Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae

Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft

Band: 18 (1923-1924)

Heft: 1

Artikel: Die Casannaschiefer des oberen Val de Bagnes (Wallis)

Autor: Tschopp, Hermann

Kapitel: C: Ueber die blauen Natronamphibole der Casannaschiefer

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-158250

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.10.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

dem Mineralbestand aus, das ihn teilweise ersetzende Karbonat tritt zusehends zurück und der Albit erfährt eine bedeutende Kornvergrösserung. Auf diese Weise resultieren schliesslich Gesteine von schieferigem Bruch, die in einer glänzend grünen, chloritischen Grundmasse, bis 0,5 cm messende, meist isometrische, porphyroblastenartige Körner von Albit sowie vereinzelte Pyritwürfelchen erkennen lassen. Im Albit sind gelegentlich limonitische Karbonate eingewachsen. Gesteine von dieser Zusammensetzung verdienen den Namen Albitchloritschiefer.

Unter dem Mikroskop zerfallen die Albitkörner häufig in einzelne, innig verzahnte Körner, die gegen den Chlorit hin gewöhnlich scharf absetzen. Der Chlorit ist ein negativer Pennin und verursacht durch seine vorwiegend parallele Anordnung die Schieferigkeit des Gesteins. Im Druckschatten der grossen Albitindividuen ist er oft mit kleinen Albitkörnchen verwachsen. Das Karbonat ist von opaken bis rotbraunen Ferriten erfüllt, die sich gern längs den Spaltrissen der Karbonatkörner anhäufen. Ilmenitreste mit Leukoxenrändern durchziehen parallel der Schieferung das Gesteinsgefüge. Den Leukoxen verdrängen hin und wieder spärliche Klinozoisitkörnchen.

Die makroskopisch porphyroblastische *Struktur* ist unter dem Mikroskop eher granoblastisch-lepidoblastisch. Die *Textur* ist schwach kristallisationsschieferig.

Von diesen Albitchloritschiefern findet nun durch stete Albitabnahme ein langsamer Übergang zu den *Chloritschiefern* hin statt. Diese bestehen grösstenteils aus Chlorit mit nur ganz vereinzelten Albitkörnern, Magnetitilmenitresten und Titanomorphit. Untergeordnet kommen darin auch dünne Adern von wasserhellem Quarz vor.

Die Struktur ist vollkommen lepidoblastisch, die Textur kristallisationsschieferig.

C. Ueber die blauen Natronamphibole der Casannaschiefer.

Aus der vorangehenden petrographischen Beschreibung ergibt sich die Anwesenheit mehrerer Mischungsglieder von Natronhornblenden in den Casannaschiefern des obern Val de Bagnes. So trifft man sowohl Glieder der Reihe Glaukophan-Crossit, als auch Glieder der Reihe Glaukophan-blaugrüne bis grüne Hornblende sowie der Reihe braune Hornblendegrüne Hornblende-gastalditischer Glaukophan.

Im folgenden sollen nun der Chemismus des Glaukophans von Vingt-Huit sowie die gegenseitigen Beziehungen der einzelnen Mischungsglieder eine eingehendere Behandlung erfahren.

Da die bis jetzt aus dem Val de Bagnes veröffentlichten Glaukophananalysen (vgl. Lit. 44, pag. 13 und Lit. 40 pag. 158) einen ausgesprochenen crossitischen Chemismus zeigen, obwohl neben echtem Crossit der eigentliche Glaukophan im Val de Bagnes in viel grösserer Verbreitung angetroffen wird, so schien es darum angebracht, auch den Glaukophan der bedeutenden Glaukophanitvorkommnisse von Vingt-Huit auf seinen Chemismus zu untersuchen.

Wie bereits pag. 142 bemerkt, gehen die Serizitglaukophanite etwas westlich des "ui" von Vingt-Huit (vgl. Blatt 530
Grand Combin 1:50000) am Wege nach Chanrion in einem
überhängenden Glaukophanitfels in ein fast reines Glaukophanitgestein über. Im Dünnschliff des betreffenden Gesteines finden
sich als einzige Begleiter des Glaukophanes wenig Serizit, Epidot,
Erze und Albit. Das gepulverte und gesiebte Gesteinsmaterial
wurde durch mehrere Fraktionen Thoulet'scher Lösung von den
andern Komponenten getrennt. Schliesslich blieben als einzige
Verunreinigung nur mehr vereinzelte Epidotkörnchen zurück, die
mit Hilfe der Leitz'schen Binokularlupe herausgelesen wurden.
Darauf lag zur Analyse praktisch vollkommen reines Material vor.
Dies ergibt sich auch aus dem geringen CaO-Wert der Analyse,
da ja die geringsten Epidotbeimengungen diesen Wert hätten
erhöhen müssen.

