

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: 25.12.2025

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 Albitkörnern verwachsen. Das *Karbonat* ist von opaken bis rotbraunen Ferriten erfüllt, die sich gern längs den Spaltrissen der Karbonatkörner anhäufen. *Ilmenit*reste mit *Leukoxen*rändern durchziehen parallel der Schieferung das Gesteinsgefüge. Den Leukoxen verdrängen hin und wieder spärliche Klinoisitkörner.

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 Hornblende-grüne 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	55,30	56,33	94,44
TiO ₂	0,45	0,46	—
Al ₂ O ₃	17,47	17,79	17,44
Fe ₂ O ₃	2,09	2,13	1,33
FeO	13,68	13,93	19,35
CaO	1,00	1,02	1,82
MgO	2,09	2,13	5,32
Na ₂ O	5,21	5,30	8,55
K ₂ O	0,89	0,91	0,97
H ₂ O	2,71	—	—
(+ Glühverlust)			
	100,89	100,00	

Wir haben somit folgende Molekularproportionen:

$$\begin{array}{ccccc} \text{R}_2^{\text{I}}\text{O} & : & \text{R}^{\text{II}}\text{O} & : & \text{R}_2^{\text{III}}\text{O}_3 \\ 9.52 & & 26.49 & & 18.77 \end{array}$$

Das Verhältnis von $\text{R}_2^{\text{I}}\text{O} : \text{R}_2^{\text{III}}\text{O}_3$ 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 $\text{R}^{\text{II}}\text{R}_4^{\text{III}}\text{Si}_2\text{O}_{12}$, das viel Al_2O_3 , aber wenig SiO_2 verbraucht, vorhanden sei und berechnet man den Rest von $\text{R}^{\text{II}}\text{O}$ 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 $\times 100$) 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	20,94	14,81	17,41	23,02
Fe_2O_3	—	6,12	1,33	1,13
FeO	12,58	6,00	19,43	3,11
CaO	3,62	10,73	1,82	10,44
MgO	9,71	8,55	5,28	12,35
Na_2O	7,68	7,4	8,44	10,89
K_2O	—	0,27	1,05	1,82
$\text{R}_2\text{R}_4^{\text{III}}\text{Si}_4\text{O}_{12}$...	7,68	8,05	9,49	12,71
$\text{R}_2^{\text{II}}\text{Al}_4\text{Si}_2\text{O}_{12}$...	6,63	6,44	4,63	5,72
$\text{R}_4^{\text{II}}\text{Si}_4\text{O}_{12}$	3,16	3,08	4,32	3,62
SiO_2 Überschuss (in Molekular- quotienten $\times 100$)	40,31	36,41	28,76	11,37

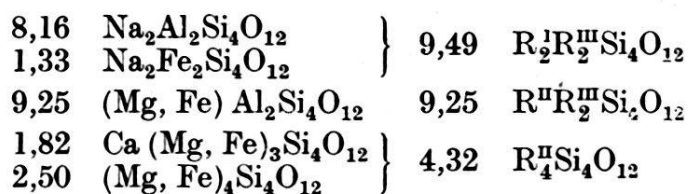
Aus dieser Zusammenstellung ersehen wir, dass nach Berechnung der obigen Moleküle in den tonerdereichen Glaukophanen bzw. Gastalditen die SiO_2 -Übersättigung mit zunehmendem Wert für $\text{Na}_2\text{R}^{\text{III}}\text{Si}_4\text{O}_{12}$ rasch abnimmt. Die SiO_2 -Übersättigung des „Glaukophanes“ von Vingt-Huit, die

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

nicht ganz $\frac{1}{3}$ des in der Analyse gefundenen SiO_2 -Gehaltes ausmacht, würde auch bei einer Verrechnung des gesamten H_2O als Metakieselsäure nur zur Bindung von ca. 15 SiO_2 in Form von nicht ganz 4 $\text{H}_8\text{Si}_4\text{O}_{12}$ dienen. Die vollständige Absättigung gelingt hingegen bei Annahme des von Doelter eingeführten und von Milch erstmals für den Glaukophan in Anwendung gebrachten Moleküles $\text{R}^{\text{II}}\text{R}_2^{\text{III}}\text{Si}_4\text{O}_{12}$. 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-Huit ²⁾	Elek-Dagh
$\text{R}_2^{\text{I}}\text{R}_2^{\text{III}}\text{Si}_4\text{O}_{12} \dots$	7,68	8,05	9,49	12,71
$\text{R}^{\text{II}}\text{R}_2^{\text{III}}\text{Si}_4\text{O}_{12} \dots$	13,26	12,13	9,25	3,80
$\text{R}_4^{\text{II}}\text{R}_4^{\text{III}}\text{Si}_2\text{O}_{12} \dots$	—	0,38	—	3,82
$\text{R}_4^{\text{II}}\text{Si}_4\text{O}_{12} \dots\dots$	3,16	3,10	4,32	3,62
	20,94	20,18	18,74	16,51

