

## Ueber die Abhängigkeit der optischen Eigenschaften von der chemischen Zusammensetzung beim Pyroxen.

Von

**C. Doelter** in Graz.

Mit Tafel I.

Dass die Werthe der optischen Constanten des Pyroxens von dem Eisengehalt abhängig seien, hat zuerst TSCHERMAK<sup>1</sup> nachgewiesen, indem er zeigte, dass bei rhombischen Pyroxenen sowohl als auch bei Diopsiden, mit zunehmendem Eisengehalt die Auslöschungsschiefe in der Symmetrieebene zunimmt. Von Augiten lagen nur einige wenige Beobachtungen vor; WUK<sup>2</sup> kam durch einige Messungen an Thonerde-Augiten zu dem Resultat, dass die vulcanischen Augite in dieser Hinsicht sich verschieden verhalten von denen der älteren Gesteine, indem durch Construction einer Curve, bei der die Abscissen den Eisenoxydulgehalt und die Ordinaten die Auslöschungsschiefe repräsentiren, diese Curve in anderem Sinne verläuft als bei Diopsiden.

Da WUK nur den Eisenoxydulgehalt, nicht aber Eisenoxyd und Thonerde in Betracht gezogen, so schien es mir nothwendig, diese Untersuchung neuerdings vorzunehmen. Ich entschloss mich daher, einen Theil der Krystalle, welche zu meinen früheren chemischen Untersuchungen<sup>3</sup> gedient hatten, zu opfern, um eben Material zu gewinnen, bei dem die chemische Zusammensetzung bestimmt war, was mir von grossem Werth

---

<sup>1</sup> Mineral. Mitth. 1870. Bd. I.  
Zeitschr. f. Kryst. VIII. 208.

TSCHERMAK, Mineral.-petrogr. Mitth. 1877, 1878, 1879, 1883.

erschien. Inzwischen wurde eine Arbeit von HERWIG<sup>1</sup> über denselben Gegenstand veröffentlicht, worin eine Anzahl von Augiten in optischer Hinsicht untersucht wurden. Der Verf. geht dabei von der richtigen Ansicht aus, dass man nicht das Eisenoxydul, Eisenoxyd etc. zum Ausgangspunkte des Vergleichs nehmen dürfe, sondern die entsprechenden Silikate; trotz dieser verdienstvollen Arbeit schien mir jedoch die Sache nicht erschöpft, weil eben HERWIG Material angewandt hat, dessen Identität mit dem analysirten, auf welches er sich bezieht, in den meisten Fällen sehr fraglich ist. daher er auch zu keinem befriedigenden Resultate gelangen konnte. Desswegen schien mir die Fortsetzung meiner bereits begonnenen Studien keineswegs überflüssig, um so mehr als ich eben über ein grosses Material von analytisch untersuchten Augiten verfüge, während alle Forscher, welche bisher diesen Gegenstand behandelten, nicht in dieser Lage waren, sondern sich nur auf, zum Theil sogar unvollständige, Analysen bezogen, welche an Individuen von ungefähr demselben Fundorte angestellt worden waren. Fundorte wie Westerwald, Vogesen, Vesuv, Böhmen, sind aber so vag. dass es eben in solchen Fällen kaum wahrscheinlich ist, dass die späteren optischen Untersuchungen auch an den analysirten Mineralien stattgefunden haben. Es können aber nur genaue Untersuchungen zu einem befriedigenden Resultate führen, da schon kleinere Abweichungen in der chemischen Zusammensetzung jeden Vergleich illusorisch machen; daher ergaben meine an analysirtem Material angestellte Untersuchungen Resultate, die von den früheren abweichen.

HERWIG hat in seiner Arbeit mit Recht aufmerksam gemacht, dass es richtiger sei, nicht den Eisenoxydulgehalt zum Maassstabe des Vergleichs zu wählen, sondern das entsprechende Silikat, und es scheint dies wohl keiner besonderen Begründung bedürftig; es sind daher im Folgenden die verschiedenen Eisen- und Thonerde-Silikatmengen verglichen worden, diese allein geben eine regelmässige Steigerung der Auslöschungsschiefe, während man, wenn man nur die Mengen von Eisenoxydul, Thonerde vergleicht, keine Regelmässigkeit beobachtet.

<sup>1</sup> Gymnasialprogramm. Saarbrücken 1884. (Vgl. d. Referat weiter unten.)

Da wir es jedoch hier mit mindestens drei Silikaten zu thun haben, nämlich:  $\text{Ca Fe Si}_2 \text{O}_6$ ,  $\text{Mg Al}_2 \text{Si O}_6$ ,  $\text{Mg Fe}_2 \text{Si O}_6$ , wozu in manchen Fällen noch  $\text{Na}_2 \text{Al}_2 \text{Si O}_6$  hinzutritt, so ist es begreiflich, dass, da die Magnesiasilikate immer zusammen vorkommen, es schwer wird, den Einfluss der einzelnen Silikate zu berechnen; nur so viel geht schon aus einer oberflächlichen Betrachtung hervor, dass beide in gleichem Sinne wirken. Massgebend für den Einfluss auf den Werth der Auslöschungsschiefe ist demnach die Summe der Eisen- und Thonerdehaltigen Silikate, und man kann auch beobachten, dass mit derselben der Werth der Auslöschungsschiefe stetig wächst.

Zuerst sollen nun hier die Mineralien der Diopsidreihe, dann die der Thonerde-Augitreihe untersucht werden, denn dass eine Trennung nothwendig sei, ergab sich mir im Laufe der Untersuchung.

### Diopsidreihe.

#### 1. Diopsid von Ala.

Farblose über 1 cm lange Krystalle, welche die beiden Pinakoide des Prisma, die Hemipyramide 2P, oP und zwei Klino-  
domen zeigen. FeO nach meiner Analyse 2.91. Die Auslöschungsschiefe wurde zu  $36^\circ 5'$  gemessen. [Mittel aus 18 Messungen.] Bisher wurde die Messung DES-CLOIZEAUX'  $39^\circ$  als die Auslöschungsschiefe des Diopsids betrachtet, es kann diesem Forscher kein so eisenarmer Krystall vorgelegen sein, denn wie wir sehen werden, geben alle Diopside, deren FeO geringer als 4 Proc. ist, eine kleinere Auslöschungsschiefe.

#### 2. Diopsid vom Zillerthal.

Es kommen ganz lichtgrüne, fast farblose Krystalle, neben dunklen vor, oft zeigt ein grösserer Krystall einen farblosen und einen dunkelgrün gefärbten Theil.

a. Lichte Krystalle; lange Säulen, welche die beiden Pinakoide und das Prisma zeigen; meistens sind es Zwillinge.  $\text{FeO} = 3.29^2$ , daraus berechnet sich 10 Proc. Eisenkalksilikat und 90 Proc. Kalkmagnesiasilikat.  $c:c = 36^\circ 15'$ .

b. Dunkelgrüne Krystalle  $\text{FeO} = 3.09$ ,  $\text{Fe}_2 \text{O}_3 = 0.89$ .

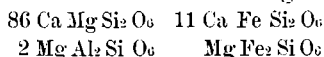
<sup>1</sup> Zur Kenntniss der Zusammensetzung des Augits. TSCHERM. Mineral.-petr. Mitth. 1877, p. 288.

<sup>2</sup> C. DOELTER. Über Diopsid. TSCHERMAK'S Mineral.-petr. Mitth. 1878.

Zusammensetzung 10 Proc. Eisenkalksilikat, 87 Proc. Kalkmagnesiumsilikat, 2 Thonerdesilikat und 1 Eisenoxydmagnesiumsilikat.  $c : c = 36^{\circ} 50'$ .

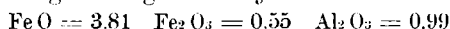
### 3. Diopsid vom Baikalsee<sup>1</sup> (Baikalit).

Grosse säulenförmige, pistaziengrüne Krystalle.  $c : c = 37^{\circ} 10'$ .  $\text{FeO} = 3.49$ . Zusammensetzung in Procenten:



### 4. Diopsid von Achmatowsk<sup>2</sup>.

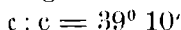
Säulenförmige lichtgrüne Krystalle



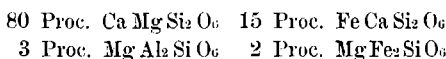
entsprechend: 85 Proc.  $\text{Ca Mg Si}_2 \text{ O}_6$ , 13  $\text{Fe Ca Si}_2 \text{ O}_6$ , 2  $\text{Mg Al}_2 \text{ Si O}_6$ , 1  $\text{Mg Fe}_2 \text{ Si O}_6$ . Auslöschungsschiefe aus 12 Messungen:  $37^{\circ} 10'$ .