Die Analyse des "Glaukophanes" von Vingt-Huit wurde im chemischen Laboratorium des mineralogisch-petrographischen Institutes der Universität Basel mit folgendem Ergebnis ausgeführt:

Analyse des "Glaukophans" von Vingt-Huit:

•	Gewichts- prozente	Umrechnung auf 100	Molekular- proportionen × 100	
SiO ₂ TiO ₂ Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ FeO CaO MgO Na ₂ O K ₂ O H ₂ O (+ Glühverlust)	55,30 0,45 17,47 2,09 13,68 1,00 2,09 5,21 0,89 2,71	56,33 0,46 17,79 2,13 13,93 1,02 2,13 5,30 0,91 —	$ \begin{array}{c} 94,44 \\ -\\ 17,44 \\ 1,33 \\ 19,35 \\ 1,82 \\ 5,32 \\ 5,32 \\ 8,55 \\ 0,97 \end{array} $ $ \begin{array}{c} 94,44 \\ 18,77 \\ 26,49 \\ 9,52 \\ -\\ -\\ -\\ -\\ \end{array} $	
H ₂ O(+ Glühverlust)	2,71	100,00	_	

Wir haben somit folgende Molekularproportionen:

 $R_2^{\text{I}}O$: $R^{\text{II}}O$: $R_2^{\text{III}}O_3$ 9.52 26.49 18.77

Das Verhältnis von R₂^IO: R₂^{III}O₃ ist ca. 1:2. Es kann somit nur etwa die Hälfte der Tonerde an die Alkalien, d. h. im Glaukophanmolekül gebunden sein. Nimmt man nun mit Milch (Lit. 19) zunächst probeweise an, dass der Tonerderest im Tschermak'schen Pyroxenmolekül R^{II}R₄^{III} Si₂O₁₂, das viel Al₂O₃, aber wenig SiO₂ verbraucht, vorhanden sei und berechnet man den Rest von R^{II}O als Metasilikat, so ergeben sich Verhältnisse, wie sie denen des Gastaldites von St. Marcel sowie denen des "Eisengastaldites" von Shikoku sehr nahe kommen. Grössere Unterschiede machen sich bemerkbar gegenüber den Werten des Glaukophanes von Elek-Dagh. Die betreffenden Werte (Molekularquotienten × 100) sollen vergleichshalber nebeneinandergestellt werden:

	St. Marcel	Shikoku	Vingt-Huit	Elek-Dagh ¹)
SiO ₂	96,94	93,89	93,25	88,13
Al_2O_3 Fe_2O_3	20,94 $20,94$	$14,81 \\ 6,12$ $20,93$	$17,41 \ 1,33$ 18,74	$\begin{bmatrix} 33,13 \\ 23,02 \\ 1,13 \end{bmatrix}$ 24,15
FeO	12,58 $3,62$ $25,91$	$6,00 \\ 10,73 \\ 25,26$	19,43 $1,82$ $26,53$	$\begin{bmatrix} 3,11 \\ 10,44 \\ 25,90 \end{bmatrix}$
MgO Na ₂ O	9,71	8 55)	5,28	12,35
K_2O $R_2R_2^{IJ}$ Si_4O_{12}	} ',08	$\begin{pmatrix} 7,7 \\ 0,27 \end{pmatrix} 8,05$	1,05	$10,89 \ 1,82$ 12,71
$R_2^{fi}A\bar{l_4}Si_2O_{12}$	0.05,0.05 $0.$	$8,05 \\ 6,44$ $14,49$ $3,08$	$ \begin{array}{c} 9,49 \\ 4,63 \end{array} $ $ \begin{array}{c} 4,32 \end{array} $	$12,71 \ 5,72$ $18,43$ $3,62$
R ^{II} ₄ Si ₄ O ₁₂ SiO ₂ Überschuss (in Molekular- quotienten	5,10	3,00	4,02	
× 100)	40,31	36,41	28,76	11,37

Aus dieser Zusammenstellung ersehen wir, dass nach Berechnung der obigen Moleküle in den tonerdereichen Glaukophanen bzw. Gastalditen die SiO₂-Übersättigung mit zunehmendem Wert für Na₂ R^{III} Si₄ O₁₂ rasch abnimmt. Die SiO₂-Übersättigung des "Glaukophanes" von Vingt-Huit, die

¹⁾ Die Werte des Glaukophans von Elek-Dagh wurden neu umgerechnet.

