

ÜBERREICHT VOM VERFASSER.

SEPARAT-ABDRUCK

AUS

TSCHERMAKS

MINERALOGISCHEN UND PETROGRAPHISCHEN

MITTEILUNGEN

HERAUSGEGEBEN

VON

F. BECKE.

C. HLAWATSCH, BESTIMMUNG DER DOPPELBRUCHUNG
FÜR VERSCHIEDENE FARBEN AN EINIGEN MINERALIEN.

II.

Tschermaks Mineralogische und petrographische Mitteilungen,
XXIII. Band, 5. Heft, 1904.

WIEN

ALFRED HÖLDER,

K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER,

I., ROTENTURMSTRASSE 13.

XXVI. Bestimmung der Doppelbrechung für verschiedene Farben an einigen Mineralien.

Von C. Hlawatsch.

(Mit 3 Textfiguren.)

II. Äkermannit-Melilith-Gehlenit.

In dieser Zeitschrift, Bd. XXI, 1902, pag. 107 u. f. hat der Verfasser versucht, den Einfluß der Dispersion auf die Interferenzfarben am Vesuvian zu erläutern und am Schlusse erwähnt, daß unter anderen zunächst der Apophyllit auf gleiche Weise untersucht werden solle. Verschiedene Hindernisse bei der Herstellung von Schliffen parallel zur Achse zwangen mich jedoch, dieses Mineral vorderhand nicht zu untersuchen, sondern die Gruppe des Melilith, die nach den Untersuchungen J. H. L. Vogts namentlich bei den Hochofenprodukten, die ihr angehören, viel Interessantes bietet. Geeignetes Material von natürlichen Vorkommen ist freilich nur spärlich vertreten. Die Leitung der mineralogisch-petrographischen Abteilung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums in Wien stellte mir (außer einer Schlacke) in liebenswürdigster Weise einen Melilith vom Vesuv und einen solchen vom Cabo di Bove zur Verfügung. Ich sage an dieser Stelle Herrn Regierungsrat Prof. Dr. Berwerth sowohl für die Überlassung des Arbeitsmateriales, als auch für die Erlaubnis, in genanntem Institute arbeiten zu dürfen, meinen aufrichtigen Dank, und ebenso allen Herren desselben, die mich bei der Untersuchung unterstützten. Ferner bin ich für die Überlassung von Untersuchungsmaterial (namentlich Hochofenschlacken) verbunden: Herrn Prof. v. Groth in München, Herrn Hofrat Prof. Höfer und Herrn Prof. v. Ehrenwerth in Leoben, besonders aber Herrn Prof. Vogt in

Christiania, der mir reichliche Mengen der von ihm untersuchten Schlacken überließ. Andererseits erfuhr ich eine wesentliche Förderung dadurch, daß Herr Geheimrat Prof. Dr. Rosenbusch mir die Originalpräparate Wülfings und Henniges zur Prüfung sandte, während Herr Prof. Dr. Wülfing mir sein Arbeitsjournal, welches sich auf jene Messungen bezog, bereitwilligst zur Verfügung stellte. Für dieses mannigfache Entgegenkommen sei allen den genannten Herren wärmstens gedankt.

Die Methode der Untersuchung war die gleiche wie beim Vesuvian, also eine Kombination von Babinetschem Kompensator mit dem Abbeschen Okularspektroskop. In letzter Zeit hat Tertsch¹⁾ betont, daß die Bestimmungen mittelst Babinet in der Regel zu hohe Werte gegenüber den direkten Bestimmungen liefern, was in der Dickenbestimmung nach der Methode des Duc des Chaulnes seinen Grund haben kann; da aber der Hauptwert hier auf die relative Änderung der Doppelbrechung mit der Wellenlänge gelegt wurde, so wurde dieser Faktor nicht in Betracht gezogen. Die Messung mittelst horizontaler Verschiebung des Präparates birgt aber dort, wo nur engbegrenzte Stellen untersucht werden dürfen, noch viel größere Fehlerquellen in sich, wie sich weiter unten bei Besprechung der Messungen an den Wülfingschen Präparaten ergibt. Andererseits war die Anwendung von Immersionsobjektiven bei der Dicke der Präparate ausgeschlossen.

Die Beleuchtung, bei der die Präparate untersucht wurden, war anfangs Sonnenlicht unter Anwendung eines Heliostaten. In den Wintermonaten jedoch wurde statt dessen eine Siemens-Effektbogenlampe (Marke gelb) verwendet, welche ein sehr schön gleichmäßig verteiltes Linien- und Bandenspektrum gibt. Näheres darüber folgt an anderer Stelle, hier sei es mir nur gestattet, der Direktion der „Wiener Elektrizitätsgesellschaft“, welche mir eine derartige Lampe frei zur Verfügung stellte, meinen besten Dank auszusprechen. Wir wenden uns nun zur Besprechung der einzelnen Präparate.

I. Humboldttilith vom Vesuv.

Der Krystall, welcher zur Untersuchung gelangte, entstammte einem Stücke des k. k. Hofmuseums mit der Akqu.-Nr. Ax 448 und

¹⁾ Miner. Mitt., Bd. XXIII, Heft I, pag. 112. — Mitt. d. naturw. Ver. a. d. Univ. Wien 1904, Heft 1.

der Fundortbezeichnung: Vesuv. Auf dem Stücke saßen zahlreiche, ca. 3 mm dicke und 5—6 mm breite graue Tafeln, mit fettigem Glanze an den Bruchflächen. Der Schliff — wie die andern hier untersuchten — von der Firma Voigt & Hochgesang hergestellt, war farblos, zwischen \perp Nicols zeigte er an der untersuchten Stelle eine gelbrote Interferenzfarbe, während ein breiter, blau erscheinender Rand für gelb fast einfachbrechend war. Der äußerste Rand war wieder stärker doppelbrechend als das Zentrum. Die Resultate der Untersuchung sind in Tabelle I zusammengestellt. Die Vorzeichen der Zahlen gelten für jene Stellung des Präparates, bei der die Hauptachse des Krystalles \perp zu dem Kompensationsstreifen verläuft. Auf die gleiche Stellung beziehen sich die Angaben über die Färbung der Interferenzstreifen. Dieselbe war bei diesem Präparate: $+\lambda^1$) rechts schmutzig-rötlichbraun, Mitte schwarz, links himmelblau; $+\lambda/2$ (bei \parallel Nicols) rechts schmutzig violett, Mitte schwarz, links schmutzig grün. Den obigen Resultaten entspricht die Kurve 1 in Figur 3, in welcher die gesamten Resultate eingetragen sind. Der graue Melilith resp. Humboldttilith vom Vesuv ist also in Übereinstimmung mit früheren Beobachtungen schwach optisch negativ, mit Zonen, welche für rote Strahlen bereits positiv sind, letztere gehören somit schon in die Klasse der Chromocyklite. Da die Dispersion der Doppelbrechung hier aber viel schwächer als beim Vesuvian ist, so sind auch die Erscheinungen der anormalen Interferenzfarben viel weniger auffallend.²⁾

II. Melilith vom Cabo di Bove.

Das Stück, auf dem die kleinen braunen Krystalle sitzen, trägt die Akquisitionsnummer AC 704. Im Schlitze erkennt man, daß die Krystalle nicht homogen sind, indem lichtgelbe Adern und Ränder von stärkerer Lichtbrechung und anderen Dispersionsverhältnissen sich von der farblosen Hauptmasse abheben. Die Resultate bezüglich letzterer sind in Tabelle II zusammengestellt; die Farben der Interferenzstreifen unterscheiden sich nicht wesentlich von denen des vorigen Präparates (Tabelle II).

¹⁾ Als $+\lambda$ gilt jener Streif, welcher vom Kompensationsstreif links liegt, wenn die Achse des Minerals \perp zu den Streifen steht.

²⁾ S. übrigens A. St e l z n e r, Über Melilith etc. N. Jahrb. f. Min. II. Beil.-Bd. 1883, pag. 377.

Tabelle I.

Melilith (Humboldttilith) vom Vesuv.

	$-\lambda$	$-\lambda/2$	C	$+\lambda/2$	$+\lambda$	$\omega - \varepsilon$ für					Mittlerer Fehler 0·0000	Mittel
						$-\lambda$	$-\lambda/2$	C	$+\lambda/2$	$+\lambda$		
B	— 568	— 108	+ 343	— 814	1260	0·00174	0·00166	0·00168	0·00173	0·00173	3	0·00171
D	— 393	— 6	388	782	1160	0·0 ₂ 193	187	192	191	193	2	0·00191
b	— 247	+ 92	422	771	1115	0·0 ₂ 216	220	212	216	218	1	0·00216
F	— 169	+ 148	462	772	1090	0·0 ₂ 233	335	235	235	233	1	0·00234
G	— 8	+ 268	536	814	1088	0·0 ₂ 279	279	277	280	279	1	0·00279

Nr. 1 in Fig. 3. Dicke des Präparates 153·1 μ . 10 Beobachtungsreihen.

Brechungsexponent ω (mittels Prismenmethode annähernd bestimmt) 1·634, also mit der Messung Henniges¹⁾ übereinstimmend.

Tabelle II.

Melilith vom Cabo di Bove.

	$-\lambda$	$-\lambda/2$	C	$+\lambda/2$	$+\lambda$	$\omega - \varepsilon$ Mittel	Mittlerer Fehler 0·000	Präparat von Wülfing			
								Licht	Wülfing $\omega - \varepsilon$	Hlawatsch berechnet	
B	— 79	+ 380	842	1317	1769	0·00439	2	Li	0·00530	0·00327	} Nr. 2, resp. 2a in 2a' in Fig. 3
D	+ 81	470	869	1260	1646	0·00454	2	Na	0·00517	0·00339	
b	+ 231	567	906	1245	1590	0·00484	1	Tl	0·00521	0·00359	
F	315	628	941	1251	1566	0·00507	2	$\lambda = 488 \mu\mu$	—	0·00417	
G	484	747	1018	1290	1564	0·00559	3	$\lambda = 443 \mu\mu$	—	0·00457	

Dicke des Präparates 143·6 μ . Interferenzfarbe blaugrün, Anzahl der Beobachtungsreihen 11.

Dicke des Wülfingschen Präparates 331 μ .

¹⁾ Rosenbusch, Mikrosk. Physiogr., III. Aufl., Bd. I, pag. 369.