### 5. Diopsid von Arendal<sup>3</sup>.

Grüne, grosse dicksäulenförmige Krystalle: Prisma, Querfläche, Längsfläche und Basis. Nach letzterer Fläche wird schalenförmige Absonderung beobachtet.



$\text{Fe}_2 \text{ O}_3 = 1.08$ ,  $\text{FeO} = 4.5$ . Zusammensetzung:



### 6. Diopsid von Nordmarken.

Die bekannten, öfter untersuchten dunkelgrünen Krystalle von dicksäulenförmigem Typus, bei denen die beiden Pinakoide vorherrschen.  $\text{FeO}$ -Gehalt nach meiner Analyse (l. c. p. 61) = 17.34. Die Zusammensetzung = 41 Proc. Diopsidsilikat, 57 Hedenbergitsilikat und 2 Thonerdesilikat. Auslöschungsschiefe auf der Symmetrieebene =  $46^{\circ} 45'$ , auf  $\infty P = 36^{\circ}$ . Schiffe parallel dem Orthopinakoid ergeben im Schneider'schen Apparat für den Winkel der optischen Axe mit der Normale den Werth von  $16^{\circ} 30'$ .

TSCHERMAK hat früher schon einen Diopsid von Nordmarken untersucht, welcher dieselbe Auslöschungsschiefe zeigt. WUK erhielt für obigen Diopsid den Werth von  $46^{\circ}$ .

<sup>1</sup> l. c. p. 50.

<sup>2</sup> l. c. p. 51 u. 561.

<sup>3</sup> l. c. p. 57.

## 7. Hedenbergit von Tunaberg.

Es ist dies der von mir analysirte, dessen FeO-Gehalt = 26.29 Proc., und welcher 9 Proc. Diopsidsilikat, 4 Thonerdesilikat und 87 Hedenbergitsilikat enthält; die Schiffe parallel der Symmetrieebene waren nicht leicht herzustellen, da die Krystalle nur die Basis und die Prismen gut ausgebildet zeigen, während die Pinakoide nur sehr unvollkommen vorhanden sind.

Die Auslöschungsschiefe auf  $\infty P \infty$  beträgt  $47^{\circ} 50'$ , welcher Werth vielleicht von dem wirklichen um  $\frac{1}{2}^{\circ}$  verschieden sein kann, da die Einstellung auf Spaltrisse nicht ganz genau ist.

Für die Prismenfläche erhält man  $38^{\circ} 40'$ . TSCHERMAK fand an einem Hedenbergit von Tunaberg die Auslöschungsschiefe =  $45^{\circ} 45'$ . WILK bestimmte den Winkel an einem andern zu  $47^{\circ}$ .

Stellt man meine Daten mit den von WILK erhaltenen zusammen, so sieht man, dass bei zunehmendem FeO- resp. Ca Fe Si<sub>2</sub> O<sub>6</sub>-Gehalt die Auslöschungsschiefe an Werth zunimmt.

Diopsid von	Fe O	Ca Fe <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Mg Al <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub>	A.-Schiefe	Beob.
	Ca Mn <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Mg Fe <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub>			
Ala licht . . .	2.91	10	—	36° 5'	D.
Zillerthal licht . .	3.29	10	—	36° 15'	D.
„ dunkel . . .	3.09	10	3	36° 50'	D.
Baikalit . . .	3.49	11	3	37° 10'	D.
Achmatowsk . . .	3.81	13	3	37° 10'	D.
Arendal . . . . .	4.5	15	5	39° 10'	D.
Lojo grün (Malak.) .	4.97	17	—	39° 30'	W.
Tavastby grün (M) .	5.52	—	—	41°	W.
Stansvik . . . . .	10.38	44	—	42° 30'	W.
Nordmarken . . . .	17.34	57	2	46° 45'	D.
Stansvik roth (Malak.)	20.44	—	—	46°	W.
Lojo schwarz (Malak.)	27.50	94	—	48°	W.
Tunaberg . . . . .	26.29	87	4	47° 50'	D.

Man erkennt mit zunehmendem Eisenkalksilikat die Zunahme der Auslöschungsschiefe, welche anfangs eine ziemlich bedeutende ist, später aber bei gleichen Mengen an Diopsid- und Hedenbergitsilikat weit geringer wird. Das Verhalten wird durch die auf Tafel I eingezeichnete Curve illustriert.

### Augitreihe.

Wenn in der Diopsidreihe die Abhängigkeit des Werthes des Auslöschungswinkels von dem Eisenoxydulgehalt klar hervortritt, so ist dies bei der Augitreihe keineswegs der Fall. Hier haben wir Mischungen, aus einer grossen Anzahl von isomorphen Verbindungen bestehend, deren Auslöschungswinkel uns unbekannt sind, und wir können daher nur schwer den Einfluss der einzelnen Grundverbindungen auf den Auslöschungswinkel des Mischlingskrystals berechnen. Dass eisenreichere Augite einen grösseren Auslöschungswinkel besitzen, als eisenarme, hat schon TSCHERMAK constatirt. WUK, welcher der Ansicht zu sein scheint, dass nur der FeO-Gehalt auf den Winkelwerth Einfluss habe, kommt zu dem Resultat, dass es zweierlei Pyroxene gebe, bei den einen lässt sich eine Curve construiren, welche die der Malakolithen ist, bei den anderen, den jungvulcanischen Augiten, verläuft diese Curve in anderem Sinne.

Schon HERWIG hat sich gegen die WUK'sche Ansicht ausgesprochen, welche, wie die folgenden Zahlen ergeben, in dieser Form nicht begründet ist, namentlich ist auch nicht einzusehen, in welchem Zusammenhang das geologische Vorkommen und die Genesis mit dem optischen Verhalten stehen soll.

Unter den Stoffen, welche auf letztere einen Einfluss nehmen, ist neben dem Eisenoxydul, Manganoxydul, das Eisenoxyd, die Thonerde, das Natron zu nennen, nicht ausgeschlossen ist, dass auch das Verhältniss von Ca : Mg einwirkt. Daher ist es auch kaum möglich, den Einfluss der einzelnen Stoffe zu erkennen, da sich eben kein thonerdefreier, eisenoxydhaltiger Augit oder umgekehrt findet, und kann meistens nur die Gesamtsumme berücksichtigt werden. Um zu zeigen, dass man, wenn man nur einige der Oxyde berücksichtigt, keine Gesetzmässigkeit findet, habe ich unten die betreffenden Zusammenstellungen gemacht. Vor Allem aber die Beobachtungen.

#### 1. Augit von Greenwood Furnace.

Krystallform die Pinakoide und das Prisma. Die von mir früher ausgeführte Analyse ergab:

Si O <sub>2</sub>	49.18		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.62	Zusammensetzung :	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.83	19 Ca O	Mg O 2 Si O <sub>2</sub>
Fe O	2.55	2 Ca O	Fe O 2 Si O <sub>2</sub>
Ca O	5.05	2 Mg O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Si O <sub>2</sub>
Mg O	5.09	3 Mg O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Si O <sub>2</sub>
	<hr/> 99.32		

$$c : c = 42^{\circ} 20'.$$

Auslöschungsschiefe auf  $\infty P = 31^{\circ} 50'$ .

Der Winkel  $u$  zwischen der Normale zum Orthopinakoid und der auf dieser Fläche sichtbaren optischen Axe ist ein verhältnissmässig grosser, die Axe erscheint am Rande des Gesichtsfeldes. Ein dem äusseren Habitus nach sehr ähnlicher Augit von Monroe (Nord-Amerika) gibt ebenfalls für die Auslöschungsschiefe den Werth von  $42^{\circ} 10'$ .

#### Grüner Augit vom Vesuv.

Grosser Krystall aus einer Sommabombe. FeO = 3.16. Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> = 3.51, Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub> = 4.84. Zusammensetzung: 76 Proc. Diopsidsilikat, 10 Proc. Hedenbergitsilikat, 10 Proc. Thonerdesilikat und 4 Proc. Eisenoxysilikat<sup>1</sup>.

$c : c = 41^{\circ}$ . Mittel aus 21 Messungen. Auslöschungsschiefe auf  $\infty P = 31^{\circ} 10'$ .