nicht ganz ¹/₃ des in der Analyse gefundenen SiO₂-Gehalt cs ausmacht, würde auch bei einer Verrechnung des gesammten H₂O als Metakieselsäure nur zur Bindung von ca. 15 SiO₂ in Form von nicht ganz 4 H₈Si₄O₁₂ dienen. Die vollständige Absättigung gelingt hingegen bei Annahme des von Doelter eingeführten und von Milch erstmals für den Glaukophan in Anwendung gebrachten Moleküles R^{II} R^{III} Si₄ O₁₂. Die für den "Glaukophan" von Vingt-Huit gefundenen Werte sowie die teils von Milch übernommenen teils neu umgerechneten Werte für die obigen Vergleichsanalysen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

	St. Marcel ¹)	Shikoku	Vingt-Huit²)	Elek-Dagh
$R_2^I R_2^{III} Si_4 O_{12} \dots$ $R_2^{III} R_2^{III} Si_4 O_{12} \dots$	$7,68 \ 13,26$ $20,94$	8,05 $12,13$ $20,18$	$9,49 \ 9,25$ 18,74	$12,71 \ 3,80 \ 16,51$
$R_4^{II}R_4^{III}Si_2O_{12}$ $R_4^{II}Si_4O_{12}$	3,16	0,38 3,10	4,32	$3,82 \\ 3,62$

Diese Zusammenstellung zeigt ebenso deutlich wie die oben angeführte die Zugehörigkeit des "Glaukophanes" von Vingt-Huit zur Gruppe der Gastaldite speziell zur Untergruppe der Eisengastaldite (im Sinne Milchs). Mit dem Gastaldit von St. Marcel hat er das Fehlen des Pyroxenmoleküles RII RIII SiO₂ gemeinsam, unterscheidet sich aber von ihm durch eine geringe Vertretung des Al₂O₃ durch Fe₂O₃. Diese Vertretung zeigt der Eisengastaldit von Shikoku noch in erhöhtem Masse. Der "Glaukophan" von Vingt-Huit kann somit füglich als Eisengastaldit bezeichnet werden. Denken wir uns den geringen CaO-Gehalt an das Aktinolithmolekül, sowie das Fe₂O₃ an das Molekül Na₂Fe₂Si₄O₁₂ (Riebeckitmolekül z. T.) gebunden, so lässt sich auf diese Weise für den analysierten Eisengastaldit von Vingt-Huit folgende Formel berechnen:

$$\begin{array}{c} 8,16 \quad \text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \\ 1,33 \quad \text{Na}_2\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \\ \end{array} \right\} \quad 9,49 \quad \text{R}_2^{\,\,\mathrm{I}}\text{R}_2^{\,\,\mathrm{II}}\text{Si}_4\text{O}_{12} \\ 9,25 \quad (\text{Mg, Fe})\,\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \quad 9,25 \quad \text{R}^{\,\,\mathrm{II}}\dot{\text{R}}_2^{\,\,\mathrm{II}}\text{Si}_2\text{O}_{12} \\ 1,82 \quad \text{Ca}\,\,(\text{Mg, Fe})_3\text{Si}_4\text{O}_{12} \\ 2,50 \quad (\text{Mg, Fe})_4\text{Si}_4\text{O}_{12} \\ \end{array} \right\} \quad 4,32 \quad \text{R}_4^{\,\,\mathrm{II}}\text{Si}_4\text{O}_{12}$$

¹) Ca. 0,2% SiO₂-Überschuss. ²) Ca. 0,35% SiO₂-Überschuss. Der SiO₂-Überschuss könnte hier und an andern Orten durch Bin dung an Wasser behoben werden, wie dies Haffke (Über die chemische Konstitution der Hornblende, Inaug.-Diss. Göttingen 1890), Sauer (Bad Geol. Landesanst. 1891, II, pag. 252) u. a. tun.

Der Eisengastaldit von Vingt-Huit zeigt die gewöhnlichen Eigenschaften des Glaukophans, wie ich sie pag. 142 u. ff. erörterte. Von den Glaukophanen der meisten Glaukophangesteine des obern Val de Bagnes unterscheidet er sich durch seine meist homogene Färbung. Verwandt mit ihm scheint in erster Linie der Glaukophan der Zoisitglaukophanite zu sein. Die blaue Farbe dieses letzteren, sowie der geringe Fe₂O₃-Gehalt, dafür aber umso grösserer Al₂O₃-Gehalt der Analyse des Zoisitglaukophanites von Vingt-Huit (vgl. Analysentabelle: Analyse IV), dem er entstammt, weisen zur Genüge auf seinen gastalditischen Charakter. Die meisten andern im obern Val de Bagnes auftretenden Glaukophane zeigen in der Regel innerhalb desselben Individuums eine wechselnde Intensität ihrer Färbung und dementsprechend ihres Pleochroismus. Dieser Wechsel vollzieht sich bald fleckenhaft schlierig, bald auch zonar, d. h. ein tiefer gefärbter Kern wird von einer helleren Zone umgeben. Die umgekehrte Zonenfolge ist seltener. Mit zunehmender Intensität der Färbung zeigt der Glaukophan eine regelmässige Abnahme der Doppelbrechung und des Axenwinkels unter gleichzeitiger Zunahme der Auslöschungsschiefe. Im Glaukophan der Pistazitglaukophanite erreicht der Axenwinkel gewöhnlich nur eine sehr geringe Grösse, in den crossitführenden Pistazitglaukophaniten sinkt sein Axenwinkel mehr und mehr, bis er über den intermediären, einaxigen Glaukophancrossit in den typischen Crossit mit normalsymmetrischer Axenlage übergeht¹) (vgl. pag. 148 u. ff.).