Wülfing hatte ein Minimum der Doppelbrechung an diesem Melilith im Gelb gefunden¹⁾, so wie beim Gehlenit. Auf mein Ersuchen hatte Herr Prof. Wülfing die große Liebenswürdigkeit, mir sein Messungsjournal aus jener Zeit zur Verfügung zu stellen, und auf seine Initiative sandte Herr Geheimrat Rosenbusch mir auch die betreffenden Präparate. Es war nun möglich zu konstatieren, daß beim Gehlenit eine Verwechslung des Streifens $+ \lambda$ mit dem Kompensationsstreif vorliege, was ja bei der großen Dicke des Präparates nicht zu vermeiden war; beim Melilith jedoch verhinderten die auch bei diesem Präparate auftretenden gelben Ränder eine Kontrolle. Per analogiam wurde angenommen, daß auch hier auf den Interferenzstreifen $+ \lambda$ eingestellt worden sei und danach die drei ersten Ziffern der Kolumne 10, Tabelle II aus Wülfings Messungen berechnet, während die zwei letzten Ziffern auf eigenen Beobachtungen mittelst Siemensscher Effektbogenlampe und bei Annahme der von Wülfing angegebenen Dicke beruhen. Auf diese Ungenauigkeit in der Annahme der Dicke ist die schlechte Übereinstimmung der beiden Kurventeile bei Nr. 2a, Fig. 3 zurückzuführen. Deshalb wurde die Kurve aus den Wülfingschen Beobachtungen, die naturgemäß genauer sind, da sie bei homogenem Lichte gemacht sind, punktiert verlängert. Es sei jedoch ausdrücklich betont, daß eine absolute Sicherheit dafür, daß Wülfing bei diesem Präparate $+ \lambda$ und Kompensationsstreifen verwechselte, nicht existiert. Wie aus den Beobachtungen an verschiedenen Schlacken hervorgeht, gibt es tatsächlich Glieder dieser Mineralgruppe, welche einen Gipfelpunkt der Doppelbrechung im Bereiche des sichtbaren Spektrums aufweisen. Der gelbe (vermutlich sekundär umgewandelte) Rand verhinderte ein Verfolgen des Verlaufes der Interferenzstreifen an keilförmig auslaufenden Rändern, wodurch man sich allein Sicherheit verschaffen kann, doch erfordert diese Kontrolle immerhin eine große Aufmerksamkeit und es können auch hier Irrtümer leicht unterlaufen. Wie nämlich aus den Formeln der eingangs erwähnten Arbeit ersichtlich ist, muß bei keilförmigen Schlifren der Interferenzstreif, der ein Minimum in seinem Verlaufe im Spektrum aufweist, seine Farbe bei zunehmender Dicke wesentlich verändern, während der Kompensationsstreif, auch wenn er einen Gipfelpunkt zeigt, seine Färbung im allge-

¹⁾ Rosenbusch, Mikroskop. Physiogr., I. Bd., 3. Aufl., pag. 369.

meinen beibehält; nur wird dieselbe intensiver, die farbigen Streifen zu beiden Seiten breiter. Der gelbe Rand nun, der meist selbst sehr unhomogen, streifig und schlierig ist, zeigt ebenfalls negative, aber bedeutend schwächere Doppelbrechung, bei ihm zeigen aber $-\lambda$ und $-\lambda/2$ die unternormalen Farben, er besitzt also die Dispersionsverhältnisse eines Vesuvians.

III. Äkermannitschlacke von Friedenshütte.

Diese Schlacke, welche von Herrn Kommerzialrat Weinberger der mineralogisch-petrographischen Abteilung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums geschenkt worden war, besteht aus einem ziemlich lockeren Aggregate kleiner, milchig trüber, quadratischer, dicker Tafeln und längeren bräunlichen Prismen. Letztere gaben am Goniometer ziemlich genau die Winkel des Monticellit. Diese Krystalle sind nach [100] gestreckt und zeigen die Kombination (010) · (021) · (110). Als Mittel aus den Messungen an 5 Krystallen erhielt ich:

Symbol	Winkel gemessen	Goldschmidt ¹⁾ gerechnet	Goldschmidt für Fayalit	Vogt ²⁾ gemessen
b : k (010) : (021)	40° 58	40° 56	40° 49	40° 51
b : h (010) : (110)	66° 25	66° 33	65° 18	66° 24

Die Zugehörigkeit zum Monticellit erscheint also gesichert. Über die Bildung der Schlacke erhielt Herr Kommerzialrat Weinberger seitens der Leitung der „Friedenshütte“ in Oberschlesien folgende Mitteilung:

„Dieselbe entstammt der Produktion von Thomas-Roheisen mit 2% Phosphor und zirka 3% Mangan. Die Schlacke wurde in großen Blöcken von zirka 2 m Durchmesser gegossen und dann auf die Halde aufgestürzt. Da der betreffende Block zufälligerweise unter dem Schutze der darüber gestürzten Schlacke äußerst langsam erstarrte, schieden sich deutliche Krystalle aus. 10. Oktober 1900.“

Die milchig-trüben Krystalle, dicke Tafeln, Würfeln oder kurze Prismen von 1–2 mm Kantenlänge erwiesen sich als Äkermannit. Die Trübung ist wahrscheinlich eine Folge des Reichtums an schlauchartigen, den Kanten des Krystalles || geordneten Einschlüssen von Glas

¹⁾ Goldschmidt, Winkeltabellen, pag. 254.

²⁾ Silikatschmelzlösungen, pag. 90. Die nähere Literatur über Melilith siehe in den genannten Arbeiten Vogts.

mit Libellen oder Luft. Die Messungen wurden an zwei verschiedenen Präparaten angestellt, das eine (I) war von Voigt und Hochgesang hergestellt, das andere (II) von mir. Die Resultate, in Tabelle III zusammengestellt, stimmen nicht gut überein, es muß aber dahingestellt bleiben, ob hier eine tatsächliche Verschiedenheit oder eine Ungenauigkeit in der Dickenbestimmung vorliegt, sicher ist die Differenz größer als die zwischen den Resultaten aus den einzelnen Interferenzstreifen, d. h. als der Fehler der Einstellung ausmacht. Sie erstreckt sich in gleicher Weise auf alle Farben.

Tabelle III.

Bei Präparat I zeigte $+ \lambda$ die Farben: rechts lichtrötlichbraun, Mitte schwarz, links himmelblau.

Präparat II: $+ 3\lambda/2$ rechts rosa, links meergrün, nie $||$.

$+ \lambda$ rechts blauviolett, links gelbgrün, nie $+$.

Den Resultaten entspricht Nr. 3 resp. 3a der Fig. 3. An keilförmigen Rändern des Präparates 1 konnten die unternormalen Interferenzfarben: himmelblau-fuchsrot wahrgenommen werden.

Soweit sind diese Resultate mit der Annahme einer einfachen Reihe vereinbar, bei der die positiven Glieder negative, die negativen aber positive Dispersion der Doppelbrechung zeigen. Wir wollen eine solche Reihe eine „antilog“ nennen, hingegen eine solche wie beim Vesuvian, bei denen die positiven Glieder auch positive Dispersion zeigen, eine analoge. Das nächste Präparat zeigt uns aber schon den Fall, wo im Bereiche des sichtbaren Spektrums ein Gipfelpunkt, und zwar ein Minimum in der Doppelbrechung auftritt. Die zweigliedrige Cauchysche Dispersionsformel ist hier für Erscheinungen der Doppelbrechung auch nicht angenähert anwendbar.

IV. Schlacke von Saltlake-City (Germania-Smelter).

Diese Schlacke, auf der Etikette als „Bleischlacke“ bezeichnet, wurde mir von Herrn Prof. Dr. v. Groth anvertraut. Es sind 2—3 mm lange kurzprismatische Krystalle, die durch Einschlüsse von Fe_3O_4 und von Sulfiden meist schwarz gefärbt sind, doch beobachtet man an den Rändern hellgrünlichgelbe (im Schlitze farblose) Stellen, die von Einschlüssen frei sind. Diese Krystalle sind begrenzt von (110) (001), mitunter auch von (100). Das spezifische Gewicht beträgt etwas weniger als 3·2 (etwas niedriger als Jodmethylen). Es wäre also zu erwarten, daß hier eine Gehlenitschlacke vorliege. Im Kompensator

Tabelle III.

Åkermannit von Friedenshütte.

	$-\lambda$	$-\lambda/2$	C	$+\lambda/2$	$+\lambda$	$\varepsilon - \omega$ Mittel	Mittlerer Fehler 0·0000	II Präparate		$\varepsilon - \omega$	Mittlerer Fehler
								C	$+\lambda$		
B	2089	1630	1190	690	248	0·00545	4	-2434	1493	0·00594	0·00003
D	1912	1514	1127	758	339	0·00534	4	2334	1542	0·00578	0·0 ₄ 1
b	1759	1419	1082	742	387	0·00517	2	2231	1559	0·00562	0·0 ₄ 1
F	1675	1355	1043	720	409	0·00504	2	2159	1531	0·00550	0·0 ₄ 0
G	1520	1235	963	673	418	0·00473	3	2012	1462	0·00520	0·0 ₄ 1

Dicke 159·6 μ . Interferenzfarbe lichtstrohgelb.

Dicke 304 μ . Anzahl d. Beob.-Reihen 5

Anzahl der Beobachtungsreihen 12. Brechungsindex mittelst Prismenmethode per \perp Inzidenz gemessen
 $\omega = 1·630$, Nr. 3, resp. 3a in Fig. 3. [Die brechende Kante lag in der Ebene (001).]

Tabelle IV.

Fe-Åkermannit von Salt Lake City.

	$+\lambda/2$	$+C$	$-\lambda/2$	$-\lambda$	-2λ	$\omega - \varepsilon$ Mittel	Mittlerer Fehler	
B	2642	2177	1725	1246	318	0·01204	0·0 ₄ 4	Dicke des Präparates 134·6 μ . Interferenzfarbe neutrot. Anzahl der Beobachtungsreihen 12. Brechungsindex $\omega = 1·670$, $\varepsilon = 1·658$. Nr. 4 in Fig. 3.
D	2464	2084	1679	1293	510	0·01163	0·0 ₄ 2	
b	2399	2045	1711	1372	698	0·01166	0·0 ₄ 2	
F	2370	2064	1750	1435	808	0·01185	0·0 ₄ 2	
G	2370	2113	1840	1561	1023	0·01233	0·0 ₄ 4	

zeigt aber dieses Präparat eine bedeutend höhere Doppelbrechung, der Kompensationsstreif weist hier selbst die für ein Minimum im Grün charakteristischen Farben: rechts rotviolett, links lichtgrün auf. An keilförmigen Rändern konnte ich mich durch den Übergang dieses Streifens in den schwarzen Kompensationsstreifen außerhalb des Präparates davon überzeugen. Dabei zeigte derselbe keine Veränderung des Farbencharakters bei abnehmender Dicke, eine Verwechslung mit einem der nächstliegenden Interferenzstreifen konnte also nicht vorliegen. $+\frac{\lambda}{2}$ war rechts lichtbräunlichrot, links himmelblau, in der Mitte schwarz gefärbt, $-\frac{\lambda}{2}$ links zitrongelb, rechts kobaltblau, in der Mitte war ein feiner roter Streif. Tab. IV enthält die Resultate, denen Kurve 4 in Fig. 3 entspricht. Das Minimum der Doppelbrechung liegt hier also zwischen den Linien D und b.

Tabelle IV.

Die Analyse dieser Schlacke wird später besprochen werden.

V. Kupferschlacke aus Amerika.

Diese Schlacke, welche mir ebenfalls von Herrn Prof. v. Groth übergeben worden war, ist leider ohne nähere Angabe ihres Ursprungs-ortes. Auf einer schwarzen zelligen Masse sitzen kleine vier-, meist aber achteckige gelbe Tafeln. Leider ging das sehr kleine (Spalt-) Präparat durch einen Bruch des Objektträgers verloren und es war nicht mehr möglich, ein gleich gutes wieder herzustellen. Die Resultate passen nämlich keineswegs in die bisherige Reihe; wohl aber finden sich gewisse Analogien mit dem Verhalten des gelben Randes am Melilith vom Cabo di Bove, wie mit dem der Schlacke von Vordernberg (s. u.). An einem für die Messung selbst nicht verwendbaren Splitter ließ sich nämlich doch feststellen, daß die tief gelben Stellen starke analoge Dispersion der Doppelbrechung in der Nähe des O-Punktes zeigen, d. h. sie war für rote Strahlen —, für violette +; lichter gefärbte Stellen zeigten stärkere — Doppelbrechung, bei schwächerer Dispersion. Im konvergenten Lichte zeigten manche Krystalle das normale Bild optisch — Substanzen.

Die Resultate sind in Tab. V zusammengestellt.

Tabelle V.