Im convergenten Licht zeigt sich die Axe weit entfernt vom Mittelpunkte des Gesichtsfeldes. Die Messung im Schneider'schen Apparat ergab für den Winkel  $u$  der Normale zum Orthopinakoid in Glas  $25^{\circ} 30'$  (roth).

#### Augit von Aguas das Caldeiras.

Grosse Krystalle der gewöhnlichen Form, die prismatische Spaltbarkeit ist etwas weniger vollkommen als sonst bei Augiten.

Chemische Zusammensetzung: 70 Proc. Diopsidsilikat, 10 Proc. Hedenbergitsilikat, ferner 5 Proc. Ca Fe<sub>2</sub> Si O<sub>6</sub>, 5 Proc. Na<sub>2</sub> Al<sub>2</sub> Si O<sub>6</sub>, 10 Proc. Mg Al<sub>2</sub> Si O<sub>6</sub>.

Der Gehalt an Fe O beträgt 4.81, der an Eisenoxyd 3.51, die Thonerdemenge = 7.89, Na<sub>2</sub> O = 1.55.

Auslöschungsschiefe in der Symmetrieebene =  $43^{\circ} 35'$  (Mittel aus 14 Beobachtungen). Auf  $\infty P$  beträgt die Auslöschungsschiefe  $34^{\circ}$ . Schliche parallel zum Orthopinakoid zeigen das Axenbild seitwärts vom Mittelpunkte. Die Dispersion ist sehr

<sup>1</sup> Min. Mitth. 1877, p. 291.

gering,  $v < \rho$ . Der Winkel  $u$  zwischen Orthopinakoidnormale und optische Axe wurde in Glas zu  $12^{\circ} 30'$  gemessen.

### Augit von der Pedra Molar (Capverden).

Es sind bis 1 cm grosse Krystalle in Limburgit von demselben Fundorte.

Zusammensetzung<sup>1</sup>:

64 Proc.	Ca Mg Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Fe O = 5.43 Proc.
15	, Ca Fe Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 6.18 "
7	" Mg Al <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 5.67 "
7	Mg Fe <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub>	Na <sub>2</sub> O = 1.86 "
7	Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub>	

$c : c = 45^{\circ} 45'$ . Auf den Prismenflächen beträgt die Auslöschungsschiefe  $37^{\circ}$ . Schriffe parallel zum Orthopinakoid zeigen das Bild der Axe ungefähr in der Entfernung des Gesichtsfeldes wie bei dem Augit von Aguas Caldeiras.

### 2. Schwarzer Vesuv-Augit<sup>2</sup>.

Krystallform die gewöhnliche, ausser dem Prisma und den beiden Pinakoiden, die Hemipyramide.

Vorkommen mit Nephelin in einer Sanidinbombe vom Mte. Somma.

Zusammensetzung:

10	(Ca Mg Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> )
2	(Ca Fe Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> )
3	(Mg Al <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub> )
	(Mg Fe <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub> )

FeO = 4.09 Proc. Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> = 4.47 Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub> = 9.75

$c : c = 46^{\circ} 45'$ . Mittel aus 12 Messungen.

### 3. Gelber Vesuv-Augit.

Gewöhnliche Krystallform, dazu tritt noch 2P. Vorkommen auf einer Somnabombe mit Nephelin, Sanidin, Biotit, Spinell.

Zusammensetzung:

59 Proc.	Ca Mg Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>
27	Ca Fe Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>
12	, Mg Al <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub>
2	" Mg Fe <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub>
	Fe O = 6.78
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 1.09
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 6.07

<sup>1</sup> Die Vulcane d. Capverden, p. 137.

<sup>2</sup> Min. Mitth. 1877, 283.



Die Auslöschungsschiefe auf der Symmetrieebene wurde an zwei Krystallen sehr genau durch 28 Messungen bestimmt, sie beträgt  $46^{\circ} 57'$ .

HERWIG hat mehrere Augite von der Somma untersucht. Die Übereinstimmung mit unseren ist jedoch sehr fraglich.

Er erhielt für schwarzen	Somma-Augit:	$49^{\circ} 23'$
„ gelben	„	$48^{\circ} 42'$
„ dunkelgrünen	„	$45^{\circ} 19'$

## 2. Augit von Bufaure.

Ausser den gewöhnlichen Flächen findet sich noch die Basis. Zwillinge nach dem Orthopinakoid sind häufig. Vorkommen in Melaphyr.

Die Zusammensetzung wird ausgedrückt durch

60 Proc.	Ca Mg Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>
25 „	Ca Fe Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>
10 „	Mg Al <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub>
5 „	Mg Fe <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub>

$$\text{FeO} = 7.74 \quad \text{Fe}_2\text{O}_3 = 3.77 \quad \text{Al}_2\text{O}_3 = 5.09.$$

Im convergenten Lichte zeigt sich auf Schliften parallel zum Orthopinakoid das Bild der Axe in der Nähe des Mittelpunktes. Durch 20 Messungen an drei Krystallen wurde bestimmt:  $c : c = 47^{\circ}$ . Auf den Prismenflächen beträgt die Auslöschungsschiefe  $37^{\circ} 30'$ .

## Fassait von Pesmeda<sup>1</sup>.

Derselbe wurde von mir 1877 analysirt, die reinsten Krystalle, welche in körnigem Fassait vorkommen, haben folgende Zusammensetzung:

60 Proc.	Ca Mg Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>
7 „	Ca Fe Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>
26 „	Ca Al <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub>
7 „	Mg Fe <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub>

Der Thonerdegehalt beträgt 10.1, der FeO-Gehalt 2.09, der Eisenoxydgehalt 5.01.

Die Schliffler sind sehr schwer herzustellen, da sie sehr dünn werden müssen; als Mittel von 20 Messungen an zwei Krystallen wurde der Werth von  $47^{\circ} 10'$  erhalten; während HERWIG früher an einem Schliffler, dessen Durchsichtigkeit jedoch keine vollkommene war, den abnorm hohen Werth von  $51^{\circ}$  bekam. Auf  $\infty P$  erhält man den Werth  $38^{\circ}$ .

<sup>1</sup> Min. Mitth. 1877, p. 288.

Der Winkel  $u$  ist hier abnorm hoch und beträgt in Glas  $20^{\circ} 30'$  für roth.

### Augit von Cuglieri<sup>1</sup>.

Grosse Krystalle der gewöhnlichen Form aus Tuff.

	12 Ca Mg Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> oder 48 Proc.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 8.61	4 Ca Fe Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> " 16 "
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 6.32	3 Mg Al <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub> " 20 "
Fe O = 5.05	2 Mg Fe <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub> " 8 "
	2 Ca Ca Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> " 8 "

Im convergenten Lichte ist die Erscheinung fast übereinstimmend mit der bei Augit von Garza beobachteten. — Aus 25 Messungen an zwei Krystallen ergibt sich  $c : c = 48^{\circ}$ . Auf  $\infty P$  beträgt die Auslöschungsschiefe  $40^{\circ}$ .

### Augit aus dem Basalt von S. Vincent (Capverden)<sup>2</sup>.

Im Dolerit unter dem Dorfe St. Vincent finden sich grössere Krystalle der gewöhnlichen Form, welche von Herrn F. KERTSCHER analysirt wurden<sup>1</sup>. Ihre Zusammensetzung ist:

11 Ca Mg Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Fe O = 5.20
Mg Fe Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 5.25
2 Ca Fe Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 8.15
2 Mg Al <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub>	Na <sub>2</sub> O = 1.46
Mg Fe <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub>	
Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub>	

Die procentuale Menge an Ca Mg Si<sub>2</sub> O<sub>6</sub> beträgt 62. Die Auslöschungsschiefe auf dem Klinopinakoid beträgt  $46^{\circ} 45'$ . Mittel aus 15 Messungen an 2 Krystallen. Für die Prismenfläche erhält man den Werth von  $37^{\circ} 10'$ . Auf dem Orthopinakoid ergibt sich im convergenten Licht für den Werth des Winkels  $u$  in Glas  $11^{\circ} 30'$  (roth).

### Augit aus dem Garzathal (S. Antao).

Grosse Krystalle der gewöhnlichen Form. Chemische Zusammensetzung<sup>3</sup>:

Si O <sub>2</sub> 44.11	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 9.66	8 Ca Mg Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> oder 56 Proc.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 4.95	2 Ca Fe <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> " 15 "
Fe O 5.43	Mg Al <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub> " 7 "
Mg O 21.92	Ca Fe <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub> " 7 "
Ca O 14.06	2 Ca Al <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub> " 15 "
100.13.	

