

**REFLEXIONSMESSUNGEN AN ANISOTROPEN PYRITEN**

von

**Birgit Hertweck<sup>+</sup>**

(eingelangt am 15. 4. 1994, angenommen am 18. 5. 1994)

**Zusammenfassung**

An vier orientierten Anschliffen von Pyritkristallen wurden die Reflexionsspektren im Bereich zwischen 400 und 700 nm in Luft gemessen: an den Flächen (100) und (111) jeweils für die abschließende Politur mit alkalischer  $\text{SiO}_2$ -Suspension bzw. mit  $0.25 \mu\text{m}$  Diamantpaste. Die mit der  $\text{SiO}_2$ -Suspension behandelten Pyrite waren im Auflichtmikroskop betrachtet isotrop, während die diamantpolierten Proben anomale Anisotropie, jedoch keine meßbare Bireflexion aufwiesen. Der Vergleich der Reflexionsdaten zeigte, daß die Poliermethode keinen Einfluß auf das Reflexionsvermögen des Pyrits hat.

**Summary**

Reflectance spectra of four oriented pyrite crystals were measured in air in the range of 400 to 700 nm. The faces (100) and (111) were both finally polished with alkaline silica suspension and  $0.25 \mu\text{m}$  diamond paste, respectively. The crystals treated with silica suspension were optically isotropic. On the other hand, the pyrites polished with diamond paste showed an anomalous anisotropy, but did not reveal measurable bireflectance. A comparison of the reflectance data suggests that the polishing method has no influence on the reflectance of pyrites.

---

<sup>+</sup> Birgit Hertweck  
Institut für Mineralogie und Kristallographie  
Universität Wien  
Dr. Karl Lueger-Ring 1  
A-1010 Wien, Austria

(100) [nm]	Chemomech. Politur		Standardpolitur	
	R [%]	s (rel) [%]	R [%]	s (rel) [%]
400	36,44	1,63	40,49	3,05
420	37,96	0,65	41,76	1,09
440	40,47	0,77	44,22	0,74
460	43,32	0,87	46,83	0,75
480	46,97	0,72	49,33	0,63
500	50,21	0,82	51,42	0,75
520	51,79	0,81	52,96	0,75
540	53,07	0,69	53,96	0,66
560	54,06	0,67	54,80	0,56
580	54,83	0,73	55,34	0,67
600	55,07	0,74	55,56	0,57
620	55,18	0,63	56,20	0,55
640	55,36	0,62	56,54	0,80
660	55,76	0,70	56,94	0,82
680	56,08	0,63	56,78	0,56
700	55,90	0,87	56,60	0,66
(111) [nm]	Chemomech. Politur		Standardpolitur	
	R [%]	s (rel) [%]	R [%]	s (rel) [%]
400	38,33	2,07	39,34	3,53
420	39,23	0,84	39,92	1,50
440	41,53	0,62	41,79	1,04
460	44,44	0,75	44,38	0,85
480	47,90	0,58	46,83	0,52
500	50,93	0,59	49,04	0,67
520	52,83	0,65	50,97	0,45
540	54,09	0,54	52,07	0,41
560	55,04	0,41	52,78	0,48
580	55,85	0,42	53,40	0,58
600	56,04	0,72	53,67	0,73
620	56,15	0,72	53,92	0,45
640	56,53	0,61	54,09	0,70
660	56,94	0,64	54,33	0,51
680	57,14	0,56	54,44	0,52
700	57,20	0,74	54,34	1,08

Tab. 1: Reflexionsdaten von Pyrit an den Flächen (100) und (111) nach verschiedenen Poliermethoden.



