

Beobachtung von Interferenzerscheinungen an Kristallplatten im konvergenten polarisierten Licht mit Hilfe von Monobromnaphthalin-Kondensoren.

Von

Arthur Ehringhaus in Göttingen.

Mit Taf. I.

Literatur über Monobromnaphthalin-Immersionssysteme.

1. H. VAN HEURCK, Bull. de la Soc. Belge de Microscopie. Année XV. No. 11. 69—71. 1889. — Kurzer Bericht über ein neues Immersionssystem, von einer numerischen Apertur weit über 1,52, das von C. ZEISS nach Rechnungen von ABBE ausgeführt wurde.
2. W. BEHRENS, Notiz über eine neue Art homogener Immersionssysteme. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie. 6. 307. 1889.
3. S. CZAPSKI, Über ein System von der numerischen Apertur 1,60, hergestellt nach Rechnungen von Prof. ABBE in der opt. Werkstatt von C. ZEISS. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie. 6. 417—42.
4. TH. LIEBISCH, Nachr. Ges. d. Wiss. Göttingen 1888. 202. Grundriß der physikalischen Kristallographie. Leipzig 1896. p. 306—307. — LIEBISCH erwähnt ein von R. FUESS 1885 angefertigtes Immersionssystem mit der numerischen Apertur 1,47.
5. H. ROSENBUSCH und E. A. WÜLFING, Mikroskopische Physiographie etc. I. 1. 208—209. Stuttgart 1904. — Mitteilung über eine von VOIGT und HOCHGESANG gelieferte, von R. WINKEL konstruierte Monobromnaphthalin-Immersion mit der numerischen Apertur 1,52.

Bemerkung. 1. und 3. beziehen sich auf dasselbe System von ABBE-ZEISS, numerische Apertur 1,60; 2. und 4. auf das System von R. WINKEL, numerische Apertur 1,52. Die Immersionen von FUESS und WINKEL sind bestimmt für konoskopische Beobachtungen, diejenige von ZEISS für Auflösung feinsten Strukturen bei gewöhnlicher mikroskopischer Beobachtung.

Die α -Monobromnaphthalin-Immersion von R. WINKEL mit der numerischen Apertur 1,52 besitzt in ihrer neueren Ausführung¹ eine verhältnismäßig gute sphärische und chromatische Korrektion. Sie kann deshalb bei nicht zu feinkörnigen Dünnschliffen auch zur Aufsuchung und Einstellung eines bestimmten Mineralen im parallelen Licht dienen. Der etwas umständliche Wechsel zwischen Trockensystem und Immersion kann also zum Teil vermieden und die Beobachtung dadurch wesentlich vereinfacht werden. Bei der gewöhnlichen mikroskopischen Beobachtung kann ein Immersionssystem mit hoher numerischer Apertur auch dann mit Vorteil angewandt werden, wenn das Objekt mit Büscheln von geringerer als der maximalen Apertur der Immersion beleuchtet wird. Die Beobachtung des ganzen im konvergenten polarisierten Licht bei der Apertur 1,52 übersehbaren Interferenzbildes erfordert aber unbedingt, daß beleuchtende Strahlen bis mindestens zu dieser Apertur vorhanden sind. Der bisher zu der Immersion gelieferte Kondensator ging nun in seiner numerischen Apertur nicht über 1,40 hinaus. Da Angaben über einen Kondensator von höherer Apertur in der WINKEL'schen Werkstätte nicht aufzufinden waren, so war eine Neukonstruktion nötig. Diese wurde nach Rechnungen des Verfassers vor kurzem ausgeführt.

Der neue, aus drei Linsen aufgebaute Monobromnaphthalin-Kondensator besitzt die numerische Apertur 1,55. Seine Frontlinse besteht aus einem verhältnismäßig recht farblosen Flintglase, das in seinem Brechungsexponenten ganz nahe mit dem des Monobromnaphthalins von rund 1,66 übereinstimmt. Die Äquivalentbrennweite des Beleuchtungssystemes beträgt etwa 5 mm in Luft, entsprechend einem Betrage von 8,5 mm in Monobromnaphthalin. Bei Anwendung eines 20 mm-AHRENS-Prismas wird die Austrittspupille des Kondensators hinreichend mit Licht erfüllt. Soll die volle Apertur 1,55 zur Geltung kommen, so müssen besondere starkbrechende Objektträger benutzt werden. Untersucht man fertige Kristallpräparate, welche mit Canadabalsam auf gewöhnliche Objektträger aufgeklebt sind, so erreicht man eine numerische

¹ Diese geht zurück auf eine Anregung von Herrn E. A. WÜLFING in Heidelberg.

Apertur von gut 1,50. Die günstigste Dicke der Objektträger beträgt 0,8—0,9 mm, wenn als Untersuchungsobjekte dünne Kristallplatten bis zu 0,5 mm etwa vorliegen. Bei dickeren Platten müssen die Objektträger entsprechend dünner gewählt werden.

Bezeichnen wir den mittleren Brechungsindex einer Kristallplatte mit b , den halben wahren Winkel zwischen den optischen Achsen mit α und die numerische Apertur des Beobachtungssystems mit A , so lautet die Bedingung dafür, daß die Spuren der optischen Achsen gleichzeitig im Gesichtsfelde des Systemes erscheinen,

$$b \sin \alpha \leq A.$$

In seinem Grundriß gibt LIEBISCH¹ zwei Tabellen von Kristallen. In der ersten ist das obige Produkt immer kleiner als 1, in der zweiten liegt es zwischen 1 und 1,20. In Trockensystemen kann man nur die optischen Achsen von Kristallen übersehen, bei welchen das Produkt $b \cdot \sin \alpha$ kleiner als 1 bzw. 0,95 ist. Bei den Beispielen der zweiten Tabelle von LIEBISCH werden die optischen Achsen sichtbar in den bekannten Nörrenbergssystemen der Konoskope nach NÖRRENBURG und nach DES CLOIZEAUX, wenn man als Immersionsflüssigkeit Wasser oder ein schwachbrechendes Öl wie Olivenöl anwendet. Die Apertur mehrerer dieser Systeme fand ich zu 1,20 bis 1,23. An einer Schwefelplatte senkrecht zur spitzen Bisektrix mit $A = 1,20$ tauchen die Spuren der optischen Achsen in den Nörrenbergssystemen eben am Rande des Gesichtsfeldes auf.