<sup>1</sup> Min. Mitth. 1877, p. 293.

<sup>2</sup> Die Vulcane d. Capverden, p. 85.

<sup>3</sup> Die Vulcane d. Capverden, p. 148.

Es wurde ein Krystall nach der Symmetrieebene durchgeschnitten, der dunkelbraune Schliff ist ganz rein und durchsichtig. Der Winkel wird leicht mit Genauigkeit gemessen. Mittel aus 12 Bestimmungen =  $47^{\circ} 55'$ .

Auf den Prismenflächen beträgt der Winkel  $39^{\circ} 50'$ . Schliffe parallel zum Orthopinakoid zeigen das Bild der Axe sehr nahe dem Mittelpunkt des Gesichtsfeldes. Der Winkel  $\nu$  beträgt in Glas circa  $9^{\circ} 30'$ . Dispersion der Axe sehr gering  $\nu < \rho$ . Pleochroismus kaum merklich<sup>1</sup>.

Augit aus dem Leucitit vom Siderao<sup>2</sup>.

Bei einem grossen Krystall aus dem Leucitit vom Siderao (Säule und Pinakoide) wurde in einem annähernd der Symmetrieebene parallel geschnittenen Präparat durch Beobachtung des Auslöschungsmaximums mittelst 18 Messungen der Werth von  $50^{\circ} 05'$  gefunden<sup>3</sup>. Der Krystall zeigt bräunliche Färbung.

Seine Zusammensetzung ist:

Si O <sub>2</sub>	38.22	3 Ca Mg Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	oder 44 Proc.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.08	Ca Fe Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	.. 14 ..
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.29	Mg Al Si O <sub>6</sub>	.. 14 ..
Fe O	9.14	Mg Fe Si O <sub>6</sub>	.. 14 ..
Ca O	14.80	Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub>	.. 14 ..
Mg O	11.73		
Na <sub>2</sub> O	4.32		
	<u>100.58.</u>		

Im convergenten Licht zeigt sich auf dem Orthopinakoid das Axenbild sehr nahe dem Mittelpunkt des Gesichtsfeldes.

Augit aus dem Nephelinbasalt von Ribeira das Patas (S. Antao).

Krystallform, die gewöhnliche. Die Auslöschungsschiefe konnte früher in Dünnschliffen nur äusserst annähernd gemessen werden, da sich keine Schnitte nach der Symmetrieebene darbieten. Es wurden jedoch einzelne Centimeter grosse Krystalle herauspräparirt und ein Schliff parallel der Symmetrieebene ausgeführt, welcher nelkenbraune Färbung zeigt.

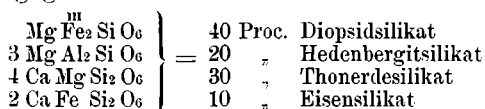
Als Mittel von 18 Bestimmungen ergab sich für die Auslöschungsschiefe der Werth von  $51^{\circ}$  auf der Symmetrieebene, für die Prismenfläche der Werth von  $42^{\circ} 50'$ .

<sup>1</sup> Die Vulc. d. Capverden, p. 128.

<sup>2</sup> Die Vulc. d. Capverden, p. 85.

<sup>3</sup> Da keine Endfläche vorhanden, so liess sich hier nicht bestimmen, ob dies der Auslöschungswinkel, oder sein Complementwinkel sei.

Die chemische Zusammensetzung wird durch folgendes Verhältniss gegeben

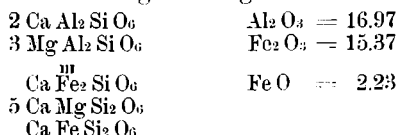


Der Winkel  $\mu$  beträgt in Glas  $8^\circ 30'$ .

#### Augit vom Pico da Cruz.

Da dieser Augit dadurch ausgezeichnet ist, dass er weit mehr Oxydsilikate enthält als Silikate  $\text{RSiO}_3$ , so war es wichtig, seine Auslöschungsschiefe zu bestimmen. Leider war das Material derartig, dass es unmöglich war, von den kleinen Krystallen Schiffe nach der Symmetrieebene herzustellen, und konnte die Auslöschungsschiefe nur in Dünnschliffen gewonnen werden, der Werth beträgt als Mittel aus zahlreichen Messungen  $52^\circ$ ; doch dürfte dieser Werth noch hinter dem wirklichen zurückstehen. Leichter sind die Schiffe nach dem Prisma und nach dem Orthopinakoid herzustellen, die Auslöschungsschiefe auf ersterer Fläche beträgt circa  $42\frac{1}{2}^\circ$ , auf letzterer Fläche zeigt sich im convergenten Licht das Axenbild, wobei der Winkel der Normale zur Orthodiagonale mit der betreffenden optischen Axe ein so kleiner ist, dass die Hyperbel fast in der Mitte des Gesichtsfeldes (bei  $45^\circ$  Stellung) sich befindet, es dürfte der Winkel  $\mu$  nahezu  $0^\circ$  sein.

Die Zusammensetzung ist folgende:

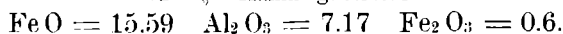


Es ist dies derjenige Augit der Reihe, welcher die grösste Auslöschungsschiefe zeigt.

#### Schwarzer Augit von Arendal<sup>1</sup>.

Krystallform: Querfläche, Längsfläche, Prisma, Basis.

Zusammensetzung:



<sup>1</sup> Min. Mitth. 1878, I. p. 65.

Die Auslöschungsschiefe beträgt  $50^{\circ} 35'$ , doch dürfte dieser Werth zu nieder sein, die Bestimmung ist bei der Undurchsichtigkeit der Schliefe nicht sehr genau. Auf  $\infty P$  ergibt sich der Werth von  $42^{\circ} 50'$ .

Platten parallel zum Orthopinakoid zeigen im convergenten Lichte die Hyperbel in der Nähe des Mittelpunktes des Gesichtsfeldes, jedoch weiter entfernt als bei dem erwähnten Augit von Patas, also jedenfalls grösser als  $10^{\circ}$ .

#### Einfluss des Eisenoxyduls.

Ordnet man die eben beschriebenen Augite nach dem FeO-Gehalt, so ergibt sich folgende Vergleichstabelle:

	FeO	A.-Schiefe
Fassait von Toal d. Foja . . . . .	2.09	$47^{\circ} 10'$
Augit von Pico . . . . .	2.23	$52^{\circ}$
„ „ Greenwood . . . . .	2.55	$42^{\circ} 20'$
„ „ Vesuv, schwarz . . . . .	4.09	$46^{\circ} 45'$
„ „ Aguas caldeiras . . . . .	4.81	$43^{\circ} 35'$
„ „ Cuglieri . . . . .	5.05	$48^{\circ}$
„ „ S. Vincent . . . . .	5.20	$46^{\circ} 45'$
„ „ P. Molar . . . . .	5.43	$45^{\circ} 45'$
„ „ Garza . . . . .	5.43	$47^{\circ} 55'$
„ „ R. d. Patas . . . . .	5.95	$51^{\circ}$
„ „ Vesuv, gelb . . . . .	6.78	$46^{\circ} 57'$
„ „ Bufaure . . . . .	7.74	$47^{\circ}$
„ „ Siderao . . . . .	9.14	$50^{\circ}$
„ „ Arendal, schwarz . . . . .	15.59	$50^{\circ} 35'$

Es ist daher keine gesetzmässige Beziehung zwischen Auslöschungsschiefe und FeO-Gehalt ausfindig zu machen. Wollte man das Verhältniss durch eine Curve darstellen, so würde man eine Zickzacklinie erhalten.