Da sich nun bekanntlich der Crossit vom Glaukophan chemisch in erster Linie durch seinen hohen Fe₂O₃-Gehalt auszeichnet, müssen zweifelsohne die obenerwähnten kontinuierlichen Veränderungen des optischen Verhaltens auf eine stete Zunahme des Fe₂O₃-Gehaltes zurückgeführt werden. Dieser Schluss findet seine Bestätigung auch in der von Grubenmann veröffentlichten Analyse des dunkelblauen Glaukophanes von Laventzie (Lit. 16, pag. 13). Auf den hohen Fe₂O₃-Gehalt und den dadurch bedingten crossitischen Chemismus des Glaukophanes von Laventzie²) hat schon Grubenmann hingewiesen. Seine Verwandtschaft mit echten Crossiten tritt ganz besonders

¹⁾ Es sind dies ähnliche Verhältnisse, wie sie die Anophorite Freudenbergs zeigen (W. Freudenberg, Der Anophorit, eine neue Hornblende vom Katzenbuckel. Mitt. d. Bad. geol. Landesanst. 1908).

²⁾ Da zur Zeit der Veröffentlichung der Grubenmannschen Arbeit das Auftreten des Crossits im Val de Bagnes noch nicht bekannt war, kann es sich beim Glaukophan von Laventzie sehr wohl auch in optischer Beziehung um eine Übergangsform zu Crossit handeln.

in die Erscheinung, wenn man seine Analysenwerte auf die schon oben verwendeten Moleküle ausrechnet. Vergleichshalber wurden auch die Analysen des Glaukophanes von Syra (Lit. 19, pag. 357), des Crossites von Berkeley (vgl. Rosenbusch¹) pag. 241) und des Rhodusites von Rhodus (vgl. Rosenbusch¹) pag. 241) entsprechend berechnet. Dabei ergab sich allerdings für die beiden letzteren ein geringer Überschuss der Alkalien über die Sesquioxyde. Diesen nur geringen Überschuss eliminierte ich durch Unterbringung in das Arfredsonitmolekül (Na₂Fe₃^{II}Si₄O₁₂). Der SiO₂-Überschuss erreicht nur beim Rhodusit²) eine beträchtliche Grösse, könnte aber auch eventuell als H₂SiO₃ an H₂O gebunden werden.

	Syra (Glaukophan)	Laventzie (Eisen- glaukophan)	Berkeley (Crossit)	Rhodus (Rhodusit)	
SiO_2	95,48 $10,83$ $2,00$ $12,83$	$90,32$ $6,75$ $6,56$ } 13,31	91,70 $4,66$ $6,82$ $11,48$	$ \begin{vmatrix} 94,48 \\ 0,05 \\ 9,95 \end{vmatrix} 10,0 $	
FeO CaO	13,54 1,69 39,64	$11,90 \ 4,07 \ 38,82$	$\begin{vmatrix} 13,12 \\ 4,24 \end{vmatrix}$ $\begin{vmatrix} 40,61 \end{vmatrix}$	$\begin{bmatrix} 10,59\\0,17 \end{bmatrix}$ $\{40,31\}$	
MgO	$24,41$ $10,95$ $0,45$ }11.40	$22,85$ } $11,24$ $1,18$ } $12,42$	$ \begin{bmatrix} 23,25 \\ 11,99 \\ 0,30 \\ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 12,29 \\ \end{bmatrix} $	$ \begin{array}{c} 29,55 \\ 10,32 \\ 0,86 \\ \end{array} \} 11,18 $	
$ Na_{2}Al_{2}Si_{4}O_{12} $ $ Na_{2}Fe_{2}^{III}Si_{4}O_{12} $ $ Na_{2}Fe_{3}Si_{4}O_{12} $	2,00 f 11,40 —	$5,86 \atop 6,56$ }12,42	$\left\{ \begin{array}{c} 4,66 \\ 6,82 \\ 0,81 \end{array} \right\}$ 12,48	$ \begin{vmatrix} 0,05 \\ 9,95 \end{vmatrix} 10,0 $ 1,18	
$(Mg, Fe)RSi_4O_{12}$ $Ca(Mg, Fe)_3Si_4O_{12}$ $(Mg, Fe)_4Si_4O_{12}$.	$1,69 \\ 7,86$ $9,55$	0.89 4.07 5.41 9.48	$ \begin{array}{c} -4,24 \\ 5,26 \end{array} $ 9,50	$0,17 \ 9,02$ $9,19$	
SiO ₂ -Überschuss	2,0% ca.	(0.3% ca.) (Fehlbetrag)	0,02 ca.	5% ca.	