Es folgt hier eine weitere Tabelle von Kristallplatten, bei denen das kritische Produkt zwischen 1,3 und 1,55 liegt. Die Tabelle enthält nur Platten senkrecht zur stumpfen Bisektrix.

Platten \perp st. Bis.	b_{Na}	$2 \alpha_{Na}$	$b \sin \alpha$
Bittersalz	1,455	128° 33'	1,31
Topas vom Schneckenstein . . .	1,618	117 27	1,38
Borax	1,47	151 18	1,42
Anhydrit	1,575	136 19	1,46
Kaliumnitrat	1,51	172 48	1,51
Baryt	1,637	143 15	1,55

¹ TH. LIEBISCH, l. c. p. 381.

Zur objektiven Demonstration der wichtigsten Erscheinungen, welche mit Hilfe des neuen Kondensors zu beobachten sind, wurden die Lichtbilder Taf. I aufgenommen, die u. a. auch Beispiele aus obiger Tabelle wiedergeben (vergl. Taf. I Fig. 3 u. 4). Zur Aufnahme der Interferenzerscheinungen diente folgende Anordnung.

Dicht über einem großen Polarisator war ein Monobromnaphthalin-Kondensor mit der numerischen Apertur 1,55 angebracht. Zum Objektivsystem wurde ein zweiter Kondensor derselben Konstruktion gewählt, der infolge eines Fehlers an seiner Fassung die etwas geringere Apertur 1,53 besitzt. Die in der hinteren Brennebene des Beobachtungssystems entstehende Interferenzerscheinung wurde mit Hilfe zweier einfacher Brillengläser von je 8 Dioptrien auf der Mattscheibe einer Lichtbildkammer abgebildet. Das eine dieser Brillengläser befand sich unter, das andere über dem Analysator. Sämtliche Bilder sind zwischen gekreuzten Nicols aufgenommen. Als Lichtquelle wurde eine Quarzglas-Quecksilberlampe benutzt, welche in kurzer Entfernung vor einem planen Beleuchtungsspiegel aufgestellt war. Dieser Spiegel reflektierte das Licht unmittelbar in den Polarisator. Zwischen Lampe und Spiegel war außer einer doppelten Mattscheibe ein Methylviolett-Gelatinefilter eingeschaltet, welches von dem Quecksilberlicht nur den blauen und violetten Anteil durchläßt. Die bei kurzen Belichtungszeiten von etwa 5 Sekunden photographisch hauptsächlich wirksame Wellenlänge ist aus früheren Versuchen zu 435,9 $\mu\mu$ (blaue Hg-Linie) bestimmt worden.

Da selbst bei bestkorrigierten Achromat-Objektiven eine recht merkliche Krümmung der Bildfläche vorhanden ist, so macht sich ein solcher Fehler bei einem Kondensor von höherer Apertur natürlich umsomehr geltend. Diese Krümmung der Bildfläche, die bei konoskopischem Strahlengange mit der Krümmung der Brennfläche identisch ist, verhindert, daß Rand und Mitte des Gesichtsfeldes gleichzeitig auf der Mattscheibe scharf erscheinen. In Luft ($A = 1$) ist dieser Schärfenunterschied kaum auffällig, wenn auch nicht ganz unmerklich. In Monobromnaphthalin ($A = 1,53$) tritt er aber stark hervor, besonders dann, wenn es sich um die Abbildung von engen Interferenzkurven handelt. Es bleibt in diesem

I.		Molekular- prozente	
Si O ₂ (frei)	39,85	} 60,45	} 66,90
Si O ₂ (gebunden)	20,60		
Ti O ₂	0,46	} 12,36	} 8,03
Al ₂ O ₃	12,36		
Fe ₂ O ₃	7,47	} 0,13	} 6,29
FeO	0,13		
MnO	13,37		12,43
MgO	1,90		3,13
CaO	2,60		3,06
Na ₂ O	0,19		0,14
K ₂ O	0,03		0,02
H ₂ O bei 100°	0,10		—
H ₂ O gebunden	0,20		—
P ₂ O ₅	0,68		—
CuO	0,02		—
Cl	Sp.		—
	99,96		100,00

Spez. Gew. 3,42.

II. Gondit von Wagora.

		Molekularprozente
Si O ₂	62,30	} 69,06
Ti O ₂	0,43	
Al ₂ O ₃	9,55	6,19
Fe ₂ O ₃	4,14	1,71
FeO	0,98	0,91
MnO	15,35	14,26
MgO	0,80	1,32
CaO	5,34	6,30
Na ₂ O	0,06	0,06
K ₂ O	0,27	0,19
H ₂ O (110° —)	0,09	—
H ₂ O (110° +)	0,42	—
P ₂ O ₅	0,43	—
	100,16	100,00

Spez. Gew. 3,43.

III. Braunitführender Rhodonit-Spessartinfels der Gondit-
serie von Dewi, Chindwára-Distrikt.

		Molekularprozente
Si O ₂	44,91	48,50
Ti O ₂	Sp.	—
Al ₂ O ₃	2,54	1,61
FeO	2,56	2,31
MnO	42,93	39,18
MgO	1,06	1,73
CaO	5,76	6,67
Na ₂ O	—	—
K ₂ O	—	—
H ₂ O (110° —)	0,06	—
H ₂ O (110° +)	0,32	—
	100,14	100,00

Spez. Gew. 3,65.