#### Einfluss der Eisenverbindungen überhaupt.

Jedenfalls ist es viel rationeller, den Einfluss, welchen beide Oxydationsstufen des Eisens zusammen ausüben können, zu studiren. Ordnet man nach der Summe des Eisenoxydes und -oxyduls, so erhält man ebenfalls keine gesetzmässige Beziehung und die herzustellende Curve würde eine auf- und absteigende sein:

	Menge der Oxyde	A.-Schiefe
Fassait von Pesmeda . . . . .	7.9	$47^{\circ} 10'$
Augit von Greenwood Furnace . . . . .	7.7	$42^{\circ} 20'$
„ „ Vesuv, gelb . . . . .	7.8	$46^{\circ} 57'$

	Menge der Oxyde	A.-Schiefe
Augit von Garza . . . . .	10.4	47° 55'
„ „ S. Vincent . . . . .	10.5	46° 45'
„ „ Cuglieri . . . . .	11.2	48°
„ „ Bufaure . . . . .	11.5	47°
„ „ P. Molar . . . . .	11.6	45° 45'
„ „ R. Patas . . . . .	13.8	51°
„ „ Arendal . . . . .	16.2	50° 35'

### Einfluss der Thonerde und der Oxyde des Eisens überhaupt.

Nehmen wir die Summen der Mengen  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ , welche jedenfalls die Factoren sind, die am meisten den Auslöschungswinkel beeinflussen, so erhalten wir immerhin ein besseres Bild der Abhängigkeit dieses Winkels von der chemischen Zusammensetzung:

	Summe	Winkelwerth
Augit vom Vesuv, gelb . . . . .	13.8 Proc.	46° 57'
„ von Aguas caldeiras . . . . .	15	43° 35'
„ „ Bufaure . . . . .	16	47°
„ „ P. Molar . . . . .	17	46°
Fassait . . . . .	17	47° 10'
Augit vom Vesuv, schwarz . . . . .	18	46° 45'
„ von S. Vincent . . . . .	18	46° 45'
Diopsid von Nordmarken . . . . .	18	46° 45'
Augit von Garza . . . . .	19	47° 55'
„ „ Cuglieri . . . . .	20	48°
„ „ Westerwald . . . . .	21	51°
„ „ Arendal . . . . .	33	50° 35'
„ „ R. Patas . . . . .	28	51°

Man sieht, dass zwar hier weit weniger Abweichungen vorkommen, als bei Berücksichtigung der Eisenverbindungen allein, jedoch ist der genaue Zusammenhang noch nicht zu erkennen, die Curve, welche man, ähnlich wie in früheren Fällen zu construiren hätte, wäre keine ganz regelmässig aufsteigende, sondern zeigt noch Einbuchtungen.

Einzig richtig bleibt es, wenn man, wie dies HERWIG schon gethan, die entsprechenden Silikate einführt; man erkennt aber auch hier gleich, dass die Berücksichtigung des Hedenbergitsilikats oder des Eisenmagnesiumsilikats allein nicht ausschlaggebend sind, sondern auch hier haben wir die Summe

derjenigen Silikate zu nehmen, welche entweder Eisenoxydul, Eisenoxyd oder Thonerde enthalten.

Vergleichen wir einige Glieder, die nahezu gleichen FeO-Gehalt zeigen. in Bezug auf ihre Auslöschungsschiefe:

	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A.-Schiefe
Fassait . . . . .	10.1	5.05	47° 10'
Greenwood Furnace . . . . .	5.09	5.05	42° 25'
Pico da Cruz . . . . .	16.97	15.37	51° 50'
ferner			
schwarzer Augit vom Vesuv . .	9.75	4.47	46° 45'
Aguas Caldeiras . . . . .	7.89	3.51	43° 35'
Cuglieri . . . . .	8.61	6.32	48°
S. Vincent . . . . .	8.15	5.25	46° 45'
Garza . . . . .	9.66	4.95	47° 55'
P. Molar . . . . .	5.67	6.18	45° 45'
endlich			
R. Patas . . . . .	14.24	7.89	51°
Bufaure . . . . .	5.09	3.77	47°
Mte. Rossi . . . . .	5.5	5.52	48°
Siderao . . . . .	13.08	9.29	50°

In der ersten Gruppe sieht man deutlich, dass die Thonerde einen grösseren Einfluss ausübt; von den drei Augiten, welche nahezu gleich viel FeO enthalten, enthalten die ersten zwei überdies gleichen Eisenoxydgehalt, und hier bedingt das Thonerdesilikat allein die Steigerung des Winkels.

In der zweiten Gruppe haben wir die Augite von Garza und P. Molar, die gleichen Eisenoxydulgehalt zeigen, im Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt wenig differiren, aber verschiedene Thonerdemengen aufweisen; dieser letztere Unterschied gibt sich in der Auslöschungsschiefe kund, welche bei dem einen 45° 45', bei dem anderen 48° beträgt; ebenso zeigen die Augite von S. Vincent und Garza, welche im Eisengehalt nicht viel differiren, Unterschiede von über 1°.

Vergleicht man die Summe der beiden Eisenoxyde, so erhält man ein ähnliches Resultat. Sehr treffend ist der Vergleich des grünen Vesuv-Augites mit dem schwarzen. Beide enthalten nahezu gleiche Mengen von Eisenoxydul und Eisenoxyd (der schwarze ist jedoch etwas eisenreicher), dagegen hat der grüne Augit nur 4.84 Thonerde, der schwarze 9.75, die Auslöschungsschiefe des ersteren beträgt 41°, die des letzteren 46° 45'.

Um nun die Abhängigkeit der optischen Constanten von der chemischen Zusammensetzung am genauesten ins Licht zu setzen, müssen wir zu den Silikaten zurückkehren und die resp. Mengen der früher erwähnten Silikate mit der zugehörigen Auslöschungsschiefe des Krystalls vergleichen. Damentlich die drei Silikate:  $MgFe_2SiO_6$ ,  $MgAl_2SiO_6$ ,  $CaFeSi_2O_6$  immer zusammen vorkommen, so können wir nur den Einfluss der Summen derselben ermessen.

Construirt man eine Curve, bei der als Abscissen die Menge des Hedenbergsilikates allein genommen wird, so erhält man eine Zickzacklinie; ebenso wenn man das Thonerdesilikat allein nimmt.

In folgender Tabelle sind die einzelnen Augite nach der Summe aller Eisen und Aluminium haltigen Silikate oder in absteigender Reihe nach der Menge des Diopsidsilikates geordnet.

	Ansl.-Schiefe auf		Beob.	Ca Mg Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Ca Fe Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Mg Fe <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub>	Mg Al <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub>	Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si O <sub>6</sub>	Analyse
	∞P∞	∞P		Proc.					
Augit v. Vesuv, grün . . . . .	41°	31° 10'	D.	76	10	4	10	—	D.
„ „ Greenwood Furnace . . . . .	42° 20'	31° 50'	„	73	8	8	11	—	„
„ „ Aguas Caldeiras . . . . .	43° 35'	34°	„	70	10	5	10	5	„
„ „ P. Molar . . . . .	45° 45'	37°	„	64	15	7	7	7	„
„ „ S. Vincent . . . . .	46° 45'	37° 10'	„	62	17	5	11	5	„
„ „ Vesuv (schwarzgrün) . . . . .	46° 45'	—	„	62	13	6	19	—	„
„ „ Bufaure . . . . .	47°	37° 30'	„	60	25	5	10	—	„
„ „ Mti Rossi . . . . .	47° 11'	—	Hg.	60—57	24	7	12	—	RAMM.
	48°	—	W.)						
„ „ Toal della Foja . . . . .	47° 10'	38°	D.	60	7	7	26	—	D.
„ „ Vesuv (gelb) . . . . .	46° 57'	—	„	59	27	2	12	—	„
„ „ Garzathal . . . . .	47° 55'	39° 50'	„	57	14	7	22	—	„
„ „ Cuglieri . . . . .	48°	40°	„	56	16	8	20	—	„
„ „ Westerwald . . . . .	50° 37'	—	Hg.	47	28	9	16	—	RAMM.
„ „ Siderao . . . . .	50° 05'	—	D.	44	14	14	14	14	D.
„ „ R. Patas . . . . .	51°	42° 50'	„	40	20	10	30	—	„
„ „ Pico da Cruz . . . . .	52°	42° 40'	„	35	8	21	36	—	„
„ „ Arendal . . . . .	50° 35'	42° 50'	„	33	51	—	16	—	„

Man hat also eine continuirliche Zunahme der Auslöschungsschiefe bei Abnahme des Diopsidsilikates. Leider ist das



vorliegende Material kein sehr grosses; von anderen hier nicht angeführten Beobachtungen wären nur wenige zu berücksichtigen, da eben fast nirgends die Identität zwischen gemessenem Material und analysirtem festzustellen ist. Der Augit von Schima, welcher 74 Proc.  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$  und 26 Eisen- und Thonerdesilikate enthält, gibt nach WIK 46°, nach HERWIG aber einen Auslöschungswinkel von 40° 11' statt circa 42°, wie dies der Tabelle nach sein sollte. Aber hier ist von einer Messung an analysirtem Material keine Rede, ebenso wenig bei den Augiten vom Laacher See (HERWIG), deren Winkel ebenfalls etwas zu gering ist [40° 11' statt 41° 30'].