Die Beobachtungen an den bis jetzt behandelten Präparaten wurden im Sommer 1903 im k. k. naturhistorischen Hofmuseum

(min.-petr. Abteilung) bei Sonnenlicht unter Anwendung eines Heliostaten gemacht. Die durch Addition, scil. Subtraktion der Zahlen für $+\lambda$ und $-\lambda$, resp. $+\lambda/2$ und $-\lambda/2$ gewonnenen Werte für die Instrumentskonstante wurden mit jenen aus den Beobachtungen am Vesuvian erhaltenen zu einem Mittel zusammengezogen; letzteres stellt also das Resultat aus 332 Einzelbeobachtungen vor. Diese Zahlen sind in Kol. 1, Tab. VI angeführt. Aus ihnen wurde die Instrumentskonstante λ/k neu berechnet. Im Herbst wurden die Untersuchungen beim Lichte einer Siemens-Effektbogenlampe (Marke gelb) fortgesetzt, welche mir in liebenswürdigster Weise von der Direktion der „Wiener Elektrizitätsgesellschaft“ zur Verfügung gestellt worden war. Diese Lampen eignen sich für Untersuchungen im Spektrallicht sehr gut infolge der ziemlich gleichmäßig verteilten Linien und Banden ihres Spektrums. Bremerlampen sind wegen des Fehlens markanter Linien im Blau nicht gut zu verwenden, während sich die Effektbogenlampen von Siemens gerade durch eine Anzahl scharfer, heller Linien in diesem Bereiche auszeichnen. Behufs obiger Untersuchungen wurden folgende Linien ausgewählt:

1. Eine Linie im Rot, welche gerade noch in dem benutzten Okularspektroskop sichtbar war, im folgenden als R_1 bezeichnet. (Dieselbe gelangte erst im Verlaufe der Untersuchungen zur Verwendung, daher die Zahl für die zugehörige Instrumentskonstante ein Mittel aus weniger Einzelbeobachtungen darstellt.)

2. Eine Linie im Hellrot, knapp oberhalb eines breiten Bandes. Sie ist als R_2 bezeichnet.

3. Ein schmales gelbes Band, dicht unter der Natriumlinie, welche letztere zu lichtschwach erschien, um mit Vorteil verwendet werden zu können. Statt dessen wurden separate Beobachtungen bei Natriumlicht angestellt, die gleichzeitig als eine Art Kontrolle gelten können. Diese Linie ist als Ge bezeichnet.

4. Eine Linie im Grün unterhalb eines breiten grünen Bandes (= Gr).

5. Die letztere stärkere Linie im Blau = Bl .

6. Die Mitte einer Doppellinie im Violett = V .

Die Wellenlängen, welche diesen Linien entsprechen, wurden nach Angabe Beckes¹⁾ aus den Beobachtungen am Kompensator

¹⁾ Miner.-petrogr. Mitt., XXII, pag. 378.

Kupferschlacke.

Tabelle V.

	$-\lambda$	$-\lambda/2$	C	$+\lambda/2$	$+\lambda$	$\omega - \varepsilon$	Mittlerer Fehler 0·0 ₃	Bloß aus diesem Streif berechnet.
B	864	433	- 57	- 518	- 964	+ 0·00050	10	Anzahl der Beobachtungen 10. Dicke 88·3 μ . Nr. 5 in Fig. 3.
D	769	384	+ 1	- 390	767	- 0·00013	12	
b	722	390	+ 58	- 284	627	- 0·00047	04	
F	722	421	+ 108	- 212	532	- 0·00089	05	
G	826	545	+ 258	- 49	347	- 0·00244	24	

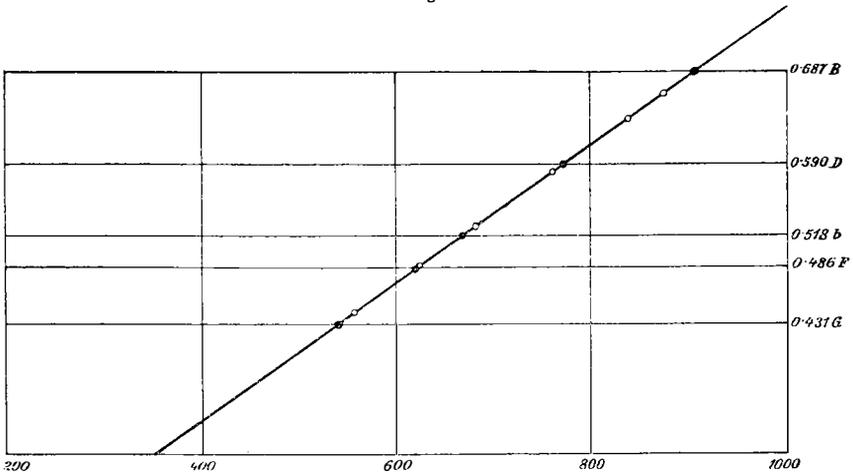
Konstanten.

Tabelle VI. I II III IV V VI VII VIII

	Konstanten bei Sonnenl.			λ	Anzahl d. Beobach- tungen	-2λ	-6λ	
B	922	R ₁	892 ¹ / ₂	0·667	98	- 1808	+ 1783	3592
D	782	R ₂	855	641	131	1881	1548	3591
b	677 ¹ / ₂	Ge	772	584	131	2041	1033	3585
F	628	Gr	689 ¹ / ₂	527	131	2211	544	3591
G	547 ¹ / ₂	Bl	631 ¹ / ₂	488	131	2333	200	3597
		V	565 ¹ / ₂	443	131	2461	191 ¹ / ₂	3591
		Na					2034	1083
							Mittel	3591

selbst bestimmt, nur mit der Modifikation, daß statt der Zahlen von Macé de Lépinay und des Quotienten $\frac{\varepsilon - \omega}{\lambda}$ die obigen Mittelzahlen aus den bisherigen Beobachtungen verwendet wurden. Dadurch kommt die Verschiedenheit des Materiales, die eine nicht unbeträchtliche Rolle spielen könnte, außer Betracht. Die Zahlen der Kol. 1 wurden auf einem Millimeter Papier als Abszisse, die Wellenlänge als Ordinate in ziemlich großem Maßstabe aufgetragen. (1 mm = 2 Einheiten der Konstante resp. 0·002 μ .) Die so erhaltenen Punkte liegen fast genau auf einer Geraden, welche in Fig. 1 in verkleinertem Maßstabe wieder-

Fig. 1.



gegeben ist; die vollen Punkte stellen die Orte für die Ausgangswerte, die leeren jene für die Linien der Siemensbogenlampe dar. Man sieht, daß für obige Zwecke die Annahme einer Geraden genügt. Die Gleichung für dieselbe würde lauten: $y = 0.6836x + 56.7$. Die einfache Ablesung an der Zeichnung erfüllt aber denselben Zweck mit genügender Genauigkeit. Gleichwohl wurde die Berechnung aus obiger Gleichung der Vollständigkeit halber auch durchgeführt und die in Kol. IV, Tab. VI angeführten Zahlen erhalten. Zur Berechnung dienten dabei die analog wie die früheren Ziffern aus den Beobachtungen selbst gewonnenen Mittelzahlen in Kol. III. In dieses Mittel sind die Werte, die an einer dickeren Hilfsplatte aus Quarz (s. u.) erhalten wurden, mit doppeltem Gewichte eingeführt, da sie aus

weiter auseinanderliegenden Interferenzstreifen erhalten wurden. Wie sich aus den Beobachtungen an den Präparaten ergibt (s. die folgenden Tabellen), ist der Fehler derselben größer, als die Differenz zwischen den Werten für Ge und denen für Na-Licht; der Unterschied in der Wellenlänge für diese beiden Linien konnte aber mittelst der im Okularspektroskope angebrachten Wellenlängenskala direkt bestätigt werden.

In Tabelle VI sind ferner noch die Zahlen für die Verschiebung des Kompensationsstreifens durch eine Quarzplatte angegeben, die zur Kompensation größerer Gangunterschiede, als das benützte Instrument gestattete, von der Firma Voigt & Hochgesang aus gleichem Material wie die Quarze des Kompensators angefertigt worden war. Da letzterer so an das Mikroskop angepaßt ist, daß die beiden Nicols um 45° gedreht werden müssen, so mußte auch die Längsrichtung dieser Quarzplatte mit der Hauptachse des Quarzes 45° bilden, wenn sie in den Schlitz oberhalb des Objektivs eingeschaltet werden sollte. Da diese Orientierung sehr genau eingehalten war, so konnte die Platte durch einfache Umwendung um ihre Längsachse bei beiden Stellungen des Präparates verwendet werden; und auf gleiche Weise wurden auch die Konstanten der Platte selbst bestimmt. Natürlich muß man durch einen leichten Druck auf dieselbe dafür sorgen, daß sie genau senkrecht zur Mikroskopachse steht. Da auch der Gangunterschied der Platte mittelst des Kompensators nicht vollständig erreicht werden konnte, so mußte auf zwei Interferenzstreifen, die um 4λ differierten, eingestellt werden; diese Zahlen sind in Kol. VI u. VII enthalten. Durch Addition der Konstante für 2λ erhält man die Zahlen der Kol. VIII, welche innerhalb der Fehlergrenzen denselben Wert ergeben, da ja das Material der Platte mit dem des Kompensators ident war. Zur Bestimmung dieser Hilfskonstante wurden 20 Beobachtungsreihen gemacht, die, wie oben erwähnt, in die Bestimmung der Konstanten für die neuen Linien mit doppeltem Gewicht eingeführt werden konnten.

Das Mineral, das zunächst auf diese Weise untersucht wurde, war der

VI. Gehlenit von Monzoni.

Der untersuchte Krystall entstammte einer Stufe, die ich gelegentlich eines Besuches der bekannten Fundstelle oberhalb des Le Selle-Sees mit Herrn Prof. Osann von dort mitnahm. Der Krystall

ließ sich leicht aus dem blauen spätigen Kalkspat herauslösen. Jene Krystalle, die mit Salzsäure aus dem umgebenden Kalkspat herausgeätzt sind, was bei der Mehrzahl der käuflichen Stücke gilt, sind für diesen Zweck viel zu brüchig. Der Schliiff, an dem die untenstehenden Resultate (Tab. VII, Kurve 6 in Fig. 3) erzielt wurden, war sehr schwach pleochroitisch, u. zw. ω lichtbräunlichweiß, ε fast farblos. Der Interferenzstreif $+\lambda$ des Kompensators zeigte die Farben rechts lichtgelbbraun, links himmelblau, $+\lambda/2$ rechts blaßviolett, links schmutzigbläulichgrün. Der Brechungsexponent wurde an einem mir von Herrn Geh. Rat Prof. Rosenbusch gesandten Prisma Wülfings annähernd zu 1.655 bestimmt, was für die Dickenbestimmung genügt (Tab. VII).

Auch für Gehlenit fand Wülfing¹⁾ ein Minimum im Gelb. Hier war es möglich, am Originalpräparate Wülfings auf die oben angegebene Art die Verwechslung des Kompensationsstreifens mit dem $+\lambda$ Streifen nachzuweisen. Auch hier war dieser Irrtum wegen der großen Dicke des Präparates fast unvermeidlich gewesen. Wülfings Zahlen sind in Kol. VIII, Tab. VII angeführt, durch Umrechnung wurden die Zahlen 1—3 in Kol. IX erhalten, während 4—5 aus Neubeobachtungen unter Annahme der von Wülfing gemessenen Dicke berechnet sind; daraus erklärt sich die schlechte Übereinstimmung, weshalb auch bei Kurve 6a, Fig. 3 die Kurve aus den Zahlen Wülfings punktiert verlängert wurde. Die Differenz zwischen den Resultaten Wülfings und den meinigen an Krystallen verschiedener Stufen, wenn auch vom selben Fundorte, braucht bei einem Minerale von so wechselnder Zusammensetzung nicht wunderzunehmen.