Aus der Analyse berechneter Mineralbestand:

345	Mn Si O_3	}	Rhodonit 452 Moleküle.
67	Ca Si O_3		
23	Fe Si O_3		
17	Mg Si O_3		
11	$\text{Mn}_3 \text{Al}_2 \text{Si}_3 \text{O}_{12}$	}	Spessartin, Braunit.
7	$\text{Mn}_2 \text{O}_3$		

Die Berechnung des Mineralbestandes kann nur Annäherungswert beanspruchen, denn es ist sehr wohl möglich, ja wahrscheinlich, daß ein kleiner Teil der zweiwertigen Metalle in den Granat zu versetzen wäre, ein kleiner Teil des Eisens sich im Braunit befände. Trotzdem wird sicher bleiben, daß in unserem Falle im Manganmetasilikat die Beimengung von Ca Si O_3 eine größere ist, als die von Fe- und Mg-Metasilikat. Eine Trennung von zwei- und dreiwertigem Mangan wurde hier, wie in einigen weiteren Analysen, nicht durchgeführt; der $\text{Mn}_2 \text{O}_3$ -Gehalt für den Braunit ist berechnet.

Wie die Löslichkeitsverhältnisse der Granatmoleküle für den Spessartin liegen, ist von noch größerem Interesse. Bekanntlich glaubt BOEKE¹ infolge einer statistischen Bearbeitung der isomorphen Mischungsmöglichkeiten der verschiedenen Granatmoleküle annehmen zu dürfen, daß Mangantongranat und Eisentongranat eine unbegrenzte Mischungsreihe besitzen, während die Löslichkeit von $\text{Mn}_3 \text{Al}_2 \text{Si}_3 \text{O}_{12}$ in den Kalkgranaten, und umgekehrt, nur eine sehr beschränkte sei. Die Annahme ist nach BOEKE selbst nur eine vorläufige wegen der geringen Anzahl von Analysen manganhaltiger Granaten und „weil die synthetische Gleichgewichtsuntersuchung immer das letzte Wort reden wird“. WEINSCHENK dagegen vertritt die Ansicht, daß Mangangranat dem Kalkgranat am nächsten steht².

Da unser Gondit praktisch fast nur aus Spessartin und Quarz besteht, läßt sich die Zusammensetzung des Granates sehr leicht aus der Gesteinsanalyse berechnen. Sie ist die folgende:

475	$\text{Mn}_3 (\text{Al Fe})_2 \text{Si}_3 \text{O}_{12}$	}	Es liegt also viel mehr Kalkgranat, als Fe- oder Mg-Granat vor.
210	$\text{Ca}_3 (\text{Al Fe})_2 \text{Si}_3 \text{O}_{12}$		
43	$\text{Mg}_3 (\text{Al Fe})_2 \text{Si}_3 \text{O}_{12}$		
30	$\text{Fe}_3 (\text{Al Fe})_2 \text{Si}_3 \text{O}_{12}$		

¹ H. E. BOEKE, Die Granatgruppe. Eine statistische Untersuchung. GROTH's Zeitschrift. 53. 1914.

² E. WEINSCHENK, Beiträge zur Systematik der Granatgruppe. GROTH's Zeitschrift. 25. 1896.

Die folgende direkte Analyse eines Spessartins aus Gondit ergibt etwas andere Daten.

IV. Analyse. (FERMOR, l. c.)

SiO ₂	35,31
Al ₂ O ₃	8,19
Fe ₂ O ₃	8,52
Mn ₂ O ₃	9,67
MnO	30,81
MgO	2,44
CaO	5,06
	100,00

Es ist sofort ersichtlich, daß in diesem Granat das Almandinmolekül fast ganz fehlt, Kalkgranat und Pyrop nur schwach vertreten sind. Der aus der bei FERMOR angegebenen Gonditanalyse und von ihm berechnete Granat hat die folgende chemische Zusammensetzung:

V.

SiO ₂	37,73
Al ₂ O ₃	21,26
FeO	9,94
MnO	24,48
MgO	3,48
CaO	3,11
	100,00

Hier ist entschieden am wenigsten Kalktongranat, am meisten Eisentongranat im Spessartin gelöst. — Auf eine sehr weitgehende Mischbarkeit zwischen Andradit und Mangangranat deutet die Analyse des Spandits von Garbhám hin (FERMOR, l. c.), der einem Gestein der Koduritserie entnommen ist, während hier Mg- und Fe-haltige Moleküle sehr zurücktreten.

VI.

SiO ₂	35,73
Al ₂ O ₃	6,52
Fe ₂ O ₃	21,28
FeO	2,49
MnO	16,46
MgO	2,05
CaO	15,29
BaO	0,18
	100,00

Ein anderer, aus Kodurit berechneter Spandit von Kotakarra zeigt Grossular und Spessartin in ungefähr gleicher Menge, daneben ziemlich viel Almandin und sehr wenig Pyrop:

VII.	
SiO ₂	37,57
Al ₂ O ₃	18,98
Fe ₂ O ₃	3,47
FeO	7,45
MnO	16,50
MgO	0,23
CaO	15,80
	100,00

Die indischen Mangangranaten scheinen also die geringe Löslichkeit der Mangan- und Kalkgranaten ineinander nicht zu bestätigen, wohl aber sind sie einer beschränkten Mischbarkeit von Mn₃Al₂Si₃O₁₂ und Mg₃Al₂Si₃O₁₂ nicht entgegen.