Vergleichen wir diese Werte untereinander, so fallen zunächst zwei Verhältnisse in die Augen: einerseits die stete Abnahme des Glaukophanmoleküles Na₂Al₂Si₄O₁₂ zugunsten des Riebeckitmoleküles Na₂Fe^{III}Si₄O₁₂ gegen den Rhodusit hin und anderseits das durchgehende Überwiegen des Anthophyllitmoleküles [(Mg,Fe)₄Si₄O₁₂] über das Strahlsteinmolekül

¹) H. Rosenbusch und E. A. Wülfing, Mikroskopische Physiographie I, 2. Mineralien, 1905, pag. 241.

²) Der Rhodusit sollte nach C. Doelter (Handbuch der Mineralchemie, Dresden und Leipzig 1914, Band II, erste Hälfte, pag. 705) eher als Abriachanit bezeichnet werden.

[Ca (Mg, Fe)₃Si₄O₁₂]. Bei Crossit und Rhodusit ist $R_3^{IO} > R_2^{II}O_3$, was uns zur Annahme des Arfvedsonitmoleküles (Na₂Fe^{II}₂Si₄O₁₂) zwingt. Hierin unterscheiden sich von Crossit und Rhodusit der ihnen in den übrigen Werten so ähnliche Glaukophan von Laventzie, den Milch seines hohen Fe₂O₃-Gehaltes wegen als Eisenglaukophan bezeichnet hat. Dieser führt, wenn auch in geringen Mengen, das Molekül RIIRIIISi4O12, der dem jeweiligen R₂O₃-Überschuss entspricht. Das Molekül R^{II}R^{III}Si₄O₁₂ erreicht beim Eisenglaukophan den Wert 1 nicht und beim typischen Glaukophan von Syra, wie ihn uns die Analyse von Washington¹) lieferte, bleibt er unter 2; er steigt aber gegen die Gastaldite hin rasch an und erreicht beim typischen Gastaldit von St. Marcel seinen höchsten Wert mit 13,26. Ganz entsprechend nimmt das Sammelmolekül RIRIII Si4O12 innerhalb der Gastaldite zusehends zu, bis es beim Glaukophan von Syra den Wert 11,40 erreicht, der in der aufsteigenden Reihe Glaukophan-Crossit-Rhodusit mit geringen Schwankungen erhalten bleibt.

Ein Vergleich der beiden Tabellen der Molekularverhältnisse der Gastaldite einerseits und der Glaukophan-Crossit-Rhodusit-Reihe andrerseits lehrt uns, dass sowohl das Riebeckitmolekül als auch das Strahlstein- (bei den Gastalditen) bzw. Anthophyllitenmolekül (bei den angeführten Natronamphibolen) für die spezielle Systematik der Gesamtreihe der blauen Natronamphibole der kristallinen Schiefer von Bedeutung ist. Ich führe im folgenden die einzelnen Werte der Übersichtlichkeit halber nochmals an, wobei sowohl die Gastaldite unter sich als auch die übrigen Glieder der Reihe nach zunehmendem Fe₂O₃-Gehalt geordnet sind.

Zum Vergleich ihrer gegenseitigen optischen Verhältnisse sind auch einzelne optische Eigenschaften der betreffenden Amphibole mit angeführt.

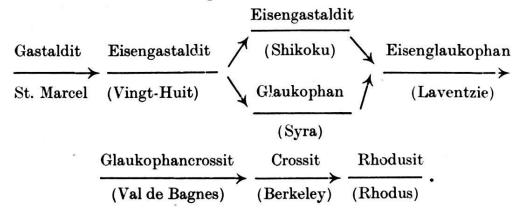
Wie wir daraus ersehen können, nehmen in der aufsteigenden Reihe die einzelnen Werte für $Na_2Fe_2^{III}Si_4O_{12}$ ebensowenig wie diejenige für $R_4^{II}Si_4O_{12}$ nicht kontinuierlich zu, wohl aber trifft dies für ihre Summe zu. Diese macht beim Gastaldit von St. Marcel nur einige Prozente aus, beim Crossit von Berkeley hingegen nahezu 82% der Gesamtzusammensetzung²).

¹⁾ H. S. Washington, A Chemical Study of the Glaucophane Schists. Americ. Journal of Science 161, pag. 40.