### Einleitung

Durch auflichtoptische Untersuchungen von LIBOWITZKY (1994a) wurde nachgewiesen, daß die häufig beobachtete anomale Anisotropie bei Pyriten durch Oberflächendefor-mation verursacht wird, die auf den mechanischen Poliervorgang mit Diamantpasten zurückzuführen ist. Bei rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen mittels Electron Channeling Patterns an Pyritanschliffen zeigten diamantpolierte Pyrite (Endpolitur 0,25  $\mu\text{m}$  Diamantpaste) eine zerstörte Oberfläche und waren, auflichtoptisch betrachtet, bis auf die Fläche (111) anisotrop. Eine abschließende Politur mit einer alkalischen  $\text{SiO}_2$ -Suspension ("Mastermet", Buehler Ltd.) führte zu einer intakten Oberfläche und isotropem Verhalten. Bei dieser Technik wird chemische und mechanische Abtragung zur Herstellung einer polierten Oberfläche kombiniert. Der Einfachheit halber wird zur Unterscheidung der beiden Methoden im folgenden von chemomechanischer Politur und von Standardpolitur gesprochen.

Eine Untersuchung von PAULY (1986) über den Einfluß von verschiedenen Poliermethoden auf die Reflexion von Silizium zeigte, daß auch rein mechanische Methoden zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Die chemomechanische Politur erhält bei Pyriten im Gegensatz zur Standardpolitur deren "perfekte" Oberfläche und damit auch ihre Isotropie. Bei Cuprit wurde neben anomaler Anisotropie auch Bireflexion festgestellt (CRIDDLE & STANLEY, 1993). Ob nun neben diesem bekannten Zusammenhang zwischen Poliermethode und Isotropie/anomaler Anisotropie des Pyrits auch eine Beziehung zur Reflexion besteht, sollte mit dieser Arbeit untersucht werden.

### Experimentelles

Vier idiomorphe Pyriteinkristalle aus dem Habachtal in Salzburg, Österreich, wurden für die optischen Untersuchungen als orientierte Erzanschliffe präpariert. Die anomale Anisotropie des Pyrits hängt neben der Poliermethode auch von der Flächensymmetrie ab. Die Fläche (111) ist höhersymmetrisch (trimetrisch) und verhält sich in jedem Fall isotrop, während alle anderen Flächen nach dem Polieren mit Diamantpaste Anisotropie zeigen. Daher wurden für diese Untersuchung zwei verschiedenen symmetrische Flächen an Pyritkristallen gewählt, (111) und (100). Von beiden Flächen wurden je zwei Anschlüsse mit unterschiedlichen Polituren hergestellt: nach dem Schleifen mit SiC Körnung 1000 und dem Polieren mit 6  $\mu\text{m}$ , 3  $\mu\text{m}$  und 1  $\mu\text{m}$  Diamantpaste auf Nylontuch war der Poliervorgang (a) mit der Behandlung 0,25  $\mu\text{m}$  Diamantpaste auf "Microcloth-Poliertuch" abgeschlossen, bzw. (b) es wurde chemomechanisch auf "Microcloth" nachbehandelt.

Die Messung der Reflexionswerte erfolgte an einem Auflichtmikroskop Leitz Orthoplan-Pol (Objektiv : Planachromat 20x, eff. N. A. 0,20) mit einem Photovervielfacher S20, EMI 9558, und einem Leitz Monochromator ( $Dk = 7 \text{ nm}$ ). Der Durchmesser des Meßfeldes betrug ca. 0,05 mm. Als Reflexionsstandard diente (W,Ti)C. Gemessen wurde mit linear polarisiertem Licht von 400 bis 700 nm in Schritten von 20 nm in fünf Durchläufen. Ein Meßwert pro Wellenlänge ergab sich aus 15 Stichproben. Jede Reflexionsmessung bestand aus zwei Proben- und drei Standardmessungen. Die Ergebnisse sind in Tab. 1 zusammengefaßt.

Anschließend wurde die anomal anisotrope (100) Fläche des standardpolierten Pyrits am Auflichtmikroskop auf die zu erwartende Bireflexion untersucht. Bei einer Wellenlänge von 480 nm zeigt der Photovervielfacher seine größte Empfindlichkeit. Daher wurde der Pyrit, der auch in diesem Bereich relativ stark reflektierend ist, bei monochromatischem Licht dieser Wellenlänge um  $360^\circ$  gedreht und die Reflexionswerte gemessen.