Der Augit vom Westerwald würde ungefähr 50° für die Auslöschungsschiefe ergeben müssen. HERWIG beobachtete an einem solchen 50° 37', doch ist auch hier die Identität zweifelhaft.

Es ist zu bemerken, dass bei Vorhandensein von mehreren Silikaten nicht immer festzustellen ist, ob  $\text{FeAl}_2\text{SiO}_6$  oder  $\text{MgAl}_2\text{SiO}_6$  vorhanden ist, daher die Zahlen in obiger Zusammenstellung nicht absolute sind, indem die Formel, welche die Zusammensetzung ausdrückt, immer so erhalten wurde, dass, um sowohl dem Einfluss der Thonerde als des Eisenoxyduls Rechnung zu tragen, das letztere immer nur als  $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$  angeführt wurde.

Ferner ist zu berücksichtigen, dass schon bei kleinen Schwankungen der Analysenresultate die Reihenfolge geändert würde, und dass endlich in einigen Fällen wenigstens, die früher erwähnt wurden, der Schnitt nicht vollkommen mit der Symmetrieebene zusammenfällt, und daher vielleicht eine kleine Abweichung möglich wäre.

Berücksichtigt man diese Fehlerquellen, so kommt man zu dem Resultate, dass die Auslöschungsschiefe thatsächlich von der Summe der Eisen und Thonerde haltigen Silikate oder umgekehrt von der Menge Diopsidsilikate abhängig ist. Construiert man eine Curve, indem man zu Abscissen jene Summe annimmt, so erhält man eine parabelähnliche Curve, welche später noch genauer zu betrachten sein wird.

Es fragt sich nun, ob Eisenoxydulsilikat, Eisenoxydsilikat und Thonerdesilikat den gleichen Einfluss ausüben? Es ist dies a priori nicht wahrscheinlich und auch die Erfahrung zeigt das Gegentheil. Einige Beobachtungen lassen den Schluss zu,

dass der Einfluss des Silikates  $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$  geringer sei als der der übrigen. Zeichnet man in die Curve die Coordinaten für den Diopsid von Nordmarken, den Hedenbergit von Tunaberg, so erhält man Punkte, welche nicht auf der Curve liegen, sondern unter derselben; die Werthe von  $y$  sind geringer.

Der obige Satz, dass die Summe der Verbindungen massgebend sei, ist also nur dann richtig, wenn diese alle, und zwar in nicht zu grossem Missverhältnisse vertreten sind.

Um den Einfluss des Thonerde- und Eisenoxydsilikates zu ermessen, muss man solche Augite vergleichen, welche gleichen oder nahezu gleichen Gehalt an Eisenoxydsilikat haben.

	Thonerdesil.	Eisenoxydsil.	A.-Schiefe
Fassait . . . . .	26	7	47° 10'
Greenwood . . . . .	11	8	42° 25'
Pico . . . . .	36	21	52°
ferner			
Aguas Caldeiras . . . . .	15	5	43° 35'
P. Molar . . . . .	14	7	45° 45'
S. Vincent . . . . .	11	5	46° 45'
Vesuv, schwarz . . . . .	19	6	46° 45'
Garza . . . . .	22	7	47° 55'
Cuglieri . . . . .	20	8	48°
Siderao . . . . .	28	14	50°
endlich			
Bufaure . . . . .	10	5	47°
Mte. Rossi . . . . .	12	7	48°
R. Patas . . . . .	30	10	51°

Sehr deutlich wird der Einfluss des Thonerdesilikates in der zweiten Gruppe, deren Eisenoxydulgehalt 14—17 Proc. beträgt; die fünf ersten enthalten fast gleichviel Eisenoxydsilikat. Die Differenz ist also hier fast ausschliesslich dem Thonerdesilikat zuzuschreiben; trägt man die Quantitäten 14, 11, 19, 22, 20 als Ordinaten auf, so erhält man eine parabelähnliche Curve, wie die auf Taf. I für die Summen der Silikate construirte.

Vergleicht man dagegen diejenigen Augite, bei denen die Summe des Eisenoxydsilikates und des Eisenoxydsilikates gleich ist, welche aber durch verschiedenen Thonerdegehalt sich unterscheiden, so sieht man auch hier ein Wachsen der Auslöschungsschiefe mit der Menge des Thonerdesilikates.

	Thonerdesil.	A.-Schiefe
Augit von R. das Patas . . . . .	30 Proc.	51°
" " Bufaure . . . . .	10 "	47°
" " Siderao . . . . .	28 "	50°
" " Mte. Rossi . . . . .	12 "	47—48°
" " Vesuv, gelb . . . . .	12 "	46° 57'

Die Summe der Eisensilikate beträgt bei allen fünf 29 bis 31 Proc. Leider liegen zu wenig Beobachtungen vor, um daraus den Einfluss des Thonerdesilikates genauer studiren zu können. Berechnet man in ähnlicher Weise den Einfluss des Eisenoxydsilikates, indem man diejenigen Augite vergleicht, bei denen die Summe des Thonerdesilikates und des Eisenkalksilikates gleich ist, so sieht man, dass ein Aufsteigen des Werthes der Auslöschungsschiefe bei steigendem  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -Gehalt stattfindet.

So viel steht fest, die drei hier berücksichtigten Silikate:  $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ ,  $\text{MgAl}_2\text{SiO}_6$ ,  $\text{MgFe}_2^{\text{III}}\text{SiO}_6$  wirken in gleichem Sinne, aber quantitativ etwas verschieden auf die Höhe der Auslöschungsschiefe, es zeigt sich auch, dass das erste dieser Silikate den geringsten Einfluss hat, da aber die zwei letzteren Silikate gewöhnlich zusammen vorkommen und zwar überdies gleichzeitig mit ersterem, so ist es nicht möglich zu eruiren, welches der Silikate auf den Werth des Winkels am meisten Einfluss hat; nach den wenigen Beobachtungen die vorliegen, dürften die beiden Silikate keinen sehr verschiedenen Werth der Auslöschungsschiefe besitzen.

Es bleibt nun eine wichtige Frage zu besprechen: stimmt die Curve für den Diopsid mit der für den Thonerde-Augit überein? Nach HERWIG wäre dieses der Fall, nach meinen Untersuchungen jedoch nicht. Die nach meinen Messungen und denen WILK's zusammengestellte Curve für die Diopside stimmt mit der Augitcurve, wie sie aus meinen Messungen hervorgeht, nicht überein. Der Diopsid von Nordmarken müsste circa 50° Auslöschungsschiefe besitzen, während sowohl WILK, TSCHERMAK, HERWIG als ich weniger als 47° fanden. Für den Hedenbergit wurde übereinstimmend weniger als 48° gefunden, während die Augitcurve über 53° verlangen würde. Das zeigt, dass, ob man nun zu Abscissen die Menge der Oxyde oder, wie ich glaube, besser die Silikate nimmt,

doch niemals eine Übereinstimmung für Diopsid und Thonerde-Augit zu beobachten ist. Dies geht auch deutlich aus der auf Taf. I construirten Curve für die Diopside hervor, beide Curven schneiden sich in einem Punkte, für welchen  $x = 20$ ,  $y = 39$  ist. Leider sind für die Diopsidreihe zu wenig Punkte bestimmt, so dass die eingezeichnete Curve weniger genau ist als für den Augit.