Die Analyse eines Gesteins von Kajlidongri, Ihabua, das zu ungefähr gleichen Teilen aus Winchit, Carbonat und Manganerz besteht, ergab:

VIII.		Molekularprocente
SiO ₂	25,17	34,28
TiO ₂	Sp.	—
P ₂ O ₅	n. best.	—
CO ₂	13,23	—
Al ₂ O ₃	2,10	1,68
FeO	3,68	4,18
MnO	3,88	4,46
Mn ₂ O ₃	24,28	12,56
MgO	7,50	15,08
CaO	16,91	24,66
Na ₂ O	2,11	2,78
K ₂ O	0,37	0,32
Li ₂ O	—	—
H ₂ O (110° —)	0,22	—
H ₂ O (110° +)	1,32	—
F	—	—
	100,77	100,00

Spez. Gew. 3,13.

Bei FERMOR (l. c.) ist auch eine durch T. R. BLYTH ausgeführte Analyse der blaugrauen Hornblende „Winchit“ gegeben:

IX.

SiO ₂	55,64
Al ₂ O ₃	1,08
FeO	6,35
MnO	0,77
MgO	22,09
CaO	7,64
Na ₂ O	2,89
K ₂ O	0,98
H ₂ O (b. 110°)	0,14
Glühverlust	2,95
	100,53

Endlich wurde noch ein Piemontitcarbonatgestein von Parsioni, Nagpur-Distrikt, der Analyse mit folgendem Resultat unterworfen:

X.	Molekularprocente	
SiO ₂	14,06	20,40
TiO ₂	0,13	
P ₂ O ₅	n. best.	—
CO ₂	33,16	—
Al ₂ O ₃	1,21	1,02
FeO	1,51	1,82
MnO	2,58	3,14
MgO	0,74	1,60
CaO	46,17	71,18
Na ₂ O	0,21	0,30
K ₂ O	0,58	0,54
H ₂ O (110° —)	0,06	—
H ₂ O (110° +)	0,43	—
	100,84	100,00

Spez. Gew. 2,74.

Im Anschluß daran erwähnen wir auch noch die vorliegenden Analysen der Braunite (FERMOR, l. c.), siehe Tabelle p. 18.

4. Klassifikation.

Wenn man die hier gegebenen Gesteinsanalysen überblickt, das Augenmerk darauf gerichtet, ob sie sich in irgend eine der festgelegten Gruppen¹ metamorpher Gesteine einreihen lassen oder ob ein ganz abweichender und eigenartiger Chemismus dies

¹ U. GRUBENMANN, Die kristallinen Schiefer. 2. Aufl. Berlin 1910.
N. Jahrbuch f. Mineralogie etc. 1919.

	XI. Garividi		XII. Kácharwáhi		XIII. Kájli drongi	
	Gew.-%	Mol.-%	Gew.-%	Mol.-%	Gew.-%	Mol.-%
Si O ₂	8,25	13,52	8,60	13,55	10,26	14,82
Ti O ₂	0,06	—	0,03	—	—	—
Al ₂ O ₃	0,90	0,86	0,44	0,42	0,14	0,12
Fe ₂ O ₃	14,14	8,63	5,50	3,24	1,45	0,79
FeO	—	—	—	—	—	—
MnO	36,72	50,52	41,85	55,31	37,98	46,37
Mn ₂ O ₃	37,06	22,93	40,23	23,98	40,93	22,45
MgO	0,56	1,37	0,38	0,90	4,36	9,45
CaO	0,78	1,70	1,13	2,22	3,85	—
BaO	0,56	—	0,53	—	0,09	6,00
Na ₂ O	0,21	0,33	0,15	0,23	—	—
K ₂ O	0,13	0,14	0,16	0,15	—	—
H ₂ O (110° —) . .	0,25	—	0,10	—	1,57	—
H ₂ O (110° +) . .	0,25	—	0,38	—	—	—
P ₂ O ₅	0,07	—	0,08	—	—	—
CaO	0,05	—	0,20	—	—	—
CuO	0,03	—	0,05	—	—	—
S	0,03	—	0,04	—	—	—
Summe	100,05	100,00	99,85	—	100,63	100,00
Spez. Gew.	4,79	—	4,79	—	4,70	—

Analytiker: J. u. H. S. PATTINSON T. R. BLYTH

unmöglich macht, so findet man, daß für einen Teil der Gesteine das erstere, für die Mehrzahl aber das letztere zutreffend ist.

Die Analyse des piemontitführenden kristallinen Kalkes (X) enthält nichts, was einer Einordnung in die Marmorgruppe mit Übergangscharakter in die Kalksilikatgruppe entgegen wäre. Der Gehalt an Mn O ist nicht beträchtlich im Verhältnis zu Ca O. Ähnliches gilt wohl für Quarzite mit Mn-haltigen Komponenten. Es fehlen dafür zwar Analysen, aber Handstücke und Schiffe machen es zweifellos, daß der Quarz hier alle anderen Gemengteile so weit überwiegt, daß sie neben ihm keine wesentliche Rolle spielen.

Anders liegen die Verhältnisse für die Gondite (I, II), den Rhodonitspessartinfels (III) und auch für das Winchit-Braunit-Carbonatgestein (VIII). In den beiden ersteren Gesteinsarten sind Mangansilikate ganz wesentliche, im Rhodonitspessartinfels fast die einzigen Komponenten. Im letzteren Gestein wird neben einem manganführenden Silikat und Calciumcarbonat das Manganoxyd