### Ergebnisse und Diskussion

Die vier erhaltenen Reflexionsspektren sind mit geringfügigen Änderungen der Werte innerhalb ihrer Fehlergrenzen geglättet in Abb. 1 dargestellt. Der Fehler der Reflexionsdaten beträgt allgemein (außer im extrem kurzweligen Bereich) weniger als 1 % relativ und ist in der Abbildung als Fehlerbalken zu sehen. Die vier Kurven verlaufen praktisch deckungsgleich, fast innerhalb ihrer Fehlergrenzen, was sofort durch die sich zum Teil überschneidenden Balken offensichtlich wird.

Auffällig ist die allgemein starke Dispersion zwischen 440 und 540 nm, wobei gerade in diesem Abschnitt die Dispersion der einzelnen Reflexionskurven so verschieden stark ist, daß sich die Reihenfolge der vier Kurven völlig ändert. Am stärksten ist die Dispersion der beiden chemomechanisch polierten Flächen sowohl in diesem Abschnitt (ca. 12,5 %) als auch bei Betrachtung des gesamten gemessenen Spektrums mit einem Anstieg der Reflexion um ca. 19 %. Demgegenüber haben die beiden standardpolierten Flächen eine wesentlich geringere Dispersion: im 440 - 540 nm Abschnitt ca. 10 % und gesamt 15,5 %.

Trotz der allgemeinen guten Übereinstimmung der vier Kurven gibt es im kurzweligen Bereich zwischen 400 und 460 nm stärkere Abweichungen. Die Differenz der Reflexion beträgt über 3,5 % bis maximal 4 %. Dies kann zum einen durch die geringere Empfindlichkeit und daher größere Fehleranfälligkeit des Photometers bei kürzeren Wellenlängen erklärt werden. Zum anderen ist kurzwelliges Licht auf geringste Politur- Unterschiede (feine Kratzer, Poren, etc.) empfindlicher als längerwelliges Licht. Eine besonders gute Übereinstimmung der Werte ist im Bereich zwischen 480 und 580 nm gegeben, wo die maximale Differenz aller Werte weniger als 2,5 % beträgt.

Die Reflexionsdaten dieser Untersuchung bestätigen die Literaturdaten für Pyrit von CRIDDLE & STANLEY (1993), die die Werte für den standardpolierten ( $0,25 \mu\text{m}$  Diamant) Pyrit auflisten. Diese Reflexionskurve befindet sich exakt im Bereich der

vier gemessenen Kurven dieser Arbeit. Zwischen 400 und 500 nm reflektieren die beiden chemomechanisch polierten Flächen maximal 2,5 % weniger, die standardpolierten Flächen im gesamten Spektrum auf der Fläche (111) bis zu 2 % weniger bzw. auf der Fläche (100) maximal 2 % stärker als der Pyrit von CRIDDLE & STANLEY (1993) ohne Angabe der gemessenen Fläche.