Man kann auch den Versuch machen, die Curven durch Gleichungen auszudrücken. Bei der Diopsidcurve ist dies deshalb von grosser Wichtigkeit, als wir hier nur zwei Mischungen haben, die auf die Anlöschungsschiefe einwirken,  $\text{Ca Mg Si}_2 \text{O}_6$  und  $\text{Ca Fe Si}_2 \text{O}_6$ . Nimmt man an, dass, was wohl der Form der Curve nach berechtigt erscheint, die Gleichung von der Form

$$y = a + bx + cx^2$$

sei, so können wir die drei Constanten wenigstens annähernd berechnen, wenn wir die stark differirenden Werthe für  $x$  und  $y$  einsetzen. Zu diesem Zwecke können folgende Daten dienen:

$x = 10$	$x = 20$	$x = 91$
$y = 36$	$y = 39$	$y = 48$

Aus den drei Gleichungen

$$\begin{aligned} 36 &= a + 10b + 10^2c \\ 39 &= a + 20b + 20^2c \\ 48 &= a + 91b + 91^2c \end{aligned}$$

erhalten wir für  $a$ ,  $b$ ,  $c$  folgende Werthe

$$a = 32.6 \qquad b = 0.36 \qquad c = -0.0021$$

daraus die Gleichung

$$y = 32.6 + 0.36x - 0.0021x^2.$$

Die Anlöschungsschiefe des reinen  $\text{Ca Mg Si}_2 \text{O}_6$  wäre demnach  $32\frac{1}{2}^\circ$ , dieser Werth ist selbstverständlich kein sehr genauer, denn der Werth von  $y = 48$  ist eben kein genauer, und wäre es auch nothwendig, um den exacten Werth der Constanten zu erhalten, die Methode der kleinsten Quadrate anzuwenden, dazu fehlt aber beim Diopsid eine grössere Anzahl von genauen Messungen.

Für  $x = 55$  (Diopsid von Nordmarken) erhalten wir  $y = 46^\circ 15'$  statt  $46^\circ 45'$ , daher zeigt es sich, dass obige Gleichung nicht ganz genau ist. Für  $x = 100$ , also für das

reine Hedenbergsilikat ist  $y = 47^{\circ} 6'$  und beweist dies, dass von  $x = 80$  an die Curve nicht mehr steigt, aus diesem Grunde wird sie nur für solche Diopside praktisch verwerthbar sein, welche unter 50 Proc.  $\text{FeCaSi}_2\text{O}_6$  enthalten, bei diesen wird man vermittelst der Gleichung aus der Auslöschungsschiefe einen Schluss auf den Eisengehalt ziehen können.

Auch in der Augitreihe kann man von der Annahme ausgehen, dass die Gleichung der Curve durch die Formel

$$y = a + bx + cx^2$$

repräsentirt werde. Da die Beobachtungen in der Nähe der Punkte  $x = 0$  und  $x = 100$  fehlen, so müssen wir, um halbwegs verlässliche Resultate zu erhalten, die Methode der kleinsten Quadrate anwenden. Auf diese Weise wurden aus 9 der besten Messungen die Constanten  $a$ ,  $b$ ,  $c$  bestimmt:

$$a = 30.60 \quad b = 0.518 \quad c = -0.0028.$$

Um die Übereinstimmung der aus diesen, in obige Gleichung eingesetzten Constantenwerthen erhaltenen berechneten Auslöschungsschiefen mit den gemessenen zu prüfen, kann folgende Zusammenstellung dienen:

	beobachteter Werth	berechneter Werth
$x = 24^{\circ}$	$y = 41^{\circ}$	$41^{\circ} 14'$
$x = 27^{\circ}$	$y = 42^{\circ} 20'$	$42^{\circ} 24'$
$x = 30^{\circ}$	$y = 43^{\circ} 35'$	$43^{\circ} 40'$
$x = 36^{\circ}$	$y = 45^{\circ} 45'$	$45^{\circ} 45'$
$x = 38^{\circ}$	$y = 46^{\circ} 45'$	$46^{\circ} 41'$
$x = 40^{\circ}$	$y = 47^{\circ}$	$46^{\circ} 55'$
$x = 43^{\circ}$	$y = 47^{\circ} 55'$	$47^{\circ} 48'$
$x = 44^{\circ}$	$y = 48^{\circ}$	$48^{\circ}$
$x = 60^{\circ}$	$y = 51^{\circ}$	$51^{\circ} 20'$

Die Gleichung für den Augit ist demnach

$$y = 30.6 + 0.518 x - 0.0028 x^2.$$

Für  $x = 0$  erhält man die Auslöschungsschiefe des reinen Diopsidsilikates, es differirt von dem früheren aus der Diopsidegleichung erhaltenen Werthe um  $2^{\circ}$ , was eben der Ungenauigkeit bei Berechnung der Gleichungen zuzuschreiben sein wird.

Für  $x = 100$  ist  $y = 54^{\circ} 25'$  und wäre dies die Auslöschungsschiefe des Eisen- und Thonerde-reichsten Augits, wobei jedoch die Annahme gemacht ist, dass die drei früher erwähnten Silikate  $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ ,  $\text{MgAl}_2\text{SiO}_6$ ,  $\text{MgFe}_2\text{SiO}_6$  zusammen vorkommen. Wenn eines derselben fehlt, kann die

Auslöschungsschiefe verschieden, namentlich etwas höher sein, was jedenfalls dann der Fall sein dürfte, wenn  $\text{CaFeSi}_2\text{O}$  ganz fehlt. Obwohl die obige Gleichung genau genommen, nur für die Werthe zwischen  $x = 24$  und  $x = 64$  Gültigkeit hat, und namentlich für höhere Werthe weniger genau wird, so kann man doch aus den berechneten  $y$  für  $x = 80$  und  $x = 90$  schliessen, dass von ersterem Punkte an  $y$  fast nicht mehr steigt, wie dies übrigens auch bei der Diopsidcurve der Fall war.

Die obige Gleichung gestattet nun, wenn  $y$  bekannt ist, auf den Werth von  $x$ , d. h. auf die chemische Zusammensetzung einen Schluss zu machen und es wird daher unter Umständen, wenn eine genaue Bestimmung von  $y$  möglich ist, auf die Menge Eisen- resp. Thonerdesilikat zu schliessen, ermöglicht; da die meisten in Gesteinen vorkommenden Augite zwischen  $x = 30$  und  $x = 45$  liegen, so wird man wenigstens approximativ aus  $y$  einen Schluss ziehen können.

Die zwei oben berechneten Gleichungen bestätigen, dass die Curven für Augit und Diopsid zwar in gleichem Sinne auslaufen, aber sich nicht vollkommen decken. Der Werth der Auslöschungsschiefe des vollkommen reinen, in der Natur nicht vorkommenden  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$  dürfte über  $32^\circ$  betragen.

Bei den Augiten variiert der Werth der Auslöschungsschiefe auf dem primären Prisma  $\infty P$  (im stumpfen Axenwinkel gemessen), ebenso wie auf dem Klinopinakoid. Als Maximum ergab sich der Werth  $42^\circ 50'$ , als Minimum  $31^\circ 10'$ . Die Curve ist der eben besprochenen ähnlich. In den Praxis hat der Werth der Auslöschungsschiefe auf dem Prisma immerhin seine Wichtigkeit, denn Schlitze nach dieser Fläche sind gewöhnlich leichter herzustellen. Wegen der zahlreichen Spalt- risse ist es jedoch immer schwer, gute Schlitze herzustellen, so dass die Beobachtung niemals so genau ausfällt wie bei Schliffen parallel der Symmetrieebene.

Für die Diopside ist der Werth der Auslöschungsschiefe auf dem Prisma kleiner als für den entsprechenden Augit, d. h. bei gleichem  $x$  ist  $y$  für den Diopsid kleiner als für den Augit, also dasselbe Verhältniss bei der Auslöschungsschiefe auf dem Klinopinakoid.

### Beobachtung im convergenten Lichte.

Die Änderung der Lage der Mittellinien und die dadurch bewirkte Änderung der Lage der optischen Axen muss nothwendiger Weise in Schlifren parallel dem Orthopinakoid eine Veränderung des Interferenzbildes hervorbringen, indem der Winkel, den die optische Axe mit der Normale zum Orthopinakoid bildet, grosse Differenzen aufweist.

TSCHERMAK (l. c. p. 22) hat bereits durch genaue Messungen gefunden, dass jener Werth bei Diopsiden zwischen  $38^{\circ}$  und  $22^{\circ}$  variirt; bei einem Augit von Borislav wurde der Werth mit  $24^{\circ} 30'$  für den dunkleren Kern, mit  $29^{\circ} 35'$  für die lichtere Hülle gefunden. Ein Augit von Frascati ergab einen Werth von  $3^{\circ} 40'$  (roth) resp.  $2^{\circ} 3'$  grün. Dies zeigt grosse Unterschiede zwischen Diopsiden und Augiten; leider jedoch fehlen Angaben über die chemische Zusammensetzung dieser beiden Augite, welche nicht analysirt worden sind; daher war es von grosser Wichtigkeit, die Serie der Thonerde-Augite, welche von mir in Bezug auf die Auslöschungsschiefe untersucht wurden, auch in dieser Hinsicht zu prüfen. Ich habe nun eine Anzahl von Schlifren parallel dem Orthopinakoid hergestellt und dieselben unter dem Mikroskop mittelst der Condensorlinse geprüft.