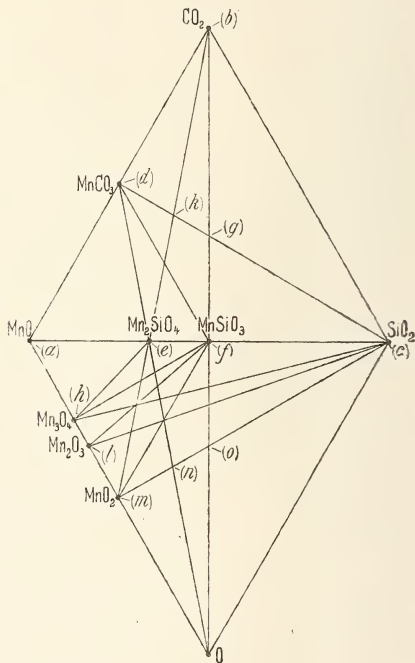
Braunit Hauptgemengteil. Chemisch drückt sich dies in einer Höhe des Mangangehaltes aus, der eine Berücksichtigung als klassifikatorische Komponente verlangt. Bei den Mangansilikatgesteinen findet aber eine ganz deutliche Analogie mit der Gruppe der Kalksilikatgesteine statt. An Stelle des Ca O tritt bei ihr als herrschende Substanz das Mn O; wie dort kann die Menge der übrigen Oxyde stark wechseln, wie dort ist die Variationsbreite in bezug auf den Si O₂-Gehalt eine recht große und wie dort kann als zweite salzbildende Säure das CO₂ in nicht unbeträchtlicher Menge eintreten. Daraus ergeben sich dann wie dort Übergänge in die Quarzgruppe und in eine carbonatische Gruppe. In bezug auf die letztere sind die Verhältnisse hier komplizierter als bei den Gruppen mit Kalkvormacht. Mangancarbonat kann in beträchtlicher Menge Calciumcarbonat lösen. Die Löslichkeitsgrenzen sind wohl experimentell nicht festgestellt, doch geben neuere Analysen¹ bis 18,98 % Ca O in Manganspat an, entsprechend 33,39 % Ca C O₃. Bei Gegenwart von O ist bei solchem Chemismus Manganspat nicht beständig; es treten Calciumcarbonat und ein Manganoxyd an seine Stelle, ganz analog, wie auch durch Oxydation Eisencarbonat in Eisenoxyd übergeführt wird. Demgemäß sind also von der Mangansilikatgruppe Übergänge zu erwarten nicht nur in ein immer reineres Rhodochrositgestein, sondern auch in Gesteine, welche aus Calcit, Manganerz, ± Mangansilikat bestehen, und schließlich in reine Manganoxydgesteine². Diese Gesteinsarten sind durch das Winchit-Braunit-Calcitgestein, Analyse No. VIII, und durch die Braunitfelse (No. XI, XII, XIII) vertreten.

Als klassifikatorische Prinzipien für die metamorphen Gesteine gelten seit der Publikation „Der kristallinen Schiefer“ von U. GRUBENMANN die chemische Variationsbreite und die Sondernung korrelater Formen. Die erstere gibt den stofflichen Bereich an, innerhalb welchem bestimmte Arten metamorpher Gesteine sich noch bilden (Abgrenzung der Gruppe und Familie); die letztere beruht hauptsächlich auf den Intervallen von Temperatur und

¹ C. DOELTER, Handbuch der Mineralchemie. 1912.

² Übergänge in eine manganoxydische Gruppe und Manganoxydgesteine können auch durch einen Überschuß an Mangan über die zur Bindung zur Verfügung stehende Kieselsäuremenge oder durch partielle oder vollständige Zersetzung der Mangansilikate entstehen. Beide Fälle kommen nach FERMOR in Indien vor.

Druck, innerhalb welcher Gesteine von gleichem Chemismus, aber verschiedenem Mineralbestand einander ersetzen (Abgrenzung der Ordnung). Um für die hier einschlägigen Fragen einen ersten Überblick zu erhalten, betrachten wir die zwei einfachen Systeme $MnO-SiO_2-CO_2$ und $MnO-SiO_2-O$.



Gebiet I: (d) (k) (e) (n) (m) (a)

Gebiet II: (k) (g) (f) (o) (n) (e)

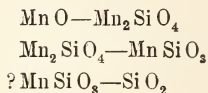
Gebiet III: (g) (f) (o) (c)

Die vorstehende Figur zeigt die beiden Konzentrationsdreiecke (in molekularen Prozenten), die mit der gemeinsamen Kante aneinandergelegt sind. Die wichtigsten als Mineralien überhaupt auftretenden festen Phasen sind erfahrungsgemäß:

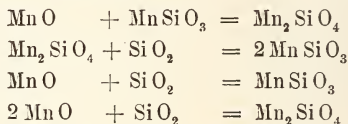
$MnCO_3$ (Rhodochrosit), $MnSiO_3$ (Rhodonit), SiO_2 (Quarz), Mn_2SiO_4 (Tephroit), Mn_2O_3 (Braunit), MnO (Manganosit), MnO_2 (Polianit oder Pyrolusit), Mn_3O_4 (Hausmannit).

Verbindet man in jedem Dreieck die darstellenden Punkte der Phasenzusammensetzungen auf alle möglichen Arten mitein-

Aus der Schmelze von Mn O und Si O_2 erhält man als stabile Kombinationen:



Die linken Seiten der folgenden rein rechnerischen Beziehungen sind daher bei hoher Temperatur nicht zu erwarten:



Derartige Kombinationen können aber, sofern Si O_2 und Manganoxyde Ausgangssubstanzen sind, sei es auch nur infolge geringer Reaktionsgeschwindigkeit, bei tiefen Temperaturen wohl relativ haltbar sein.

Die Bildung verschiedener Manganoxyde scheint wesentlich eine Frage des Sauerstoffzutritts und der Reaktionsgeschwindigkeit zu sein. Alle Oxyde gehen durch starkes Glühen an der Luft in $\text{Mn}_3 \text{O}_4$ oder in ähnliche Gemische über. Das Glühprodukt enthält erfahrungsgemäß mehr Mn O_2 bei niedriger Temperatur, mehr $\text{Mn}_2 \text{O}_3$ bei reichlichem Sauerstoffzutritt und starkem Glühen an der Luft. So mag die Hauptreaktion:



sein.