Herr Prof. J. H. L. Vogt in Christiania hatte die Güte, mir Material von jenen Schlacken zu senden, die er untersucht hatte²⁾, und zwar von den Åkermannitschlacken von Nykroppa, Sandviken, Bångbro und Bredsjö, ferner Schcliffe von den Schmelzen Nr. 27 und XXXIX. Von diesen war für obige Untersuchungen leider nur die Schlacke von Bredsjö zu verwenden, da die Krystalle aller anderen einerseits zu dünne Tafeln waren, andererseits durch winzige Einschlüsse so getrübt waren, daß es fast unmöglich war, die Dicke auch nur halbwegs genau zu bestimmen. Alle aber waren ausgesprochen optisch positiv.

¹⁾ Rosenbusch, Mikroskop. Physiogr., J. Bd. (3. Aufl.), pag. 365.

²⁾ Silikatschmelzlösungen, I, pag. 49 ff.

Tabelle VII.

Gehlenit vom Le Selle-Sec.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
	$-\lambda$	$-\lambda/2$	C	$+\lambda/2$	$+\lambda$	$\omega - \varepsilon$ Mittel	Mittl. Fehler		$\omega - \varepsilon$ Wülfing	$\omega - \varepsilon$ Wülfing umgerechnet
R ₂	+20	70	878	1328	1734	0·00428	0·0 ₄ 5	Li	0·00635	0·00482
Na	134	—	919	—	1693	0·00445	0·0 ₄ 2	Na	0·00618	0·00496
Ge	132	523	907	1297	1671	0·00442	0·0 ₄ 2	Tl	0·00621	0·00523
Gr	241	588	931	1281	1628	0·00460	0·0 ₄ 1	—	—	—
Bl	331	647	965	1280	1600	0·00479	0·0 ₄ 2	Bl	—	(0·00501)
Viol	445	734	1019	1292	1563	0·00509	0·0 ₄ 3	V	—	(0·00544)

Dicke des Präparates 155·1 μ .

Interferenzfarbe grün II. Ordnung.

Anzahl der Beobachtungsreihen 10.

Dicke des Wülfingschen Präparates 230 μ .

Brechungsexponent eines Prismas Wülfings:

 $\omega = 1·655$. $\varepsilon = 1·651$.

Tabelle VIII.

Åkermannit von Bredsjö.

	$-\lambda$	$-C_2$	$+\lambda$	$\varepsilon - \omega$	Mittlerer Fehler	für $+\lambda = c$ $\varepsilon - \omega$	
R ₂	2560	1710	849	0·00505	0·0 ₄ 1	0·00251	Interferenzfarbe blaugrün.
Na	2434	1656	874	0·00491	0·0 ₄ 1	0·00260	Dicke des Präparates 253·5 μ .
Ge	2440	1669	891	0·00498	0·0 ₄ 1	0·00266	Anzahl der Beobachtungsreihen 16.
Gr	2313	1619	934	0·00489	0·0 ₄ 1	0·00281	
Bl	2204	1569	935	0·00479	0·0 ₄ 1	0·00285	
Viol	2063	1492	915	0·00463	0·0 ₄ 2	0·00283	

S. Fig. 3, Kurve 7.

In Tab. VIII sind die Resultate für die Krystalle von Bredsjö enthalten. In Kol. VI ist aus den Zahlen für $+ \lambda$ die Doppelbrechung unter der Annahme berechnet, daß dieser Streif der Kompensationsstreif sei. An dem Präparate fand sich nämlich keine geeignete Stelle, um den Verlauf der Streifen an keilförmigen Rändern zu verfolgen; aus den späteren Beobachtungen ergibt sich aber, daß Glieder mit einem Maximum der (+) Doppelbrechung im Blau möglich sind. Die Krystalle, makroskopisch beobachtet, sind braun, im Schliff hingegen farblos; es sind kleine Tafeln von ca. 1 mm Kantenlänge und etwa $\frac{1}{2}$ mm Dicke. Das verwendete Präparat zeigte ausgezeichnete Sanduhrstruktur mit isomorpher Schichtung, die Unterschiede waren aber nicht sehr groß; den von Vogt beobachteten fast einfachbrechenden und den äußersten negativen Rand konnte ich nicht bemerken. Gründe für diese Verschiedenheit der Beobachtungen sind genügend vorhanden:

1. beobachtete Vogt Schriffe aus der Masse der Schlacke, während der hier untersuchte Krystall frei in einer Höhlung derselben saß, der letzten Krystallisationsphase also vielleicht entzogen war;

2. betont Vogt, daß diese Ränder äußerst schmal waren; sie konnten mithin bei einem dickeren Einzelpräparat entweder weggeschliffen worden sein oder sie kamen gegenüber der Hauptmasse nicht zur Geltung.

Wegen der isomorphen Schichtung ist auch die Genauigkeit der Messung keine große, wie dies schon die Inkonsequenz im gelben Teile des Spektrums andeutet; die Genauigkeit der Rechnung aus den Ziffern für $+ \lambda$, $C - \lambda$ ist nur scheinbar. Es konnte nämlich nur eine ganz winzige Stelle für die Beobachtung verwendet werden, doch war auch diese nicht groß genug, um eine Störung der Müllerschen Linien nicht zuzulassen. Der als $+ \lambda$ angesehene Streif zeigte die Farben: rechts schmutzig blaßrosa, links meergrün, Mitte schwarz.

Von den anderen Krystallen konnten, wie erwähnt, keine Spektralbeobachtungen gemacht werden, was um so bedauerlicher ist, als gerade unter diesen die am genauesten analysierte, die von Nykroppa, sich befindet. Im folgenden sind Zahlen, die bei Na-Licht gewonnen wurden, angeführt:

Nykroppa	. 0·0058	} (an einem Spaltblättchen beobachtet)
Sandviken	0·0059	
Bångbro	0·0061	
durchschnittlich also	0·006	

An Dünnschliffen aus Åkermann-Schmelzen

Nr. XXXIX 0·007

Nr. 27 0·015 (Dispersion sehr schwach).

Letztere Beobachtungen sind an den sehr dünnen Schliffen Herrn Prof. Vogts gemacht, die er mir in liebenswürdigster Weise zur Untersuchung gesandt hatte. Die geringe Dicke, sowie die starke Streifung der Schnitte || der Achse verringert die Genauigkeit stark, sie ist höchstens 0·001, bei Nr. 27 wohl noch geringer, jedenfalls ist aber bei diesem Präparat die + Doppelbrechung sehr hoch.

Von einigem Interesse mag eine Erscheinung sein, welche eines der Blättchen von Sandviken zeigt. Dasselbe war reich an dendritischen Einschlüssen, die, einzeln beobachtet, im Schliffe farblos waren, dem Krystalle makroskopisch aber eine grüne Farbe verliehen. Bei gekreuzten Nicols erwiesen sich dieselben als doppelbrechend, und zwar im konvergenten Lichte, als optisch Zachsigt, || der Mittelrippe der Dendriten lag β , die Seitenäste bildeten mit der Mittelrippe ca. 53° .

An manchen Stellen fanden sich vereinzelt, aber größere dieser Krystalle, mit etwas anderer Anordnung der Einzelindividuen. Die Seitenäste bildeten hier ca. 25° mit der Kantennormale des Wirtes; ihre Enden wiesen mitunter stumpfe Winkel von ca. 95° auf. Da diese Einschlüsse ebenfalls optisch + waren, so erweckten sie bei schwächerer Vergrößerung den Anschein, als ob der Åkermannkrystall hier abnormale Doppelbrechung zeige, u. zw. umso stärker, je trüber die Stelle sei. Oben angeführte Verhältnisse klären dies aber auf. Die Einschlüsse sind vermutlich Pyroxene.

VII. Eisenhochofenschlacke von Schwechat 1888.

Diese Schlacke wurde mir von Herrn Prof. Josef von Ehrenwerth in Leoben aus der dortigen Sammlung übergeben; es waren ziemlich große, kurzprismatische, gelbgrüne Krystalle von einer Länge bis zu 1 cm und einer Dicke von einigen Millimetern. Die meisten waren durch Einschlüsse oder durch nachherige Umwandlung (in

Pyroxen?) opak und makroskopisch von hellgrüner Farbe. Hier und da ließ sich aber doch eine durchsichtige, farblose Stelle finden, so daß sogar der Brechungsexponent mittelst Prismenmethode angenähert gemessen werden konnte. Die Resultate sind in Tab. IX enthalten. Interferenzfarbe des Präparates: reinweiß; + λ rechts bräunlichrot, links himmelblau; + $\lambda/2$ rechts blaßviolett, links graugrün.

VIII. Schlacke von Hochofen III in Vordernberg 1886.

Diese Schlacke stammt ebenfalls aus dem Institute von Herrn Prof. von Ehrenwerth. In Höhlungen einer gelblichweißen krystalinischen Masse, die stellenweise Holzkohlenreste einschließt, befinden sich kleine 4—Seckige Kryställchen derselben Farbe. Die derbe Schlacke zeigt im Schliff neben den schwach optisch positiven Schnitten des Melilithminerales stark doppelbrechende Körner oder Krystalschnitte von den gewöhnlichen Formen des Olivins, die vermutlich Monticellit sind. Dieser Umstand verhinderte, daß eine Analyse der Schlacke gemacht werden konnte, da eine Trennung nur sehr mangelhaft durchführbar gewesen wäre. Gerade diese Schlacke bot aber so merkwürdige Erscheinungen, daß die Unkenntnis ihrer chemischen Zusammensetzung sehr zu bedauern ist. Es liegt hier nämlich ein Glied vor, das, wie die amerikanische Kupferschlacke, ganz aus der normalen Reihe herausfällt, ohne mit jener direkt vergleichbar zu sein.

Anfangs schien es, als ob ein relativ stark optisch positives Glied mit negativer Dispersion der Doppelbrechung vorliege, das sich gut in die Reihe einfügte, und so wurde auch die Rechnung anfangs geführt. (Tab. X, Kol. 6.) Bei einer nochmaligen genauen Durchmusterung des Schliffes stellte es sich aber heraus, daß die ursprüngliche Identifizierung der Streifen irrtümlich war, indem an jener Stelle ein anders orientiertes Bruchstück angelagert war. An einer kleinen Stelle des Randes konnte endlich der direkte Übergang des Kompensationsstreifens aus dem freien Gesichtsfelde in den rechts bräunlichrosa, links schmutzig-lichtblau gefärbten Streifen innerhalb des Präparates verfolgt werden, der also die einen Gipfelpunkt im Blau oder Violett charakterisierenden Farben aufwies. + $\lambda/2$ war hellrötlichbraun, links himmelblau, — $\lambda/2$ links schmutzig-grüngelb,

Tabelle IX.

Eisenhochofenschlacke von Schwechat.

	-2λ	$-\lambda$	C.	$+\lambda$	$+2\lambda$	$\varepsilon - \omega$ Mittel	Mittlere Fehler	
R ₁	— 2180	— 1285	— 394	+ 501	+ 1388	0·00262	0·0 ₄ 1	Dicke des Präparates 112·3 μ . Brechungsindex $\omega = 1·64$. Anzahl der Beobachtungsreihen 10 (für Na-Licht 5). Interferenzfarbe an d. verwend. Stelle weiß. Fig. 3, Kurve 8.
R ₂	2088	1233	383	471	1324	0·00253	0·0 ₄ 2	
Na	—	1140	359	421	—	0·00241	0·0 ₄ 1	
Ge	1904	1131	353	418	1189	0·00240	0·0 ₄ 1	
Gr	1703	1015	324 ^{1/2}	366	1050	0·00216	0·0 ₄ 1	
Bl	1555	922	293	331	959	0·00203	0·0 ₄ 4	
Viol	1372	816	250	313	874	0·00175	0·0 ₄ 2	

Tabelle X.