²) Würde man den Vergleich weiter ausdehnen auf den Krokydolith, den Hastingsit und den Riebeckit, so liesse sich auch hier auf Grund des Fe₂O₃-Gehaltes eine absteigende Reihe aufstellen. Das Verbindungsglied mit der Glaukophan-Rhodusitreihe würde der Krokydolith darstellen, mit ca. 95% des Riebeckit- und Anthophyllitmoleküles.

	Gastaldit von St. Marcel	_	astaldit on Shikoku	Glaukophan von Syra	Eisenglau- kophan von Laventzie	Crossit von Berkdey	Rhodusit von Rhodus
Na ₂ Fe ₂ Si ₄ O ₁₂ . (Riebeckitmolekül)	0	1.33	6.12	2 00	6.56	6.82	9.95
R ₄ Si ₄ O ₁₂ bezw. (Mg, Fe) ₄ Si ₄ O ₁₂	3.16	4.32	3.10	7.86	5.41	5.26	9.02
(Anthophyllitmol.) Auslöschungsschiefe	3.16 cy 60	5.65 cγ6 ⁰ ca.	9.22	9.86 cy 60	11.97 cy 160	12.08 $c\gamma 20 - 30^{\circ}$	18.97 cy 250
Axenwinkel Axenlage ¹)	2 E 72º 55'	600—700 	_	60° — 70°	< 40°	sehr gross	gross +
Doppelbrechung .	0.024	0.024 ca.	-	0.022 ?	0.015 ca.	0.008 ca.	nieder

Aus obiger Tabelle geht auch mit Deutlichkeit hervor, dass die Verwandtschaft zwischen den Eisengastalditen und den Eisenglaukophanen zum wenigsten ebenso gross ist, wie deren Verwandtschaft zum Normalglaukophan, wie ihn der Glaukophan von Syra darstellt. Stellt man zwischen den Eisenglaukophan und den Crossit den einaxigen Glaukophancrossit (vgl. pag. 146), so erhält man folgendes Schema der Verwandtschaftsbeziehungen.



Da nun das Auftreten des Eisengastaldites (im Vorkommen von Vingt-Huit) und des Eisenglaukophanes (im Vorkommen von Laventzie und Mayen de Revers) chemisch erwiesen ist, so ist auch wohl die Annahme naheliegend, dass die entsprechenden Zwischenglieder, die sich dem Eisengastaldit von Shikoku und dem Glaukophan von Syra nähern, in den Glaukophangesteinen des Val de Bagnes zugegen sind. Die aufsteigende Reihe der blauen Natronamphibole dürfte im Val de Bagnes mit dem Crossit ihr Ende finden.

 $^{^{1})\ \}parallel$ soll bedeuten "parallelsymmetrisch. + soll bedeuten "normalsymmetrisch".

Der Crossit wurde optisch mehrfach nachgewiesen (vgl. pag. 148 u. ff.). Ausserhalb meines näheren Untersuchungsgebietes (oberes Val de Bagnes) erkannte ich die zonare Verwachsung von optisch zweiaxigem Crossit mit Glaukophancrossit und echtem Glaukophan in dem Schliff No. 76 ("Glaukophanschiefer vom Bagnestal, Wallis") der Dünnschliffsammlung von RINNE. - Ebenso auch in dem Dünnschliff des mit "Glaukophanchloritschiefer von Fionney" (No. 267) bezeichneten Gesteines der "Sammlung alpiner Gesteine von Schmidt". Der Crossit scheint überhaupt im mittleren Val de Bagnes in schönster Entwicklung vorhanden zu sein, obwohl ihn Woyno nur aus einem erratischen "Epidotcrossitgestein von Mayen du Revers" kannte. Den ersten Crossit aus der Schweiz hat wohl Michel-Lévy (Lit. 18 pag. 264) beschrieben aus einem im Bois de Versoix am Genfersee gefundenen erratischen Glaukophangestein, dessen Herkunft aus dem Val de Bagnes als unzweifelhaft erscheint.

Die absteigende¹) Reihe der blauen Natronamphibole scheint sich bis zum reinen Gastaldit²) fortzusetzen, wie er im "gastalditischen Glaukophan" der Zoisitglaukophanite vorliegt. Seine wegen seines optischen Verhaltens (blasse Absorptionsfarben, geringe Auslöschungsschiefe, geringer Axenwinkel) erfolgte Zuteilung zum Gastaldit erscheint auch infolge des grossen Tonerdereichtums und des geringen Fe₂O₃-Gehaltes des Gesteins berechtigt.