Mn O ist nur bei relativ tiefer Temperatur oder mangelhaftem Sauerstoffzutritt zu erwarten. Alle Temperaturangaben (höher, tiefer) sind nur relativ und beziehen sich nicht aufeinander, sondern bloß auf das jeweiligen betrachtete Beispiel.

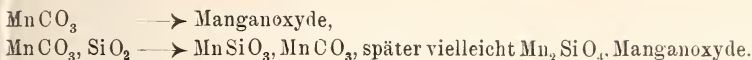
Teilen wir nun das Diagramm 1, ohne Berücksichtigung der Gasphasen, in bezug auf die Zusammensetzung in die Gebiete:

- I. *d k e n m a* = vorwiegend Mangancarbonat oder -oxyd,
- II. *k g f o n e* = mittlerer Si O_2 -Gehalt, vorwiegend zur Mangansilikatbildung neigend,
- III. *g f o c* = höherer Si O_2 -Gehalt bis zu Quarziten,

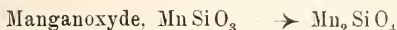
so können wir schematisch die Überlegungen folgendermaßen zusammenfassen:

I. *G e b i e t* (Carbonat-Oxydgruppe). Bei tiefer Temperatur eventuell vorhandene Mineralkombinationen gehen bei erheblicher

Wärmezufuhr in der Pfeilrichtung vermutlich in die rechtsstehenden Kombinationen über:



Im letzteren Falle würde schließlich aus



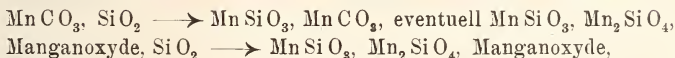
entstehen.

Ferner:



Von den Manganoxyden wäre rechts Mn_2SiO_4 besonders zu erwarten.

II. Gebiet (Silikat-Carbonat und Silikat-Oxydgruppe):

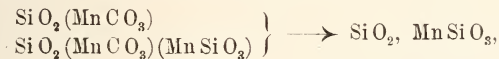


ebenso eventuelles

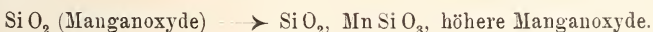


Bei besonderer chemischer Zusammensetzung können rechts MnSiO_3 und Mn_2SiO_4 auch für sich allein auftreten.

III. Gebiet (Quarzitisches Gebiet):



eventuell



Bei tiefer Temperatur infolge mangelhafter Reaktion vorhandenes Gemenge von $\text{SiO}_2, (\text{Mn}_2\text{SiO}_4)$ würde bei höherer Temperatur $\text{SiO}_2, \text{MnSiO}_3$ ergeben.

Diese Gegenüberstellungen zeigen, welches die vermutlichen Haupttendenzen sind, nach denen bei Temperaturerhöhung und Reaktionsbeschleunigung die angenommenen Ausgangssubstanzen sich umsetzen werden. Vermutliche Ungleichgewichtszustände sind für tiefere Temperaturen als möglich erachtet. Druck und Partialdruck von CO_2 bzw. O_2 sind nicht berücksichtigt. Ständige CO_2 -Wegfuhr wirkt für die Carbonatzersetzungsreaktionen im Sinne der Temperaturerhöhung.

Dem Konzentrationsgebiet I entsprechen zunächst:

Rhodochrositfelse,

Rhodochrositfelse mit Quarz oder Manganoxyden.

Rhodochrositfelse mit Quarz und eventuell Rhodonit in unvollständiger Umsetzung,

Rhodochrositfelse mit Rhodonit oder mit Tephroit, oder mit Tephroit und Rhodonit.

Für derartige Gesteine könnte eine eigene Gruppe der Rhodochrositfelse oder Rhodochrositmarmore gebildet werden. Es ist aber auch möglich, die X. Gruppe GRUBENMANN'S, die der Marmore (p. 269 „Der krist. Schiefer“), durch Aufnahme des Mangans unter die chemischen Leitsubstanzen zu erweitern, da als ihr Hauptmerkmal ohnehin das Vorherrschen der Kohlensäure als salzbildende Säure gelten darf. Dafür spricht weiter die ausgesprochene Mischbarkeit von Mangancarbonat und Calciumcarbonat, sowie der Zerfall derartiger Mischungen bei Zutritt von Sauerstoff und Temperaturerhöhung in Calcitmarmor und Manganoxyd.

Die Kombinationen mit vorwiegenden Manganoxyden müßten aber eine besondere manganoxydische Gruppe bilden, da die Verwandtschaft sowohl mit der Gruppe der eisenoxydischen Gesteine als auch der Schmirgelgesteine zu gering ist.

Dem III. Gebiete gehören an:

Quarzite mit Rhodochrosit (\pm Rhodonit),

Quarzite mit Manganoxyden, eventuell

Quarzite mit Tephroit bei mangelnder Gleichgewichtseinstellung,

ferner bei höheren Temperaturen:

Quarzite mit Rhodonit, eventuell

Quarzite mit Rhodonit und Mn_2O_3 .

Da in allen diesen Gesteinen der Quarzgehalt so beträchtlich werden kann, „daß ihm gegenüber alle übrigen Posten geringfügig erscheinen“¹, können wenigstens die gegen den Punkt c gelegenen Zusammensetzungen in die VIII. Gruppe als manganhaltige Quarzite eingereiht werden.

Dem mittleren II. Gebiet entsprechen vorerst:

Quarz-Rhodochrositgesteine,

Quarz-Manganoxydgesteine,

Rhodonitfelse mit Rhodochrosit (\pm Quarz),

Rhodonitfelse mit Tephroit,

¹ U. GRUBENMANN, l. c. p. 248.

Tephroitfelse,
 Rhodonitfelse,
 Rhodonit-Oxydgesteine,
 Rhodonit-Tephroit-Manganoxydgesteine,

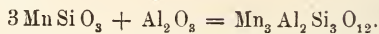
ferner aus der Nachbarschaft des III. Gebietes:

Rhodonitfelse mit Quarz.