Schlacke vom Hochofen Nr. III, Vordernberg 1886.

	-2λ	$-\lambda$	C	$\varepsilon = \omega$ Mittel	Mittlere Fehler	$\varepsilon - \omega$ für C = $+\lambda$	
R ₁	2475	1583	677	0·00270	0·0 ₄ 2	0·00622	Dicke des Präparates 189·8 μ . Interferenzfarbe rot (I. Ordnung). Anzahl der Beobachtungsreihen 12 (für R ₁ 10). Fig. 3, Kurve 9, scil. 9a.
R ₂	2411	1552	704	0·00277	0·0 ₄ 2	0·00615	
Na	2301	1523	740	0·00293	0·0 ₄ 1	0·00605	
Ge	2297	1511	740	0·00293	0·0 ₄ 2	0·00603	
Gr	2156	1462	774	0·00311	0·0 ₄ 1	0·00589	
Bl	2043	1413	791	0·00319	0·0 ₄ 2	0·00576	
Viol	1900	1340	776	0·00319	0·0 ₄ 1	0·00553	

rechts dunkelgraublau gefärbt. Es liegt nun der Einwand sehr nahe, daß diese letztere Identifizierung eine irrige ist, was ja nicht unmöglich wäre, denn es ist keineswegs leicht, bei unregelmäßig-keilförmigen Rändern, wie es die Präparate meist bieten, mit Sicherheit die einzelnen Interferenzstreifen zu verfolgen, da durch eine plötzliche Änderung der Dicke leicht zwei ganz verschiedene Streifen aneinanderstoßen können. Es wurde darum ein Schliff durch die derbe Masse der Schlacke untersucht und darin an einem ziemlich genau senkrecht zur optischen Achse getroffenem Individuum die Doppelbrechung bestimmt. Da dieser Schliff bedeutend dünner war (ca. 40 μ), so war die Dispersion des Kompensationsstreifens eine schwächere und eine Verwechslung nicht leicht möglich. Die Messung ergab auch hier $\varepsilon - \omega = 0.0036$, es war also wahrscheinlich, daß die Doppelbrechung für den aufgewachsenen Krystall nicht 0.006 sei, wenn auch die Doppelbrechung mit dem des aufsitzenden Krystalles nicht notwendig übereinstimmen muß. Tatsächlich wiesen die eingewachsenen Krystalle der Schlacke eine negative Dispersion der (+) Doppelbrechung auf¹⁾ und eine analoge Färbung des Kompensationsstreifens zeigte auch der Rand des Präparates aus dem aufgewachsenen Krystall. Es blieb also nichts übrig, als die Existenz eines solchen abnormalen Gliedes anzunehmen. Man sieht daraus, wie leicht man sich bei diesen Bestimmungen der Doppelbrechung mit Hilfe des Babinetschen Kompensators irren kann, und andererseits, daß die Angabe Wülfings, daß der Melilith vom Cabo di Bove ein Minimum der Doppelbrechung im Gelb besitze, durchaus noch nicht sicher widerlegt ist, wengleich die Wahrscheinlichkeit nicht dafür spricht. Bei der Besprechung der chemischen Zusammensetzung wird auf diese Frage noch einmal kurz zurückgekommen werden. Die in Tab. X angeführten Resultate sind in Fig. 3 als Nr. 9, resp. Nr. 9a eingetragen. Nr. 9a repräsentiert die Resultate, welche der ursprünglichen Annahme entsprechen.

IX. Schlacke von Deutsch-Feistritz.

Das letzte mittelst Spektroskop untersuchte Präparat gehörte wieder einer Bleischlacke an und entstammte dem Bleihochofen von

¹⁾ Vielleicht auch ein Maximum im Gelb oder Rot, was sich bei der geringen Präparatdicke nicht unterscheiden ließ.

Deutsch-Feistritz bei Peggau in Steiermark. Sie war mir in liebenswürdigster Weise von Herrn Hofrat Prof. Höfer in Leoben zur Untersuchung überlassen worden. In den Höhlungen einer schwarzbraunen, im Bruche fettglänzenden Masse saßen teils achteckige Tafeln von 1—3 mm Durchmesser und 0·1—0·5 mm Dicke, teils kurze, dicke Prismen oder Würfel bis zu dünnen quadratischen Nadeln. Viele dieser Krystalle waren von einer sulfidischen Haut überzogen oder waren reich an schwarzen, meist magnetischen Einschlüssen ($\text{FeS?Fe}_3\text{O}_4$). Die dünnen Nadeln waren von diesen Verunreinigungen ziemlich frei und zeigten, sowie die Ränder der Prismen und einige Stellen der Tafeln schwach grünlichgelbe Färbung; im Schliﬀ waren sie farblos. Alle diese Krystalle zeigen dieselben optischen Verhältnisse wie diejenigen von Saltlake-City, d. h. sie waren ziemlich stark negativ doppelbrechend mit einem Minimum der Doppelbrechung im Gelb oder Gelbgrün. Zur Kontrolle wurde aus einer der dünnen Nadeln ein flacher Keil geschliﬀen, dessen scharfe Kante \perp auf die Hauptachse stand und dessen eine Fläche eine natürliche Prismenfläche war. Er umfaßte die Interferenzfarben von der 2.—7. Ordnung und ließ deutlich die pag. 419 besprochenen Verhältnisse erkennen. Der Kompensationsstreif wies im ganzen Verlaufe des Keils die Farben rechts saftgrün, links violett auf, nur die Breite und die Intensität der Farben variierte. Während aber $+\lambda$ am dünnen Ende des Keiles sich von den normalen Streifen nur durch etwas bräunlicheren Ton des Gelb unterschied, zeigte es am dicken Ende desselben links ziegelrot, rechts lichtblau mit grünlichem Stich, $-\lambda$ war an diesem Ende rechts hellzitrongelb, links tiefblau gefärbt.¹⁾ Die Lage der Streifen $+\lambda$, $+\lambda/2$, C, $-\lambda/2$ $-\lambda$ im Beugungsspektrum ist angenähert in Fig. 2, S. 439 wiedergegeben, indem die Zahlen der Kol. 1—5, Tab. XI in geeignetem Maßstabe als Abszissen, die Wellenlängen als Ordinaten aufgetragen wurden. Die entsprechenden Farben bei $+$ Nicols sind oberhalb, jene bei \parallel Nicols unterhalb angegeben. Wie aus Kurve Nr. 10 in Fig. 3 hervorgeht, unterscheidet sich diese Schlacke nur durch das etwas gegen das rote Ende geschobene Minimum und die stärkere Doppelbrechung von jener von Salt Lake

¹⁾ Dabei ist zu berücksichtigen, daß der Keil, um diese Verhältnisse deutlich zu zeigen, mit der Hauptachse \parallel dem Kompensationsstreif gestellt werden mußte, also die verkehrte Farbenfolge zeigt, als wie der Schliﬀ.

City. Auch die chemische Untersuchung führte auf eine ganz ähnliche Zusammensetzung (s. u.). Die Größe und Reinheit einiger der Krystalle ermöglichten eine etwas genauere Bestimmung des Brechungs-exponenten an einem von Voigt & Hochgesang geschliffenen Prisma mit einem brechenden Winkel von $48^{\circ} 53'$, dessen eine Fläche einer natürlichen Fläche \parallel war (nämlich derselben, \parallel welcher der Schliff geschnitten worden war). Die Messung ergab $\omega = 1.6703$, $\varepsilon = 1.6580$. Die Doppelbrechung $\omega - \varepsilon = 0.0123$ stimmt also nicht mit jener, welche die Messungen mittelst Kompensators ergeben hatten, und zwar ist die Differenz bedeutend größer, als daß sie auf normale Beobachtungsfehler geschoben werden könnte. Da das Prisma vom selben Krystall stammte, wie der (im konvergenten Lichte auf seine richtige Orientierung geprüfte) Schliff, so blieb nur die Möglichkeit über, daß der Krystall nicht homogen sei, wofür der Schliff selbst eine schwache Andeutung gab. An einer Ecke zeigte sich nämlich eine geringe Änderung der sonst über das ganze Feld ziemlich gleichförmig verbreiteten lichtgrünen Interferenzfarbe, ohne daß die Dicke des Präparates wesentlich von der der gemessenen Stelle differierte. Um sicher zu gehen, ließ ich noch einen Schliff \parallel der zweiten Fläche des Prismas, die den Krystall diagonal durchsetzte, anfertigen. Tatsächlich war auch ein zonaler Aufbau angedeutet, wenngleich die Grenzen der einzelnen Schichten nicht scharf waren. (Dabei spielt allerdings der große Gangunterschied eine Rolle.) An einer Stelle nahe dem Rande wurde bei einer Dicke von 160μ eine Verschiebung des Kompensationsstreifs um 3000 beobachtet, an einer anderen, mit lichtrosa Interferenzfarbe, bei 162μ eine solche von 2762 ¹⁾ Einheiten der Kompensatorverschiebung. Die beiden Interferenzfarben gingen so allmählich ineinander über, daß man an einen keilförmigen Verlauf des Schliffes hätte denken können. Obige Zahlen ²⁾ geben die Werte $\omega - \varepsilon = 0.0141$, resp. 0.0128 , die Differenz ist also größer als jene zwischen der direkten Messung der Doppelbrechung und jener mittelst des Kompensators. Daß wirklich isomorphe Schichtung vorliegt, beweist ferner ein bei +Nicols grün gefärbter, sehr schmaler

¹⁾ Diese Verschiebung soll im Folgenden mit l , die Dicke mit d bezeichnet werden.

²⁾ Die Beobachtung geschah bei gewöhnlichem Lichte, wobei auf den schwarzen Teil des gefärbten Kompensationsstreifs eingestellt wurde, was ziemlich genau dem Bereiche der gelben Strahlen entsprechen dürfte.

Streif innerhalb der rosa Stelle, welcher noch geringeren Gangunterschied aufweist. Alle diese Messungen mußten bei Einschlebung der pag. 427 beschriebenen Quarzplatte vorgenommen werden, da der ganze Gangunterschied mit Hilfe des Kompensators nicht ausgeglichen werden konnte. Die Zahlen für C sind, da der Gangunterschied der Quarzplatte größer als der des Präparates war, von der Konstante derselben abzuziehen, ebenso jene Zahlen, welche mit (—) bezeichnet sind. In Tab. XI sind in Kol. 1—5 die direkten Ablesungen, in Kol. 6—10 die reduzierten angeführt.

Tabelle XI.

Bleihochofenschlacke von Deutsch-Feistritz.

	Abgelesene Zahlen						
	$-\lambda$	$-\lambda/2$	C	$+\lambda/2$	$+\lambda$		
R ₁	— 1132	— 695	— 258	+ 181	+ 628		
R ₂	1150	720	290	+ 133	560		
Na	1112	722	333	+ 57	446		
Ge	1112	730	352	+ 51	440		
Gr	1040	692	350	— 1	349		
Bl	963	643	323	— 12	309		
Viol	832	555	267	+ 15	299		

	Wirkliche Verschiebung.						Mittlerer Fehler
	$-\lambda$	$-\lambda/2$	C	$+\lambda/2$	$+\lambda$	$\omega - \varepsilon$ Mittel	
R ₁	+ 2459	2896	3333	3772	4219	0·001352	0·0 ₄
R ₂	2441	2871	3301	3724	4151	0·001340	0·0 ₄
Na	2479	2869	3258	3648	4037	0·001331	0·0 ₄
Ge	2479	2861	3239	3642	4031	0·001330	0·0 ₄
Gr	2551	2899	3241	3590	3940	0·001341	0·0 ₄
B	2628	2948	3268	3579	3900	0·001364	0·0 ₄
Viol	2759	3036	3324	3606	3890	0·001411	0·0 ₄

Interferenzfarbe grün, IV. Ordnung. Dicke des Präparates 184·7 μ .
Anzahl der Beobachtungsreihen 12. Konstante der Quarzplatte 3591.
Für Na-Licht 5. (S. Fig. 3, Nr. 10.)