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 $\text{R}^{\text{II}}\text{R}_2^{\text{III}}\text{SiO}_2$ gemeinsam, unterscheidet sich aber von ihm durch eine geringe Vertretung des Al_2O_3 durch Fe_2O_3 . 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 Fe_2O_3 an das Molekül $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ (Riebeckitmolekül z. T.) gebunden, so lässt sich auf diese Weise für den analysierten *Eisengastaldit von Vingt-Huit* folgende Formel berechnen:



¹⁾ Ca. 0,2% SiO_2 -Überschuss.

²⁾ Ca. 0,35% SiO_2 -Überschuss.

Der SiO_2 -Überschuss könnte hier und an andern Orten durch Bindung an Wasser behoben werden, wie dies HAFCKE (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 Fe_2O_3 -Gehalt, dafür aber umso grösserer Al_2O_3 -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 Glaukophanecrossit 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 Fe_2O_3 -Gehalt auszeichnet, müssen zweifelsohne die obenerwähnten kontinuierlichen Veränderungen des optischen Verhaltens auf eine stete Zunahme des Fe_2O_3 -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 Fe_2O_3 -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 ($\text{Na}_2\text{Fe}_3^{\text{II}}\text{Si}_4\text{O}_{12}$). Der SiO_2 -Überschuss erreicht nur beim Rhodusit²) eine beträchtliche Grösse, könnte aber auch eventuell als H_2SiO_3 an H_2O gebunden werden.

	Syra (Glaukophan)	Laventie (Eisen- glaukophan)	Berkeley (Crossit)	Rhodus (Rhodusit)
SiO_2	95,48	90,32	91,70	94,48
Al_2O_3	10,83	6,75	4,66	0,05
Fe_2O_3	2,00	6,56	6,82	9,95
FeO	13,54	11,90	13,12	10,59
CaO	1,69	4,07	4,24	0,17
MgO	24,41	22,85	23,25	29,55
Na_2O	10,95	11,24	11,99	10,32
K_2O	0,45	1,18	0,30	0,86
$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$..	9,40	5,86	4,66	0,05
$\text{Na}_2\text{Fe}_2^{\text{III}}\text{Si}_4\text{O}_{12}$..	2,00	6,56	6,82	9,95
$\text{Na}_2\text{Fe}_3\text{Si}_4\text{O}_{12}$..	—	—	0,81	1,18
$(\text{Mg}, \text{Fe})\text{RSi}_4\text{O}_{12}$	1,43	0,89	—	—
$\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Si}_4\text{O}_{12}$	1,69	4,07	4,24	0,17
$(\text{Mg}, \text{Fe})_4\text{Si}_4\text{O}_{12}$	7,86	5,41	5,26	9,02
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 $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ zugunsten des Riebeckitmoleküles $\text{Na}_2\text{Fe}_2^{\text{III}}\text{Si}_4\text{O}_{12}$ gegen den Rhodusit hin und anderseits das durchgehende Überwiegen des Anthophyllitmoleküles $[(\text{Mg}, \text{Fe})_4\text{Si}_4\text{O}_{12}]$ 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 $R_2^I O > R_2^{II} O_3$, was uns zur Annahme des Arfvedsonitmoleküles ($Na_2Fe_2^{II}Si_4O_{12}$) zwingt. Hierin unterscheiden sich von Crossit und Rhodusit der ihnen in den übrigen Werten so ähnliche Glaukophan von Laventzie, den Milch seines hohen Fe_2O_3 -Gehaltes wegen als Eisenglaukophan bezeichnet hat. Dieser führt, wenn auch in geringen Mengen, das Molekül $R_2^{II}R_2^{III}Si_4O_{12}$, der dem jeweiligen R_2O_3 -Überschuss entspricht. Das Molekül $R_2^{II}R_2^{III}Si_4O_{12}$ 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 $R_2^I R_2^{III} Si_4 O_{12}$ 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 andererseits 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 Fe_2O_3 -Gehalt geordnet sind.