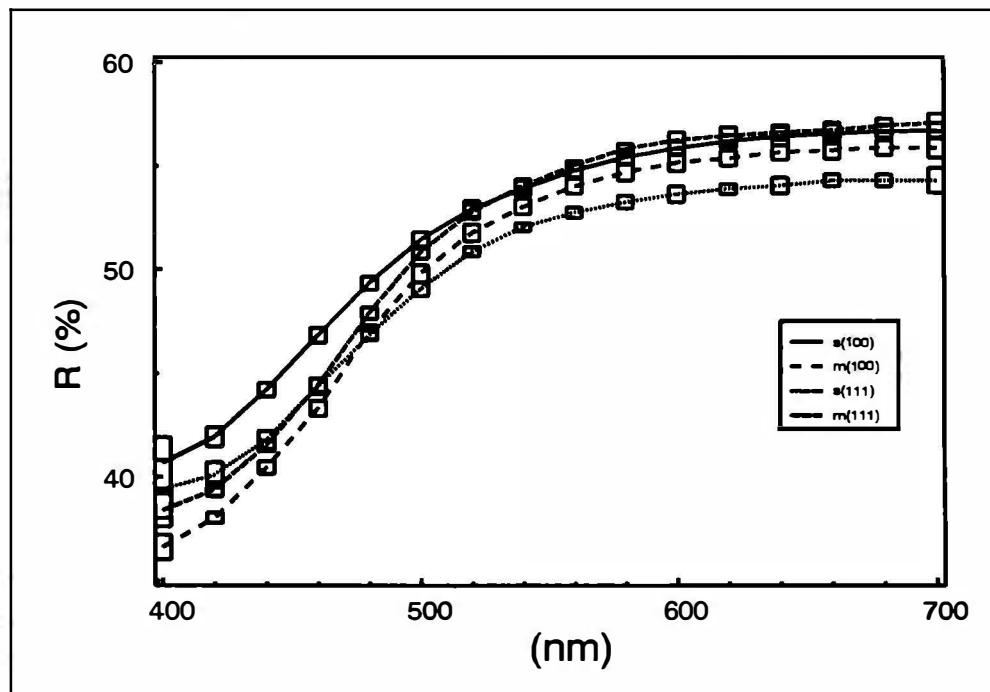


Abb. 1: Reflexionskurven von Pyrit: m bezeichnet die chemomechanisch polierten Flächen, s die standardpolierten Flächen.

Betrachtet man die Ergebnisse für die zwei Flächen (100) und (111) einzeln, stellt man fest, daß bei (100) die Abweichung zwischen Standardpolitur und chemomechanischer Politur im kurzweligen Bereich unter 460 nm über 3,5 % beträgt. Über 560 nm ist die Übereinstimmung so groß, daß beide Kurven zum Teil innerhalb der Fehlergrenzen des anderen verlaufen. Die standardpolierte Probe reflektiert über das gesamte Spektrum stärker. Demgegenüber verhält sich die (111) Fläche genau entgegengesetzt. Beide Reflexionskurven verlaufen bis 460 nm deckungsgleich und differieren erst jenseits von 560 nm mit einem relativ konstanten Reflexionsunterschied um 2.5 %. Die beiden Kurven kreuzen sich bei 460 nm, sodaß darüber hinaus die chemomechanisch polierte Probe höher reflektiert. Die Reflexionsmessung an der anomal anisotropen (100) Fläche des standardpolierten Pyrits ergab keine Bireflexion. Dieses Ergebnis war nicht zu erwarten, da

bei Cuprit, der nach der Standardpolitur ebenfalls eine deformierte Oberflächen- schicht und daher anomale Anisotropie zeigt (LIBOWITZKY, 1994b), Bireflexion nachgewiesen werden konnte (CRIDDLE & STANLEY, 1993). Cuprit besitzt eine maximale Bireflexion von fast 2 % und weist einen Wechsel des Charakters der Bireflexion auf.

Die gemessenen Reflexionsdaten zeigen, daß die Standardpoliermethode trotz der Oberflächen- deformation und der dadurch entstehenden Anisotropie bei Pyriten in Bezug auf das Reflexionsverhalten keinen Unterschied zur chemomechanischen Behandlung ergibt.

#### **Danksagung**

Die Anregung zu dieser Arbeit erhielt ich von Dr. Eugen Libowitzky, Inst. f. Min. u. Krist. Univ. Wien, der mir auch das Untersuchungsmaterial zur Verfügung stellte. Ich danke ihm herzlich für seine Betreuung, insbesondere bei der Anleitung zur Meßtechnik am Auflichtmikroskop, wie auch für die kritische Durchsicht des Textes.

#### **Literatur**

- CRIDDLE, A.J., STANLEY, C.J. (1993) The quantitative data file for ore minerals. - Departement of Mineralogy, Natural History Museum, London.
- LIBOWITZKY, E. (1994a) Anisotropic pyrite: a polishing effect. - Phys.Chem. Minerals, in press.
- LIBOWITZKY, E. (1994b) Optical anisotropy of cuprite caused by polishing. - Can. Mineral., 32, in press.
- PAULY, H. (1986) Effects of different polishing methods on the reflectance of silicon. - Tschermaks Min.Petr.Mitt., 35, 261 - 273.