Wie wir aus der Beschreibung der Zoisitglaukophanite ersehen haben, führt die "gastalditische Hornblende" stets einen mehr oder weniger grossen Kern einer blassgrünen Hornblende. Die gleiche grüne Hornblende führt in den Zoisitalbitamphiboliten, die einen mit dem der Zoisitglaukophanite verwandten Chemismus zeigen, öfters einen Kern einer braunen Primärhornblende (natronhaltig). Diese letztere darf mit aller Sicherheit als Muttermineral des Gastaldites der Zoisitglaukophanite angesehen werden.

Von den blauen Amphibolen führen verschiedene nach c blaugrüne Randhornblenden zur gemeinen Hornblende hinüber, wie sie uns in den Albitamphiboliten als vorherrschender Amphibol entgegentritt. Ihrer oftmals sehr niederen Doppel-

1) Im Sinne des abnehmenden Fe₂O₃-Gehaltes.

²⁾ Dass neben Glaukophan auch Gastaldit auftritt, ist keineswegs merkwürdig angesichts der Tatsache, dass auch bei St. Marcel neben dem typischen Gastaldit nahezu normaler Glaukophan vorkommen kann, wie die Analyse von Zambonini zeigt (Über den metamorphosierten Gabbro der Rocca bianca im Susa-Tale. N. Z. f. M. 1906, Bd. II, pag. 105).

brechung wegen wurden früher derartige Übergangsglieder gelegentlich mit Arfvedsonit verwechselt (Williams, Stelzner u. a.). Sie unterscheiden sich von diesem aber durchwegs durch ihre optische Orientierung c γ (=10–20° ca.). Das regelmässige Auftreten der blaugrünen Randhornblenden am Kontakt des Glaukophanes mit dem Albit verweist ihre Entstehung in das Endstadium der Glaukophanausscheidung, als der Grossteil des Na₂O und Fe₂O₃ bereits aufgebraucht war.

Derartige Verwachsungen von Glaukophan und grüner Hornblende beschrieben u. a. auch Artini und Melzi¹) aus den Eclogiten des Sesia-Tales, Zambonini (loc. cit.) aus "Glaukophanprasiniten" des Susatales und Brouwer²) aus amphibolitisierten, diabasähnlichen Gesteinen der Insel Letti (Niederländisch Ostindien). Darin bildet nach Brouwer der Crossit die Randzone um eine braungelbe Hornblende, der Crossit seinerseits aber wird von einer aktinolithischen Hornblende umsäumt.

Im Anschlusse an diese Darlegungen mögen hier die mannigfaltigen Umwandlungsarten der blauen Natronamphibole des obern Val de Bagnes zusammenfassend erwähnt werden. Die Umwandlung des Glaukophanes kann pseudomorph oder eleutheromorph vor sich gehen. Erstere Umwandlungsart vollzieht sich nur in quarzführenden Casannaschiefern, letztere ist in den Glaukophan-Chloritgesteinen die Regel. Die verschiedenen Umwandlungserscheinungen sind:

1. Albit-Chloritpseudomorphosen nach Glaukophan.

Der Albit liegt zwischen den unter 124° sich kreuzenden Chloritmaschen oder ist mit Albit mikro- bis kryptodiablastisch verwachsen. Der Chlorit ist meist Pennin, seltener Klinochlor. Winzigste, seltene Titanitkörnchen deuten auf einen ehemaligen TiO₂-Gehalt des Glaukophanes. Auf- und eingewachsene hexagonale Hämatitflitterchen sind ziemlich selten. Diese Art von Pseudomorphosen finden sich in den Glaukophanführenden Albitgneisen und sind gestaltlich am besten erhalten, wenn sie allseits von Quarzkörnchen umgeben sind. Mit dem Verschwinden des Quarzes aus dem Mineralbestand werden auch die Albit-Chlorit Pseudomorphosen seltener und schliesslich gar nicht mehr beobachtet. Die Erklärung hie-

¹) Artini und Melzi, Ricerche petrografiche e geologiche sulla Valsesia, Milano 1900.

²⁾ H. A. Brouwer, Über normalsymmetrische Amphibole aus Niederländisch Ost-Indien. C. f. M. 1914, No. 22.

für liegt in der geringeren Reaktionsfähigkeit sauerer Gesteine gegenüber basischen Gesteinen, so dass also ein bestimmter Aziditätsgrad des Gesteines als Hauptfaktor für die Erhaltung dieser Pseudomorphosen in Frage kommt.