(An Stelle von Rhodonit könnte ein hornblendeartiges Metasilikat treten.)

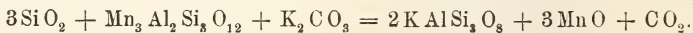
Diese Gesteine sind chemisch und mineralogisch von so ausgesprochener Eigenart, daß sie in eine neue Gruppe, die der **Mangansilikatgesteine** fallen müssen. Selbstverständlich muß diese Gruppe weiter gefaßt werden, als es mittels des ternären Systems MnO, SiO_2, CO_2 geschehen ist. Die Beschränkung auf diese 3 Stoffe hatte ja nur den Zweck, die Ableitung der Gruppen und ihre Verwandtschaftsbeziehungen möglichst einfach und durchsichtig darzustellen. Ganz wie in der Gruppe der Kalksilikatgesteine können auch in die Mangansilikatgesteine $Al_2O_3, Fe_2O_3, FeO, MgO$ usw. in wechselnder Menge eintreten; nur ist hier MnO der den Hauptmineralbestand bestimmende Stoff wie dort das CaO . Dies entspricht auch durchaus den natürlichen Verhältnissen, denn Gesteine, welche nur aus reinem Mangansilikat, Mangancarbonat und Quarz bestehen, sind auch in der Gonditserie naturgemäß in der Minderheit. Selbstverständlich ist auch nicht zu erwarten, daß alle als oft wahrscheinlich abgeleiteten Kombinationen nun wirklich an einer Stelle angetroffen werden. So fehlen z. B. bei den indischen Mangangesteinen alle Kombinationen mit Tephroit. Die Bildung der Rhodonit-Rhodochrositfelse \pm Quarz und vielleicht auch der Rhodonit-Quarzfelse ($+ CO_2$) kann tatsächlich nach der Umwandlungsgleichung $SiO_2 + MnCO_3 \leftarrow \rightarrow MnSiO_3 + CO_2$ verlaufen sein. Für die Bildung der rein silikatischen Mn-Gesteine nimmt FERMOR eine innere Wechselwirkung zwischen manganoxydischen und kieseligen Sedimenten an. Es ist aber auch eine Reaktion zwischen SiO_2 und manganbeladenen Exhalationen im pneumatolytischen Kontakt vorstellbar. — Tritt zu MnO und SiO_2 noch Al_2O_3 , so muß nach der Phasenregel infolge des Hinzukommens einer neuen Komponente ein weiteres Mineral bestandfähig werden. Es ist dies in unserem Falle der Spessartin. Dieser wird auf Kosten des Rhodonits zustande kommen, denn ein Teil des Mangans und des SiO_2 werden nun mit

Al_2O_3 verbunden. Statt Rhodonit bildet sich also dann Spessartin nach der Gleichung:

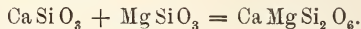


Ist die Tonerdemenge nicht sehr beträchtlich, so ergeben sich so die Rhodonitgondite, ist sie dagegen groß, so wird aller Rhodonit verbraucht, das Gestein wird ein gewöhnlicher Gondit (Spessartin + Quarz + wenig Manganerz). Bei großem Überschuß an Quarz resultieren die Spessartinquarzite.

Ist im Ausgangsmaterial Alkali vorhanden (hier meist K_2O), so ist die neue Phase im indischen Vorkommnis ein Kalifeldspat. Dieser wird zu seiner Bildung einen Teil der Tonerde verbrauchen, welche dann nicht in Spessartin eingehen kann; so entsteht statt eines Teiles des Spessartins Orthoklas oder Mikroklin, nach der Gleichung:



Die entsprechenden Gesteine sind die Orthoklas und Mikroklingondite. Es werden bei FERMOR auch wollastonitführende Gondite erwähnt. Diese scheinen meist feldspatfrei zu sein. Die Wollastonitbildung setzt das Vorhandensein von Kalk voraus; die chemischen Komponenten sind dann SiO_2 , MnO , Al_2O_3 , CaO , die Mineralien Quarz, Spessartin, Wollastonit und Erz. An die Stelle von Wollastonit treten Pyroxen oder Hornblende oder beide, wenn auch noch MgO hinzukommt:



Bei Gegenwart von P_2O_5 ist die neue Phase Apatit; SO_3 und BaO verursacht Baryt bildung, Eisenoxyd ruft Magnetitbildung hervor. Es werden in der Tat Apatit, Baryt-Magnetitgondite angegeben. Für die piemontithaltigen Gondite wird H_2O die erforderliche chemische Komponente sein. Die wollastonitführenden Gondite haben meist beträchtliche Mengen Calcit, so daß sie in kristalline Kalksteine übergehen. Allgemein scheint sich in gemischten Carbonatgesteinen bei der Metamorphose das Mangan leichter als Silikat zu binden als der Kalk, ganz analog, wie sich bei der kontaktlichen Umwandlung von Dolomiten die Magnesia mit SiO_2 zu Magnesiumsilikaten vereinigt, während der Kalk an Kohlensäure gebunden bleibt. Beispiele dafür sind die Piemontitmarmore und die Winchit-Calcitgesteine.

Der für das Gesamtvorkommnis der stärker metamorphen Gesteine des indischen Vorkommnisses charakteristische Mineral-

bestand: sauerstoffreiche Manganerze, Rhodonit, Spessartin (Piemontit), Winchit, Manganglimmer, Feldspat, Augite und Amphibole, Wollastonit neben Calcit, Rhodochrosit, ergibt eine Zuordnung der Gesteine dieser Lokalität teils zur Meso-, teils zur Katazone¹. Bereits sind stellenweise diejenigen Mineralkombinationen vorhanden, die wir bei Einwirkung höherer Temperatur erwarten würden; anderorts aber, offenbar unter dem Einfluß schwächerer metamorphosierender Kräfte, sind Kombinationen zu erkennen, denen wohl keine große Haltbarkeit bei hohen Temperaturen zukommt. Das Zusammenvorkommen von Calcit und Wollastonit, Amphibol und Pyroxen ergibt einige Anhaltspunkte. Das Fehlen von Manganosit und Tephroit ist charakteristisch für diese Lagerstätte.