Zum Schlusse seien noch einige Messungen angeführt, die bei Na-Licht an einigen Präparaten gemacht wurden, bei welchen die Messung mittelst Spektroskop nicht ausführbar war. So vor allem ein Schliff von einem seckigen, tafligen Krystall derselben Schlacke. Derselbe gab bei $d = 168.7 \mu$, $l = 2983$ (ebenfalls mit Hilfe der Quarzplatte kompensiert) $\omega - \varepsilon = 0.0133$, auffallenderweise gleich der der säulenförmigen Krystalle.

Ferner ein Schliff eines nadelförmigen Krystalles einer Schlacke derselben Hütte, welche mir von Herrn Prof. v. Ehrenwerth übergeben worden war, die aber durch Einschlüsse stark verunreinigt ist. $l = 2735$, $d = 160.3 \mu$, $\omega - \varepsilon = 0.01287$. Wie man sieht, wechselt die Doppelbrechung bei diesen Bleischlacken dem absoluten Betrage nach nicht wenig, im Verhältnisse zu ihrer Stärke aber sind die Schwankungen bedeutend geringer als bei Eisenschlacken.

Endlich wurde noch ein Schliff durch einen Krystall von einer Schlacke unbekannter Provenienz aus dem Institute von Herrn Prof. v. Ehrenwerth untersucht. Derselbe zeigte ausgezeichnete Kastenstruktur und unternormale Interferenzfarben (weiß, an einigen Stellen fuchsrot). $l = 621$, $d = 110.8 \mu$, $\varepsilon - \omega = 0.0042$.

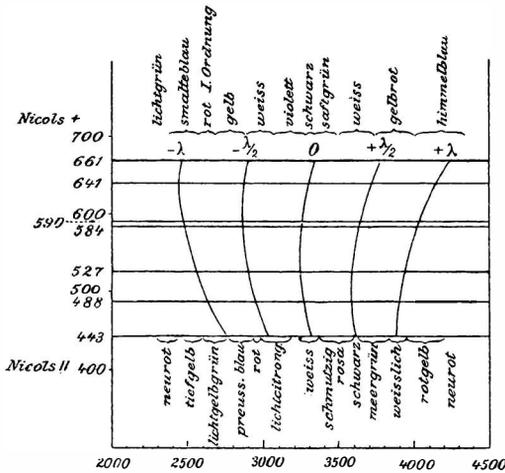
Damit seien die Beobachtungen an dem zur Verfügung stehenden Materiale beendet. Sie zeigen Verhältnisse, welche im allgemeinen selten sein dürften und die gegenüber jenen am Vesuvian bedeutend komplizierter sind. Wir haben es hier mit ausgesprochenen Gipfelpunkten im Bereiche des sichtbaren Spektrums in der Dispersionskurve der Doppelbrechung zu tun, und zwar so ausgeprägt, daß es oft nicht leicht ist, zu entscheiden, welcher eigentlich der Kompensationsstreif ist, und man auf die Verfolgung der Interferenzstreifen an keilförmigen Rändern notwendig angewiesen ist. Die zweigliedrige Cauchysche Dispersionsformel ist hier für die Doppelbrechung auch nicht annähernd anwendbar; und man muß, abgesehen von anderen Formeln, mindestens ein drittes Glied hinzunehmen. Alsdann wird die Bedingung für einen Gipfelpunkt in der Doppelbrechung lauten:

$$\frac{d\Gamma}{d\lambda} = -\frac{2}{\lambda^5} (b\lambda^2 + 2c) = 0 \text{ oder } \lambda^2 = -\frac{2c}{b} \quad . \quad (I)$$

$$\frac{d^2\Gamma}{d\lambda^2} = -\frac{4b}{\lambda^4} = \frac{8c}{\lambda^6} \quad . \quad (II)$$

wobei Γ' die Doppelbrechung des Krystalles $= a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4}$ gesetzt ist; λ ist die Wellenlänge. Ein Maximum tritt also ein, wenn c negativ, b positiv, ein Minimum, wenn c positiv, b negativ ist. Das heißt, wenn man auf das Vorzeichen der Doppelbrechung keine Rücksicht nimmt: c muß bei einem Minimum dasselbe Vorzeichen wie die Doppelbrechung (in der Mehrzahl der Fälle also wie a)

Fig. 2.



Interferenzstreifen im Kompensator bei Einschaltung des Präparates von Deutsch-Feistritz. Nr. 10.

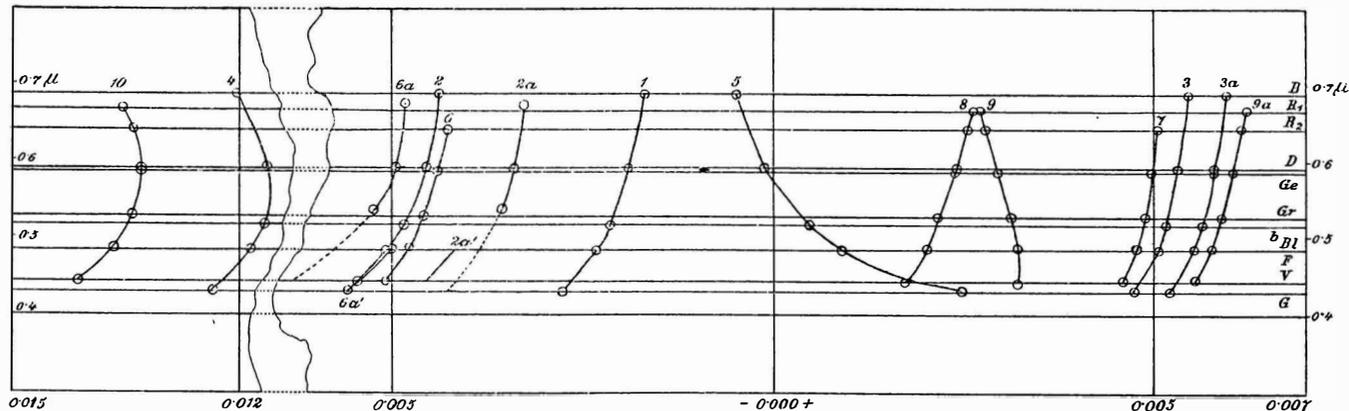
λ : 1 mm = 0.01 μ .

l: 1 mm = 50 Einheiten des Kompensators.

besitzen, b das entgegengesetzte. Immer aber muß c das entgegengesetzte Vorzeichen von b besitzen. Im folgenden ist der Wert $\varepsilon = \omega$ als $+$ angenommen. Für den ersten Fall ist ein Beispiel die Schlacke von Vordernberg, hier ist also $a +, b +, c -$; für den zweiten der Fe Åkermannit der Bleischlacken, bei denen $a -, b +, c -$ ist.

Betrachten wir nun die Verhältnisse im Kompensator: l sei die Verschiebung des Kompensationsstreifs, a, b, c die Cauchyschen Konstanten der Doppelbrechung des zu untersuchenden Minerals, f, g, h die des Quarzes, e die Dicke des Minerals, K eine Konstante.

Fig. 3.



1. Humboldtliith vom Vesuv.
2. Melilith v. Cabo di Bove.
- 2 α . Melilith nach Wülfings Angaben reduziert.
- 2 α' . Eigene Beobachtungen an Wülfings Präparat.
3. Äkermannitschlacke von Friedenschütte.
- 3 α . Äkermannitschlacke, zweites Präparat.
4. Bleischlacke von Salt Lake City.
5. Kupferschlacke aus Amerika.

6. Gehlenit v. Le Selle-See.
- 6 α . Gehlenit nach Wülfing, reduziert.
- 6 α' . Eigene Beobachtung an Wülfings Präparat.
7. Äkermannitschlacke von Bredsjö.
8. Eisenhochofenschlacke von Schwecat.
9. Eisenhochofenschlacke von Vordernberg 1886.
- 9 α . Dieselbe unter Annahme, daß kein Maximum auftritt,
10. Bleihochofenschlacke von Deutsch-Feistritz.

Dann ist $l = \frac{e}{K} \times \frac{a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4}}{f + \frac{g}{\lambda^2} + \frac{h}{\lambda^4}}$ und

$$\frac{dl}{d\lambda} = \frac{2e\lambda}{K} \left(\frac{\lambda^4(ag-fb) + 2\lambda^2(ah-fc) + hb-gc}{(f\lambda^4 + g\lambda^2 + h)^2} \right). \quad (III)$$

Unter der Berücksichtigung, daß $\{\lambda^4(ag-fb) + 2\lambda^2(ah-fc) + hb-gc\} = 0$ sein muß, fällt bei der Differenzierung dieser Größe MN, wobei

$M = \frac{2e\lambda}{K(f\lambda^4 + g\lambda^2 + h)^2}$, N = dem Ausdrücke in der Klammer, der Teil

$N \frac{dM}{d\lambda}$ weg¹⁾, es bleibt somit

$$\frac{d^2l}{d\lambda^2} = \frac{8e\lambda^2}{K(f\lambda^4 + g\lambda^2 + h)^2} \left(\lambda^2(ag-fb) + ah-fc \right) \quad (IV)$$

Nun ist aus III:

$$\lambda^2 = \frac{-(ah-fc) \pm \sqrt{(ah-fc)^2 - (hb-gc)(ag-fb)}}{ag-fb}$$

Setzen wir diese Größe in obige Formel (IV) ein, so erhalten wir als Ausdruck innerhalb der Klammer

$$\pm \sqrt{(ah-fc)^2 - (hb-gc)(ag-fb)} \quad V.$$

Ist $ag-fb$ negativ, $hb-gc+$, dann ist der Ausdruck unter dem Wurzelzeichen größer als $ah-fc$; das + Zeichen kann hier nicht gelten, da sonst wegen des negativen Nenners λ^2 negativ würde, wir haben also in diesem Falle ein Maximum. Ist aber $ag-fb$ positiv, $hb-gc$ negativ, so kann nur das + Zeichen gelten, wir haben ein Minimum. Es ist aber auch der Fall möglich, daß der zweite Differenzialquotient gleich 0 wird, und endlich auch der, daß für eine bestimmte Wellenlänge ein Maximum, für eine zweite ein Wendepunkt und für eine dritte ein Minimum eintritt. Dies wird namentlich dann eintreten können, wenn die Unterschiede zwischen a und f, b und g, c und h nicht groß sind. Davon ist derjenige Fall, wo alle Differenzialquotienten 0 werden, d. h. der Kompensationsstreif gerade gestreckt ist, ein Spezialfall. Er tritt natürlich ein, wenn die obgenannten

¹⁾ Der Fall, daß dieser Teil die Form $\frac{0}{0}$ oder $0 \times \infty$ annimmt, ist unter Betrachtung obiger Größen nicht möglich.

²⁾ Die Gleichung ist eigentlich vom vierten Grade, der Wert $-\sqrt{\lambda^2}$ hat aber keinen reellen Sinn.