In gewissem Sinne kann diese Albit-Chloritbildung aus Glaukophan mit der Feldspat-Uralitisierung¹) der Natrontonerdepyroxene verglichen werden. Während letztere durchwegs an die unterste oder mittlere Tiefenzone von Grubenmann gebunden ist, tritt die Albit-Chloritbildung, wie der Glaukophan selber, nur in der Epizone auf. Bei beiden Umwandlungsarten wird Feldspat und ein femischer Gemengteil (Uralit bzw. Chlorit) neugebildet, ebenso gehen auch beide unter Wasseraufnahme vor sich. Bei der Uralitisierung ist die Wasseraufnahme allerdings nur sehr gering (vgl. auch Hezner, loc. cit.). Ich schlage darum vor, diese Umwandlung der Natronhornblenden in Albit und Chlorit analog der Feldspat-Uralitisierung mit Albit-Chloritisierung zu bezeichnen.

2. Kalzit-Chloritpseudomorphosen nach Glaukophan.

Kalzitfetzen und Chloritschüppchen in wirrer Verwachsung bilden gut erhaltene Pseudomorphosen nach Glaukophan. Der Chlorit ist in allen Fällen negativer Pennin. Der Kalzit führt winzige, rot durchscheinende Ferrite. Diese Pseudomorphosenart ist ganz auf einzelne quarzführende Granat-Glaukophanalbitschiefer von Vingt-Huit beschränkt.

3. Umwandlung des Glaukophanes in Chlorit (eleutheromorph).

Der Chlorit bildet in diesem Falle einen feinschuppigen Filz ohne Andeutung irgendwelcher Umrissformen des ehemaligen Glaukophanes. Winzige Titanitkörnchen können auch hier als Entmischungsprodukte aufgefasst werden. Die geringe, neugebildete Albitmenge wird nicht mehr in direktem Verbande mit den Chloritaggregaten angetroffen.

4. Umwandlung des Glaukophanes in Chlorit und biotitartigen Glimmer (eleutheromorph).

Der biotitartige Glimmer scheint ebenfalls schnell in Chlorit überzugehen, so dass schliesslich reine Chloritaggregate (Pennin) vorliegen. Ich verweise auf die Sismondinglaukophan-

¹⁾ S. Franchi, Über Feldspat-Uuralitisierung der Natron-Tonerde-Pyroxene usw. N. Z. f. M. 1902, Bd. II, pag. 112-126.

phyllite (pag. 123 u. ff.), wo diese Umwandlungsart eine eingehende Beschreibung erfahren hat.

Diese eben beschriebenen Fälle stellen typische Zersetzungsvorgänge des Glaukophanes dar. Die Umwachsung des Glaukophanes mit der blaugrünen Randhornblende kann mit diesen Erscheinungen nicht auf die gleiche Stufe gestellt werden. Die mikroskopische Untersuchung zwingt vielmehr. die Auskristallisation des Glaukophanes und die Randhornblendenbildung als zeitlich direkt aufeinanderfolgende Vorgänge anzusehen. Ob nun die blaugrüne Hornblende eine blosse Umwachsung des Glaukophanes darstellt als Folge des mit der Glaukophanausscheidung sich ändernden Chemismus des werdenden kristallinen Schiefers oder ob es sich um eine frühzeitige Umwandlung des Glaukophanes in Hornblende handelt, kann mit Sicherheit nicht entschieden werden. Im letzteren Falle drängt sich uns die Frage auf, warum die Metamorphose des Glaukophanes bald blaugrüne Hornblende, bald Chlorit lieferte. Dies ist wohl in erster Linie eine Frage der bei der Umwandlung zur Verfügung stehenden Wassermenge. Da der Chlorit zu seiner Bildung einer erheblich grösseren Wassermenge bedarf als die Hornblende, so ist somit seine Entstehungsmöglichkeit erst dann gegeben, wenn ein Minimum des zu seiner Bildung notwendigen Wassers vorhanden ist. Dieses Minimum wird aber folgerichtig um so leichter unterschritten, einerseits je weniger das Gestein der Oberflächenverwitterung ausgesetzt ist und anderseits in je tieferen Zonen die Bildung des betreffenden kristallinen Schiefers vor sich geht. Wir kommen damit zur Annahme, dass die Randhornblende sich in grösserer Tiefe als der Pseudomorphosenchlorit gebildet hat und erhalten auf diese Weise eine neue Stütze für die Ansicht, dass der Mineralbestand der Casannaschiefer des oberen Val de Bagnes für die Basis der obersten Tiefenzone Grubenmanns typomorph ist.

D. Die chemischen und genetischen Verhältnisse der Casannaschiefer des Val de Bagnes mit besonderer Berücksichtigung ihrer Ophiolitheinlagerungen.

Wie ich schon in der Einleitung bemerkte, haben Gruben-Mann, Milch und Woyno nacheinander das genetische Problem der Glaukophangesteine des mittleren Val de Bagnes bzw. ihrer Begleitgesteine zu lösen versucht. Grubenmann leitete sie von theralitischen Ergüssen und deren Tuffen ab. Dagegen erhob Milch Einspruch. Den teilweise intermediären