Es ist nun von Interesse, zu untersuchen, ob an anderen Orten Gesteine mit gleichen oder verschiedenen Mineralbeständen gebildet wurden und in welcher systematischen Beziehung sie zueinander stehen. Vor allem zu erwähnen ist das von F. KOSSMAT und C. v. JOHN² beschriebene Vorkommen von Macskomezö in Ungarn. Es befindet sich in der Glimmerschieferregion. Leitende Manganminerale sind besonders: Knebelit, Dannemorit (Manganhornblende), Spessartin, Rhodochrosit, Mangagnetit. Charakteristisch ist der hohe Eisengehalt, der zur Bildung von Knebelit, Dannemorit und Mangagnetit Anlaß gab. Orthosilikat bildete sich in diesem Falle wohl wegen Mangel an Quarz in den manganreichen Gesteinsvarietäten. Die Gesteine scheinen der Beschreibung nach den Charakter der Mesozone zu besitzen. Rhodonit tritt übrigens auch auf.

In der Manganerzlagerstätte von Långban³ (Wermland) finden sich außer den schon erwähnten Mangansilikaten reiner Tephroit, Schefferit und Manganvesuvian. Pyrophanit, Hausmannit und Manganosit sind ebenfalls vorhanden. Das Vorkommen ist an Dolomit gebunden und besitzt mehr den Charakter der Erzlagerstätte, als den einer Gesteinsfolge. In den Lagerstätten von Franklin Furnace und Stirling Hill⁴ (New Jersey) hatte der Zinkreichtum die Ausbildung besonderer Mineraltypen (Jeffersonit,

¹ U. GRUBENMANN, Die kristallinen Schiefer. Berlin 1910.

² F. KOSSMAT und C. v. JOHN, Zeitschr. f. prakt. Geol. 1905. 305.

³ BEYSLAG, KRUSCH, VOGT, Erzlagerstätten. I. 383.

⁴ P. v. GROTH, Zeitschr. f. prakt. Geol. 1894. 20.

Willemit, Franklinit, Röpperit) zur Folge. Gebunden ist diese Erzlagerstätte an Marmor. Richtige manganreiche Gesteinstypen finden sich in manchen Piemontitschiefern, von denen die aus Japan am meisten charakteristisch sind. Sind bei einigen von diesen (und auch anderen bekannt gewordenen) Vorkommnissen Bedenken vorhanden, ob die entstandenen Mineralkombinationen unter den üblichen Begriff „metamorphes Gestein“ fallen, so ist doch kein Zweifel, daß die indischen Vorkommnisse dazu gerechnet werden müssen.

Für die Systematik der metamorphen Gesteine ergeben sich also aus der Entdeckung und Untersuchung der indischen Mangangesteine zwei neue Gruppen, die der Mangansilikatgesteine, welche sich nach allen ihren chemischen, mineralogischen und genetischen Verhältnissen ungezwungen der Gruppe der Kalksilikatgesteine anschließt, und eine Manganoxydgruppe, welche am besten der Gruppe der Eisenoxydgesteine folgen wird. Außerdem sind die Gruppen der Marmore und der Quarzite durch neue und interessante Gesteinstypen bereichert worden.

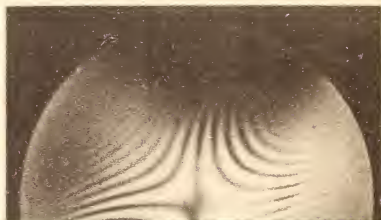
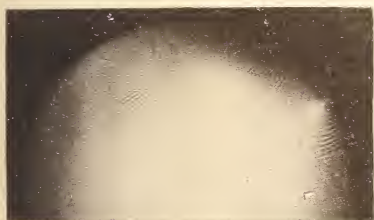
Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß die Möglichkeit besteht, es möchten einmal in größerem Umfang silikatische und carbonatische Gesteine gefunden werden, deren leitendes Element das Eisen wäre. In der Klassifikation der kristallinen Schiefer von U. GRUBENMANN konnte schon eine eisenoxydische Gruppe ihren Platz finden. Von Eisensilikatgesteinen sind einzelne Grüneritgesteine bekannt; das Eisencarbonat verhält sich physikalisch und chemisch ganz analog dem Mangancarbonat; die Gruppierung auf Grund der Felderteilung müßte wohl ungefähr der der Mangangesteine entsprechen; es könnte so eine neue Eisensilikatgruppe eingeführt werden, mit Übergängen in die carbonatische und in die quarzitische Gruppe. Hämatit-quarzite werden ja von mehreren Lokalitäten angegeben; Eisenerz führende kristalline Kalke dürften ebenfalls nicht selten sein. Die von F. KOSSMAT und C. v. JOHN beschriebenen Gesteinsvarietäten wären dann Übergangsglieder der Eisensilikat- und Mangansilikatgruppe.



1. Muscovit.



2. Muscovit.





1. Muscovit.



2. Muscovit.



3. Anhydrit.



4. Baryt.



5. Gips.



6. Quarz.



7. Quarz.



8. $\lambda/4$ -Glimmer. Carl Zeiss, Stuttgart.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1919

Band/Volume: [1919](#)

Autor(en)/Author(s): Ehringhaus Arthur

Artikel/Article: [Beobachtung von Interferenzerscheinungen an Kristallplatten im konvergenten polarisierten Licht mit Hilfe von Monobromnaphthalin-Kondensoren. 1-28](#)