Es ergibt sich dabei eine regelmässige Abnahme der Entfernung der optischen Axe von dem Mittelpunkt des Gesichtsfeldes mit der Abnahme an Diopsidsilikat.

Da die weit einfachere Untersuchung von Platten im convergenten Lichte u. d. M. sehr deutliche Resultate ergibt und wie ich glaube, eine praktische Verwendung finden kann, wie dies bei den Plagioklasen der Fall ist, denn Platten nach dem Orthopinakoid sind auch in Schlifren an Gesteinen am leichtesten ausfindig zu machen, so will ich etwas näher darauf eingehen. Wendet man bei allen Schlifren das gleiche Objectiv (am besten Nr. 7 HARTNACK) an, so kann man sich von der Änderung des Winkels der Normale zur optischen Axe leicht überzeugen. Man wendet zum Vergleich diejenige Stellung an, bei der die Auslöschungsrichtung (Verticalaxe) einen Winkel von  $45^{\circ}$  mit den Nicols bildet. Bei eisenarmen Diopsiden (Baikalit, Zillerthal) fällt die optische Axe gänzlich ausserhalb des Gesichtsfeldes.

Bei dem Diopsid von Arendal ( $\text{Ca Mg Si}_2 \text{O}_6$ -Gehalt = 80 Proc.) erscheint die Hyperbel am Rande des Gesichtsfeldes; beim Augit von Greenwood rückt sie bereits näher; der Augit von Aguas Caldeiras zeigt das Bild der Axe in einer Entfernung, welche ungefähr  $\frac{2}{3}$  des Radius des Gesichtsfeldes beträgt. Die Augite von P. Molar und von Bufaure verhalten sich ungefähr gleich und ist die Axe etwas näher dem Mittelpunkte als bei dem eben erwähnten. Weit näher liegt die Axe dem Centrum bei dem Augit vom Garzathale (Entfernung circa  $\frac{1}{2}$  des Radius). Der Augit von S. Vincent, welcher chemisch ungefähr dem von Bufaure entspricht, zeigt auch eine nahezu gleiche Entfernung des Bildes.

Der Augit von Siderao zeigt das Bild der Axe sehr nahe dem Mittelpunkte des Gesichtsfeldes, ebenso wie der Augit von Rib. Patas, während der von Picos mit ihm zusammenfällt; auch hier verhalten sich die Diopside von Nordmarken und Tunaberg etwas verschieden, denn die Winkel sind hier grösser, als man es ihrer chemischen Zusammensetzung nach erwarten könnte. Der von Nordmarken hat einen Winkel, welcher grösser ist, als der des Augites von S. Vincent. Es stimmt dies mit dem Werthe der Auslöschungsschiefe auf  $\infty P \infty$ . Der Hedenbergit von Tunaberg stimmt in dieser Hinricht fast mit dem von Nordmarken überein.

Abnorm verhält sich auch der Fassait, bei dem das Bild der Axe ebenfalls am Rande erscheint, wie bei den normalen Diopsiden, und der einen grossen Werth für  $u$  ergibt. Es muss hervorgehoben werden, dass man, wenn man die Endglieder der Reihe u. d. M. betrachtet hat, die Übrigen ohne Schwierigkeit anordnen kann, auch ohne die chemische Zusammensetzung zu kennen; so gelang es mir, ohne die Schliﬀ-etiquetten zu betrachten, die Schliﬀe richtig anzuordnen. Da wie gesagt, in Gesteinsschliﬀen das Orthopinakoid am allerleichtesten aufgefunden werden kann, so wird man eine Beobachtung im convergenten Lichte, namentlich wenn man einige Glieder zum Vergleich besitzt, zur Bestimmung, ob ein eisen- und thonerdereicher Augit oder nicht vorliegt, verwenden können. Der Abstand wächst im Allgemeinen mit der Menge des Diopsidsilikats. Es wurde auch der Versuch gemacht, den Winkel der optischen Axe mit der Normale zum



Orthopinakoid zu messen, und wurden Platten parallel zum Orthopinakoid im Schneider-Adam'schen Apparat untersucht. Leider sind die dabei sichtbaren Bilder, wahrscheinlich wegen zu geringer Durchsichtigkeit oder wegen zu geringer Dicke der Platte, oft etwas verschwommen, obgleich dieselben Platten bei Anwendung der condensirenden Linse u. d. M. sehr scharfe Bilder ergaben. Es haben daher diese Messungen nur einen approximativen Werth, können aber jedenfalls dazu dienen, um zu zeigen, dass auch hier eine regelmässige Abnahme des Winkels beobachtet wird (mit Ausnahme des, wie erwähnt, sich abnorm verhaltenden Fassaites). Da die Werthe im Schneider'schen Apparate gemessen sind, wobei bekanntlich das Präparat in einer Glaskugel eingeschlossen wird, so sind sie selbstverständlich von den von TSCHERMAK für Diopsid erhaltenen verschieden. Ein anderer Apparat zur Bestimmung des Winkels für so dünne Platten, wie sie nothwendigerweise hergestellt werden müssen, um bei so dunklen Krystallen überhaupt ein Bild hervorzurufen, stand mir nicht zu Gebote.

	u	
Diopsid von Nordmarken . . . . .	16° 30'	roth
Augit vom Vesuv, grün . . . . .	25° 20'	„
„ von Aguas Caldeiras . . . . .	12° 30'	„
„ „ S. Vincent . . . . .	11° 30'	„
Fassait . . . . .	20° 30'	„
Augit vom Garzathal . . . . .	9° 30'	„
„ von R. das Patas . . . . .	8° 30'	„

### Resultate.

1. Die Beimengung von  $\text{FeCaSi}_2\text{O}_6$  zu dem Silikat  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$  bedingt eine Erhöhung des Werthes der Auslöschungsschiefe in der Symmetrieebene und auch in den Prismenflächen.

2. Ebenso wird durch Beimengung von Silikaten der Form  $\overset{\text{II}}{\text{R}}\overset{\text{III}}{\text{R}}_2\text{SiO}_6$  eine solche Erhöhung bedingt, und zwar bringt dieselbe procentuale Menge letzterer Silikate eine grössere Änderung der Auslöschungsschiefe hervor, als die durch  $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$  hervorgerufene.

3. Trägt man die Summe der procentualen Mengen aller dieser Silikate ( $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$  sowohl als  $\overset{\text{II}}{\text{R}}\overset{\text{III}}{\text{R}}_2\text{SiO}_6$ ) als Abscissen auf und nimmt zu Ordinaten die Werthe der Auslöschungsschiefe

schiefe, so erhält man eine allmählig aufsteigende Curve von der Form  $y = a + bx + cx^2$ . Nimmt man jedoch zu Abscissen die Werthe von  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  einzeln oder ihre Summe, so erhält man eine wenig regelmässig verlaufende Curve.

4. Die Curve für die Diopside (Verbindungen von  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$  mit  $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ ) fällt mit der für die Thonerde-Augite nicht überein, indem bei letzteren, bei gleichen Abscissen,  $y$  höher ist. Für das theoretische, vollkommen eisen- und thonerdefreie Kalk-Magnesiumsilikat erhält man als Auslöschungsschiefe circa  $32^\circ 30'$ .

5. Der Werth des Winkels der Normale zum Orthopinakoid mit einer optischen Axe nimmt im Allgemeinen mit der Summe der Eisen- und Thonerdesilikate zu.

Nachschrift. — P. MANN hat im letzten Heft dieses Jahrbuchs Beobachtungen an zwei Augiten veröffentlicht, in welchen das Silikat  $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{SiO}_6$  vorhanden ist, und die eine weit kleinere Auslöschungsschiefe besitzen, als zu erwarten war. Dies würde beweisen, dass jenes Silikat den Werth des Auslöschungswinkels bedeutend erniedrigt. Die hier beobachteten Augite, welche geringe Mengen von Thonerde-Natron-Silikat enthalten, zeigen jedoch höhere Werthe für diesen Winkel. Es müssen jedenfalls weitere Beobachtungen angestellt werden, um zu constatiren, ob jenes Natron-Eisen-Silikat ebenfalls einen kleinen Werth für die Auslöschungsschiefe ergibt, wie dies bei dem Akmit-Silikat  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $4\text{SiO}_2$  thatsächlich der Fall ist.

---