!



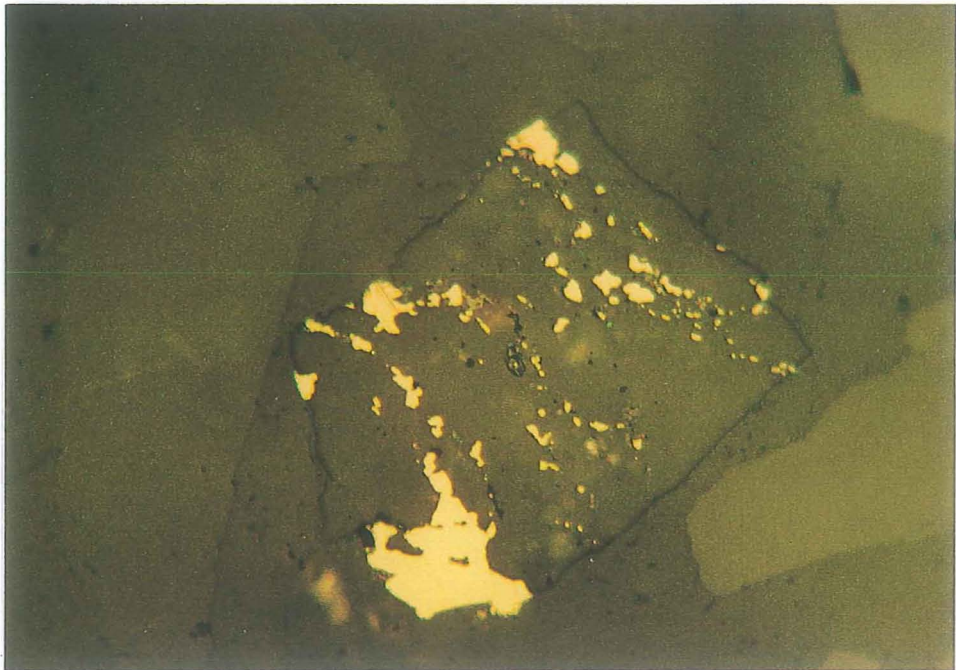
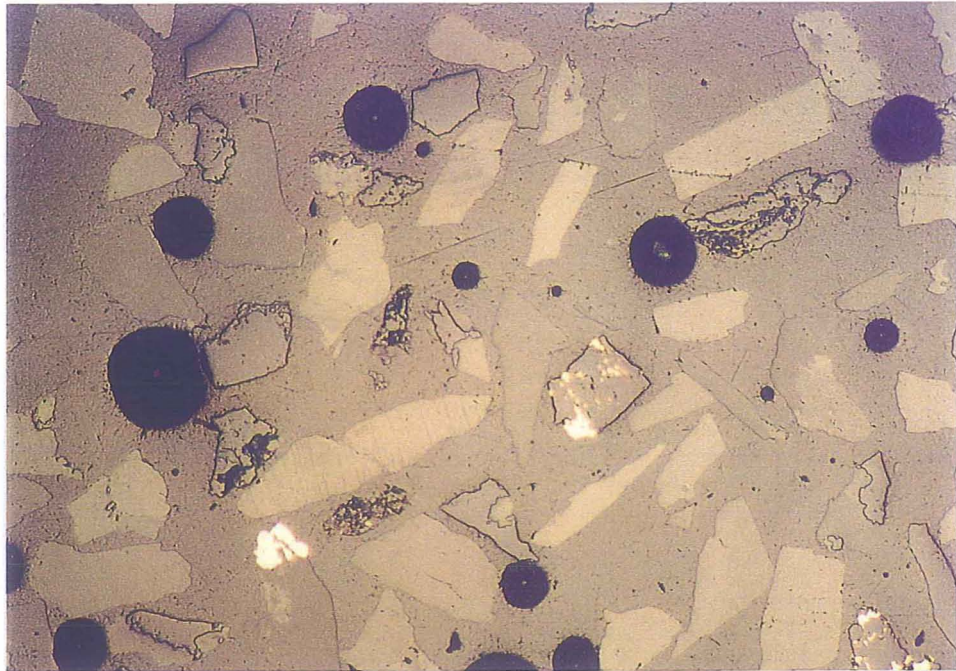
Präparat Nr.: 818/3		Bezug:		Film Nr.: 2002-01-29
Produkt: Schaumprodukt S2/1 des Flotationsversuches				
Kornklasse: 100/71 µm		Dichte:		Erregerstrom:
Bild	Mikroskopie-Bedingungen	X [mm]	Y [mm]	Befund
oben 2	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			Kupferkies (gelb) Pyrit (weiss) (Gangart nicht sichtbar)
unten 3	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			Kupferkies (gelb) Pyrit (weiss) (Gangart nicht sichtbar)
				Mikrobilder Seite 15



Präparat Nr.: 818/4		Bezug:		Film Nr.: 2002-01-29
Produkt: Schaumprodukt S2/2 des Flotationsversuches				
Kornklasse: 200/160 µm		Dichte:		Erregerstrom:
Bild	Mikroskopie-Bedingungen	X [mm]	Y [mm]	Befund
oben 5	ZETOPAN Obj. 5,5 1 Pol V = 70			Übersichtsaufnahme weiss: Sulfidphasen (Kupferkies, Pyrit)
unten 8	ZETOPAN Obj. 11 1 Pol V = 220			Kupferkies / Pyrit / Quarz-Verwachsung
				Mikrobilder Seite 16



Präparat Nr.: 818/4		Bezug:		Film Nr.: 2002-01-29
Produkt: Schaumprodukt S2/2 des Flotationsversuches				
Kornklasse: 200/160 µm		Dichte:		Erregerstrom:
Bild	Mikroskopie-Bedingungen	X [mm]	Y [mm]	Befund
oben 9	ZETOPAN Obj. 11 1 Pol V = 220			Sulfidarme Kupferkies/Pyrit/Quarz- Verwachsungen links unten: Karbonatkorn
unten 12	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			Sulfidarme Kupferkies/Pyrit/Quarz- Verwachsung (wie Bild 9 nach Drehtischbewegung) rechts oben: Karbonatkorn
				Mikrobilder Seite 17



Präparat Nr.: 818/5		Bezug:		Film Nr.: 2002-01-29
Produkt: Rückstand R2 des Flotationsversuches				
Kornklasse: 200/160 µm		Dichte:		Erregerstrom:
Bild	Mikroskopie-Bedingungen	X [mm]	Y [mm]	Befund
oben 15	ZETOPAN Obj. 5,5 1 Pol V = 70			Übersichtsaufnahme
unten 16	ZETOPAN Obj. 28 1 Pol V = 350			Sulfid/Quarz-Verwachsung wie in Bild 15 auf den dortigen Bildkoordinaten x = 80 mm, y = 37 mm
				Mikrobilder Seite 18