Größen paarweise gleich werden. Betrachten wir nun den Fall, wo das untersuchte Mineral einen Gipfelpunkt in der Doppelbrechung aufweist. Zu diesem Zwecke können wir die Bedingungsgleichung etwas umformen, indem wir schreiben $\lambda^2[a(g\lambda^2 + 2h)] - f(b\lambda^2 + 2c) + hb - gc = 0$. Ist nun für eine bestimmte Wellenlänge $b\lambda^2 + 2c = 0$, so kann der ganze Ausdruck nur dann 0 werden, wenn

$$\lambda^2[a(g\lambda^2 + 2h)] + (hb - gc) = 0$$

ist. In den meisten Fällen wird das erste Glied das letzte überwiegen und λ muß kleiner angenommen werden, da es im ersten Glied mit einer höheren Potenz auftritt als im zweiten. Dieser Fall ist bei den Bleischlacken gut zu beobachten. Leider muß auf eine eingehendere ziffernmäßige Behandlung der Frage verzichtet werden, da die Größe der verschiedenen Konstanten nur sehr mangelhaft bestimmbar ist und darum zur Diskussion nicht herangezogen werden kann, wie unter anderen auch die sehr genauen Messungen von v. d. Willigen¹⁾ zeigen. Es läßt sich nur soviel mit Bestimmtheit sagen, daß h beim Quarz, also dem Materiale des Kompensators negativ ist. Bei dem positiven Melilith von Vordernberg ist $ah - fc$ positiv, da c und h negativ sind und $fc > ah$ ist. Dieser Wert tritt also in die Formel mit negativem Vorzeichen ein, hb ist negativ, gc ebenfalls, $hb - gc$ ist also, da $gc > hb$, positiv; ist $ag - fb$ negativ, so ist der Ausdruck unter dem Wurzelzeichen +; um ein $+\lambda$ zu erhalten, muß, da dieser Ausdruck größer als $ah - fc$ ist, das negative Vorzeichen gelten, wir haben also ein Maximum.

Ähnliches gilt bei den Bleischlacken; hier ist a negativ, damit wird $ag - fb$ auf jeden Fall negativ; wir erhalten also wieder ein Maximum, da aber jetzt die Verschiebung auf die entgegengesetzte Seite erfolgt, die wir als negativ in Anrechnung bringen müssen, so liegt dem absoluten Betrage nach ein Minimum vor. Natürlich läßt sich dasselbe Resultat erhalten, wenn man nur den absoluten Wert der Doppelbrechung sowohl bei Quarz wie bei dem untersuchten Mineral in Rechnung bringt. Der Ausdruck unter der Wurzel wird dann + und größer als $ah - fc$, weshalb das + Vorzeichen zu wählen ist.

Die Farbenfolge an Keilen solcher Krystalle, welche ein Maximum oder ein Minimum der Doppelbrechung aufweisen, wird sich wenig

¹⁾ Arch. d. Mus. Teyler, Vol. II, pag. 166, Vol. IX, pag. 40.

von der normalen unterscheiden. Eine mathematische Erörterung führt zu sehr komplizierten Formeln, doch läßt sich leicht erkennen, daß im allgemeinen ein Minimum in den Müllerschen Linien nicht eintreten wird. Es wurde darum auch von einer Konstruktion derselben abgesehen. Es ist hier übrigens nachzutragen, daß diese Konstruktion, wie sie in meiner früheren Arbeit¹⁾ angewendet wurde, schon Müller für die Intensitätskurven im Jahre 1846²⁾ gebraucht hat, nur führte er eine einfache Sinusfunktion statt der quadratischen bei der Darstellung ein.

Bevor die chemische Zusammensetzung der Schlacken und ihr Zusammenhang mit den optischen Eigenschaften besprochen werden soll, sei eine Erörterung eingeschaltet, wann bei einer isomorphen Mischung Glieder mit einem Gipfelpunkt in der Doppelbrechung eintreten werden. In der früheren Arbeit war nachgewiesen worden, daß unter Annahme der zweigliedrigen Cauchyschen Formel und der linearen Mischungsgleichung von Dufet ein Maximum oder Minimum nicht ableitbar ist. Nehmen wir die Dufetsche Formel auch hier an, aber die dreigliedrige Cauchysche Formel, so ist die Doppelbrechung für ein beliebiges Glied der Reihe

$$\Gamma_n = \frac{p_1 \left(a_1 + \frac{b_1}{\lambda^2} + \frac{c_1}{\lambda^4} \right) + p_2 \left(a_2 + \frac{b_2}{\lambda^2} + \frac{c_2}{\lambda^4} \right)}{p_1 + p_2} \dots \text{VI.}$$

$$\text{und } \frac{d\Gamma}{d\lambda} = - \frac{2}{\lambda^5 (p_1 + p_2)} (\lambda^2 [p_1 b_1 + p_2 b_2] + 2 [p_1 c_1 + p_2 c_2])$$

wenn mit a_1, b_1, c_1 die Konstanten des einen Endgliedes, mit a_2, b_2, c_2 die des anderen bezeichnet werden. Soll ein Gipfelpunkt eintreten, so muß der Ausdruck innerhalb der Klammer = 0 werden,

d. h. $\lambda^2 = - \frac{2(p_1 c_1 + p_2 c_2)}{p_1 b_1 + p_2 b_2}$, was aber nichts anderes ist als die

Formel $\lambda^2 = - \frac{2 c_n}{b_n}$. Wollen wir dieselbe weiter untersuchen, wann ein Maximum und wann ein Minimum eintreten wird, so können wir wieder den Ausdruck in der Klammer = v , den Faktor außerhalb = u und das Glied $v \frac{dv}{dx} = 0$ setzen und wir haben:

¹⁾ Min. Mitt., Bd. XXI, pag. 113.

²⁾ Joh. Müller, Die Farbenerscheinungen dünner Gypsblättchen im Polarisationsapparate. Frankfurt 1846. Auch die Intensitätskurven bei konstanter Dicke wurden von ihm ganz in ähnlicher Weise konstruiert.

$$\frac{d^2 \Gamma n}{d \lambda^2} = - \frac{4}{\lambda^4 (p_1 + p_2)} (p_1 b_1 + p_2 b_2) = \frac{8}{\lambda^6} \left(\frac{c_1 p_1 + c_2 p_2}{p_1 + p_2} \right)$$

d. h. $c_1 p_1 + c_2 p_2$ muß vom entgegengesetzten Vorzeichen sein wie $p_1 b_1 + p_2 b_2$, und zwar negativ (scil. vom entgegengesetzten Vorzeichen wie a_n) für ein Maximum, positiv (scil. vom gleichen Vorzeichen wie a_n) für ein Minimum. Ist z. B. c_2 negativ, so muß $p_2 c_2 > p_1 c_1$ sein, wenn ein Maximum möglich sein soll, ist es viel größer als b_1 und b_2 , so könnten sogar diese beiden positiv sein. Bei der Melilithgruppe haben wir folgende Verhältnisse:

1 sei das reine Äkermannsilikat, 2 jenes, welchem die Bleischlacken nahestehen. Dann ist $a_1 +$, $b_1 -$, und zwar ziemlich groß, jedenfalls bedeutend größer als b_2 , c_1 vermutlich klein und ebenfalls $-$. a_2 ist $-$, $b_2 +$, $c_2 -$ und viel größer als b_2 und c_1 . Die Reihe gestaltet sich dann folgendermaßen: Die große Mehrzahl der Glieder gehört einer antilogen Reihe an, d. h. die negativen Glieder haben + Dispersion, die positiven $-$; dann nimmt b_2 an Einfluß zu und zunächst zeigt sich ein Minimum der negativen Doppelbrechung bei den Strahlen großer Wellenlänge, das allmählich herabwandert und das Endglied 2 kann wieder negative Doppelbrechung mit negativer Dispersion zeigen. Es existiert aber auch eine Reihe, bei der ein solcher Gipfelpunkt nicht auftritt, das entsprechende Endglied 3 mit $-a_3$, b_3 und vermutlich auch $-c_3$ ist der reine Gehlenit. Nach den Verhältnissen der Schlacke von Vordernberg zu schließen dürfte aber auch ein Glied 4 existieren, bei dem b_4 bedeutend größer und positiv ist, so daß bei bestimmten Zwischengliedern der Gipfelpunkt schon auf der + Seite eintritt; in diesem Falle als Maximum. Vielleicht steht diesem Gliede die amerikanische Kupferschlacke nahe. Wie man sieht, sind die Verhältnisse bei der Gruppe des Meliliths keineswegs einfach und wir müssen sicher mehr als drei Endglieder unterscheiden, von denen zwei schon durch die Untersuchungen Vogts¹⁾ bekannt sind, ein drittes scheint mit dem Äkermannit eine gewisse Analogie in der Zusammensetzung zu zeigen. Wir wenden uns darum jetzt der Besprechung der chemischen Zusammensetzung zu.

Da ist nun vor allem leider wieder ein ähnlicher Übelstand zu bemerken wie beim Vesuvian. Zwar sind von Vogt eine Reihe

¹⁾ Mineralbildung in Schmelzmassen. Ark. v. Math. og Nat., 13.—14. Bd., 123—126. Über Mineralbildung in Silikatschmelzlösungen. Vid. Selsk. Skr. I. Math.-nat. Kl. 1903, Nr. 8, pag. 49—63.

trefflicher Analysen publiziert; wie aber schon an fröhlicher Stelle bedauert wurde, sind gerade die best analysierten Krystalle zu einer ausführlicheren Messung der Dispersion der Doppelbrechung nicht tauglich. Die natürlichen Vorkommen bieten wenig klare Verhältnisse und von den optisch interessantesten Gliedern ist zu wenig reines Material für eine genaue chemische Analyse vorhanden. Ich selbst bin in chemischen Analysen zu wenig geübt, als daß ich den eigenen Analysen einen halbwegs gleichen Wert beilegen könnte wie den von Vogt publizierten; dies zeigen auch die weiter unten angeführten Zahlen. Synthetische Versuche mißlangen, da der mir von Herrn Prof. Becke zur Benutzung überlassene Gasofen nicht die nötige Temperatur erreichte um die einzelnen zur Synthese verwendeten Substanzen (in diesem Falle gebrannter Kalk, reiner Siderit und Kieselgur) zum Sintern, geschweige denn zum Zusammenschmelzen zu bringen. Herrn Prof. Becke sei für seine gütige Erlaubnis aufrichtiger Dank ausgesprochen.

Von drei Schlacken machte ich im Laboratorium für technische Chemie an der k. k. technischen Hochschule in Wien Analysen. Ich benutze diese Gelegenheit, um Herrn Prof. Suida für seine gütige Erlaubnis, in seinem Institute arbeiten zu dürfen, auf das wärmste zu danken und auch Herrn Adjunkten Dr. Öttinger, besonders aber meinem Freunde Herrn Ing. Rich. Dohr, Assistent an der Lehrkanzel, für ihre liebenswürdige und ausgiebige Unterstützung in Rat und Tat. Zur Untersuchung kamen dabei die Åkermannit-Schlacke von Friedenshütte und die Bleischlacken von Saltlake-City und von Deutsch-Feistritz. Bei letzterer mußte auf eine Bestimmung der Alkalien verzichtet werden infolge ungenügender Menge reineren Materiales, daher jedenfalls die starke Differenz von 100%. Hingegen sind die Differenzen bei der Schlacke vom Germaniasmelter, Saltlake-City, nicht aufgeklärt, die Abwesenheit eines Bleigehaltes wurde qualitativ nachgewiesen, indem die Lösung beim Einleiten von Schwefelwasserstoff keine Schwarzfärbung zeigte, was trotz des massenhaft ausgeschiedenen Schwefels bei einem merklichen Pb-Gehalt eintreten müßte. Der Schwefelgehalt der Schlacke, namentlich bei (durch Aussuchen unter der Lupe, mittelst Magnet und schließlich mit Jodmethylen) gereinigtem Materiale kann auch nicht soviel ausmachen. Bei unreinem Materiale der Schlacke von D.-Feistritz wurde er zu ca. 1% gefunden. Glühverlust war keiner nachweisbar. In Tab. XII

sind eine Reihe von Analysen von Schlacken und Mineralien der Gehlenit-Åkermannitgruppe zusammengestellt, darunter (Kol. 3, 6, 7) die obigen, selbst durchgeführten.