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

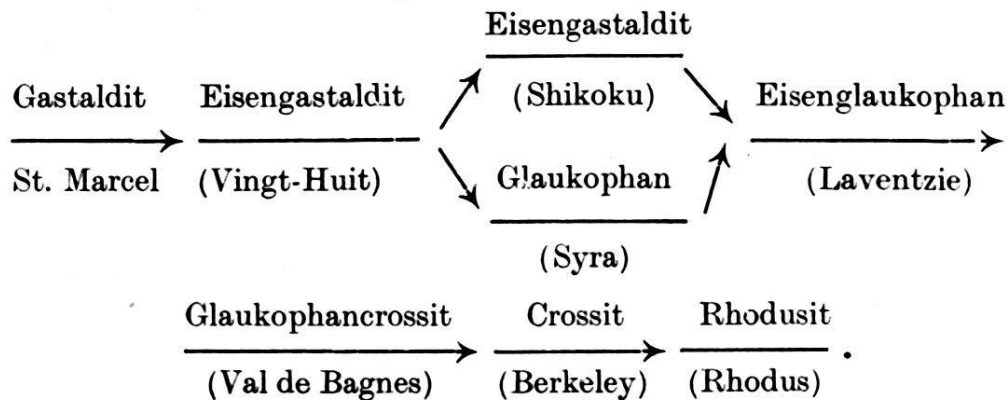
Wie wir daraus ersehen können, nehmen in der aufsteigenden Reihe die einzelnen Werte für $Na_2Fe_2^{III}Si_4O_{12}$ ebensowenig wie diejenige für $R_4^{II}Si_4O_{12}$ nicht kontinuierlich zu, wohl aber trifft dies für ihre Summe zu. Diese macht beim Gastaldit von St. Marcel nur einige Prozente aus, beim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

¹⁾ H. S. WASHINGTON, A Chemical Study of the Glaucothane 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 Fe_2O_3 -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	Eisengastaldit von Vingt- Huit	Shikoku	Glaukophan von Syra	Eisenglau- kophan von Laventzie	Crossit von Berkdey	Rhodusit von Rhodus
$\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$. (Riebeckitmolekül)	0	1.33	6.12	2.00	6.56	6.82	9.95
$\text{R}_4\text{Si}_4\text{O}_{12}$ bzw. (Mg, Fe) Si_4O_{12} }	3.16	4.32	3.10	7.86	5.41	5.26	9.02
(Anthophyllitmol.)	3.16	5.65	9.22	9.86	11.97	12.08	18.97
Auslöschungsschiefe	$\epsilon\gamma 60^\circ$	$\epsilon\gamma 60^\circ$ ca.	—	$\epsilon\gamma 60^\circ$	$\epsilon\gamma 160^\circ$	$\epsilon\gamma 20-30^\circ$	$\epsilon\gamma 25^\circ$
Axenwinkel . .	2 E 72° 55'	60°—70°	—	60°—70°	< 40°	sehr gross	gross
Axenlage ¹⁾ . .			—			+	+
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 Glaukophan-crossit (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⁾ || soll bedeuten „parallelsymmetrisch. + soll bedeuten „normal-symmetrisch“.

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 zweiachsigem *Crossit* mit *Glaukophan-crossit* 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 *Gastaldit*²⁾ fortzusetzen, wie er im „*gastalditischen Glaukophan*“ der *Zoisitglaukophanite* vorliegt. Seine wegen seines optischen Verhaltens (basse Absorptionsfarben, geringe Auslöschungsschiefe, geringer Axenwinkel) erfolgte Zuteilung zum *Gastaldit* erscheint auch infolge des grossen Tonerdereichtums und des geringen Fe_2O_3 -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 Fe_2O_3 -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 metamorphosierte 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 $c\gamma$ ($=10-20^\circ$ 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 Na_2O und Fe_2O_3 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 TiO_2 -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 Val-sesia, 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 saurer 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 Natron-tonerdepyroxene verglichen werden. Während letztere durchwegs an die unterste oder mittlere Tiefenzone von GRUBEN-MANN 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 Sismondingleukophan-

¹⁾ S. FRANCHI, Über Feldspat-Uralitisierung 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 blaugüne 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 blaugüne 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 GRUBENMANN'S 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 GRUBENMANN, 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