Diese freilich recht lückenhafte Tabelle lehrt uns aber doch manches. Wie durch Vogt bekannt, ist das Fe-arme und Al_2O_3 -freie Åkermannitsilikat optisch positiv; Glieder, bei denen sich der Gehalt an Ca O zu dem an Mg O ungefähr wie 2:1 verhält, zeigen mittlere positive Doppelbrechung (0·005—0·006) mit negativer Dispersion der Doppelbrechung. Ein Schliff, den mir Herr Prof. Vogt gesandt hatte und der einem Schmelzprodukt entstammte, bei dem Ca O: Mg O = 3:1 war, zeigte eine relativ starke positive Doppelbrechung (0·015) bei schwacher negativer Dispersion. Tonerde-reichere Glieder haben schwache positive Doppelbrechung, mit negativer Dispersion, oder schwach negative mit positiver Dispersion, einige wenige sind für blau —, für rot +, gehören also zu den Chromocykliten. Wegen der geringeren Stärke der Dispersion und der Seltenheit solcher Krystalle sind die Erscheinungen der Chromocyklite meines Wissens an Melilithen nicht näher beobachtet worden.

Der reine Gehlenit ist optisch — mit + Dispersion der Doppelbrechung. Bemerkenswert ist aber, daß der Al_2O_3 -ärmere, aber Fe-reichere Melilith vom Cabo di Bove stärker optisch — ist als der Melilith vom Vesuv, der in manchen Zonen für gelb fast einfachbrechend ist. Daneben existiert aber eine zweite Reihe, von denen einige Glieder bekannt sind, die nicht mehr weit vom Endgliede entfernt sind, bei denen das Mg O zum größten Teile durch Fe O ersetzt ist, während der Ca O-Gehalt molekular fast der gleiche geblieben ist. Diese zeigen relativ starke — Doppelbrechung mit einem Minimum im Gelb oder im Gelbgrün, so daß man annehmen kann, daß das Mg O-freie Endglied stark optisch — mit negativer Dispersion oder mit einem Minimum im Violett ist. Der Unterschied im Gehalte an Fe O scheint danach auf die Stärke und den Charakter der Doppelbrechung einen größeren Einfluß auszuüben als der Gehalt an Tonerde.¹⁾ Aus den synthetischen Versuchen Bourgeois²⁾, die sich

¹⁾ Der Gehalt an Alkalien spielt selbstverständlich auch eine große Rolle, dürfte aber nicht ausreichen, um die große Differenz in der Doppelbrechung zu erklären, vielleicht aber bedingt er oder das Gehlenitsilikat die Abweichung von der Theorie (pag. 444) bei den beiden Bleischlacken.

²⁾ Thèse. Reprod. par voie ignée etc., pag. 25.

Tab. XII.

	1	2	3	4	4a	5	6	7	8	
Si O ₂	43·96	39·27	41·92	38·48	39·86	30·47	44·21	46·89	38·83	1. Humboldtliith vom Vesuv n. Kobell. ¹⁾
Al ₂ O ₃	11·20	6·42	3·22	4·75	0·60	17·79	4·24	—	0·93	2. Melilith v. Cabo di Bove, gelb, nach Damour. ¹⁾
Fe ₂ O ₃	2·32	10·17	1·16	—	0·26	7·30	—	—	3·59	3. Åkermannitschlacke von Friedenshütte.
Fe O	—	—	3·18	0·77	—	—	2·39	—	1·29	4. Fe-Åkerm.-Schlacke (Blei- schlacke) v. Germania Smelter (Salt Lake City).
Mn O	—	—	3·18	0·77	—	—	2·39	—	1·29	4 a. dto. reineres Material.
Mg O	6·10	6·71	11·52	2·69	2·61	2·99	11·16	12·54	1·95	5. Gehlenit, braun, Le Selle- See, Kuhn. ¹⁾
Ca O	31·96	32·47	38·86	32·36	33·84	36·97	36·24	40·57	34·90	6. Åkermannitschlacke von Nykroppa. Vogt, Silikat- schmelzlösungen p. 52.
Na ₂ O	4·28	1·95	} nicht bestimmt	0·77	} nicht be- stimmt	—	0·25	—	} nicht bestimmt	7. Åkermannitschmelze. Vogt, l. c. 51. (berechnet).
K ₂ O	0·38	1·46		1·04		—	—	—		—
H ₂ O	—	—	—	—	—	3·62	—	—	—	
CO ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
P ₂ O ₅	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Ca S	—	—	—	—	—	—	0·38	—	—	
Zus.	100·20	98·18	100·15	97·39	96·85	99·14	100·01	100·00	94·44	
D.	—	2·95	2·98	3·23ca.	—	—	—	—	3·213	

¹⁾ Diese Zahlen sind Dana, A System of Mineralogy, 6. Edit., 475—477, entnommen.

leider fast ausschließlich mit tonerdereichen und meist alkalihaltigen Melilithen befaßten, scheint nur hervorzugehen, daß der Mangangehalt außer auf die Färbung keinen wesentlichen Einfluß auf die optischen Eigenschaften der Melilith ausübt; Fe O-reiche Melilith hat er nicht dargestellt. Fe_2O_3 scheint eine Verstärkung der negativen Doppelbrechung zu bewirken.

Außerhalb der Reihe stehen die Melilithschlacken von ~~Vorderberg~~^{Vorderberg} und die amerikanische Kupferschlacke. Was erstere anbelangt, so ist es sehr zu bedauern, daß das vorhandene Material eine quantitative Analyse nicht gestattet, da an der ganzen Schlacke nur verhältnismäßig wenige und sehr kleine Kryställchen saßen. Die Hauptmasse der Schlacke aber enthält sehr viel Olivin (scil. Monticellitsubstanz), welche weder chemisch noch mittelst spezifischen Gewichtes vollkommen vom Melilith trennbar ist. Es wurde darum nur eine annähernde Bestimmung der Tonerde gemacht; dieselbe betrug (inkl. Fe_2O_3) ca. 7%; da der Al_2O_3 -Gehalt sich aber auf den Melilith konzentriert, so müßte dieser recht tonerereich sein, was ebenfalls mit den optischen Eigenschaften nicht recht harmonieren will. Zudem differieren die optischen Eigenschaften der Krystalle der Grundmasse von denen der aufsitzenden Krystalle etwas. Die Kupferschlacke von Amerika hingegen gestattete leider gar keine chemische Schätzung. Ihrem Verhalten nach ähnelt sie der sekundären Substanz beim Melilith vom Cabo di Bove, indem auch bei ihr lichter gefärbte Partien mit schwächerer Dispersion der Doppelbrechung auftreten, vielleicht auch solche mit der den Melilithen eigentümlichen antilogen Dispersion.

Schließlich kann ich doch nicht umhin, auf ein merkwürdiges Verhältnis hinzuweisen, das, wie mir Herr Prof. Vogt mitteilt, nur auf einem Zufall beruhen soll. Bei dem Åkermannit von Nykroppa, dem von Friedenschütte, und bei der Mehrzahl der von Vogt angeführten Åkermannitanalysen ist das Verhältnis $\text{CaO}:\text{MgO}$ ziemlich genau 2:1, es finden sich zwar einige Ausnahmen, aber fast nirgends übersteigt der MgO-Gehalt dieses Verhältnis. Bei einigen Analysen wäre man sogar versucht, die Formel $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$ anzunehmen, wobei etwas 3 $\overset{\text{II}}{\text{RO}}$ durch Al_2O_3 ersetzt wäre, es sprechen aber doch zu viele der Analysen Vogts gegen eine solche Annahme. Gegen dieselbe spricht übrigens auch die Isomorphie mit Gehlenit. Die Analyse des Åkermannits von Nykroppa führt allerdings fast genau auf dieses Verhältnis. Auf die Bevorzugung eines rationalen

Verhältnisses zwischen Ca und Mg deuten auch die beiden Bleischlacken, trotzdem die Analysen nicht als gute bezeichnet werden können, denn während der Gehalt an Ca ziemlich konstant bleibt, nimmt der Fe-Gehalt auf Kosten des Mg zu und ersetzt dieses fast ganz. Es müßte also wenigstens die Bildung eines Doppelsalzes angenommen werden, bei dem 2 Moleküle der Ca-Verbindung mit einem Molekül der Mg-Verbindung zusammentreten. Nach den Schmelzpunktbestimmungen Vogts soll dieses Doppelsalz allerdings nicht existieren. Die Entscheidung dieser Frage wäre nur auf synthetischem Wege möglich, doch fehlt mir hierzu derzeit die Gelegenheit.¹⁾

Fassen wir nunmehr die Resultate der Untersuchungen, die dem Aufwande an so viel Entgegenkommen vielleicht nicht entsprechend gefunden werden dürften, zusammen, so ergibt sich:

1. Bei der Mineralgruppe Åkermannit-Melilith-Gehlenit existieren Glieder, welche ein Minimum der Doppelbrechung aufweisen und stark negativ doppelbrechend sind. Sie zeichnen sich in ihrer chemischen Zusammensetzung durch einen großen Gehalt an FeO und Armut an Al_2O_3 aus, sind also Fe-reiche Glieder der Åkermannitgruppe.

2. Der Gehalt an FeO übt auf den Charakter und die Stärke der Doppelbrechung einen größeren Einfluß aus, als der Gehalt an dem Gehlenitsilikate.

3. Die kontinuierliche Reihe der entsprechenden Verbindungen vorausgesetzt, ergibt sich folgendes Schema für die Dispersionsverhältnisse der Doppelbrechung dreier Endglieder dieser Gruppe:

1. Åkermannit: $(Ca_2Mg)_4Si_3O_{10}$ a +, b —, c —,

2. Eisen-Åkermannit: $(Ca_2Fe)_4Si_3O_{10}$, a —, b +, c —, $a_2 > a_1$
 $b_1 > b_2$, $c_2 > c_1$,

3. Gehlenit: a —, b —, c ±, $a_3 < a_2$, $c_3 < c_2$.

Außer obigen Endgliedern existieren noch andere, deren Zusammensetzung bisher unbekannt ist, die aber ebenfalls einen merklichen Einfluß auf die Doppelbrechung ausüben.

¹⁾ Analyse 8 spräche wohl für die Ansicht Vogts, bei ihr ist $Ca:Mg > 2:1$, doch ist sie wegen des großen Mankos nicht daraufhin diskutierbar; rechnet man aber Fe_2O_3 auf 2 FeO um, so resultiert wieder das Verhältnis $Ca:(MgFeMn) = 2:1$.

4. Die zweigliedrige Cauchysche Formel ist für die mathematische Behandlung der Erscheinungen der Dispersion der Doppelbrechung unzureichend.

5. Bei dickeren Präparaten, wie sie zur Messung der Doppelbrechung mittelst Babinetschen Kompensators wünschenswert sind, ist es notwendig, den Verlauf des Kompensationsstreifens an keilförmigen Rändern zu verfolgen.

Wien, Oktober 1904.
