Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 55 (1975)

Heft: 3

Artikel: Chloritoid in autochthon-parautochthonen Sedimenten des Aarmassivs

Autor: Frey, Martin / Wieland, Beat

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-43079

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: 15.07.2025

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

Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 55, 407–418, 1975

Chloritoid in autochthon-parautochthonen Sedimenten des Aarmassivs

Von *Martin Frey* und *Beat Wieland* (Bern)*)

Mit 2 Figuren im Text

Abstract

Triclinic chloritoid has been detected in low grade Mesozoic phyllites, originally black shales, in the autochthonous and parautochthonous cover of the Aar Massif, Central Swiss Alps. Some of these chloritoids are too fine grained (0.03×0.005 mm) to be seen in hand specimen but were unequivocally determined by X-ray diffractometry (Fig. 1). In thin section the colorless tiny chloritoid grains may easily be overlooked. The formation of this chloritoid can presumably be represented by the simplified reaction: pyrophyllite + chlorite → chloritoid + quartz + H_2O. A preliminary distribution map for the reactants and products of this reaction is presented (Fig. 2). The isograd has however been fixed only near Leukerbad, at the western end of the Aar Massif.

EINFÜHRUNG

Chloritoid gilt bei zunehmender Regionalmetamorphose als eines der ersten Minerale, welches makroskopisch erkannt werden kann. Als Beispiel aus den Zentralalpen sei der bekannte Aufschluss bei Curaglia südlich Disentis erwähnt, wo etwa 1 mm grosser, schwarzer Chloritoid aus den grünen und silbergrauen Quartenschiefern heraussticht. Schon etwas schwieriger ist es, Chloritoid in schwarzen Phylliten zu identifizieren. In dieser Notiz wird über Chloritoid in schwach metamorphen Sedimenten des Aarmassivs berichtet, welcher röntgenographisch entdeckt wurde, weil zum Teil makroskopisch nicht sichtbar; sogar im Dünnschliff kann dieser Chloritoid leicht übersehen werden.

ENTDECKUNG DER CHLORITOID-FUNDPUNKTE

Im Rahmen einer eingehenden Untersuchung der Sedimente der Glarner Alpen und Umgebung fand einer der Autoren (MF) 1970 im Ramuztobel

*) Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Bern, Sahlistrasse 6, 3012 Bern.

südlich Vättis den ersten Chloritoid im Autochthon des Aarmassivs (genauer Fundort siehe Anhang). Nach der Profilaufnahme von DOLLFUS (1965) handelt es sich um die Bommerstein-Serie des unteren Doggers. Der Chloritoid wurde röntgenographisch und optisch identifiziert, obwohl die Chloritoid-Blättchen (∅ ca. 1 mm) hinterher auch makroskopisch im Querbruch des Handstückes erkannt werden konnten. Der zweite Fund gelang in einem Phyllit aus dem Aalénien bei Albinen am Westende des Aarmassivs, wobei das Handstück «zufälligerweise» anlässlich einer Exkursion gesammelt wurde. Der Chloritoid ist makroskopisch nicht sichtbar, es gibt auch keine Knötchen, die seine Anwesenheit verraten könnten. Dieser zweite Fundpunkt sowie die schon länger bekannten Chloritoidschiefer im parautochthonen Lias des Gotthardmassvis bei Brig-Termen (LISZKAY, 1965) liessen es sinnvoll erscheinen, die Sammlung von SCHENKER (1946) auf geeignetes Material hin anzusehen. Die Sammlung enthielt nur vier phyllitische Gesteine, offenbar wusste man mit diesen leicht zerbrechlichen Gesteinen damals nicht viel anzufangen. In einem dieser vier Gesteine wurde röntgenographisch Chloritoid entdeckt. Die Etikettenbeschriftung des betreffenden Handstückes lautet: «Hettangienschiefer vom Schieferzug N Raron in der Schlucht des Bietschtals». Im Querbruch ist ein schwarzes, glänzendes Mineral erkennbar (∅ = 0,1 mm), aber die eindeutige Bestimmung kann erst optisch und röntgenographisch erfolgen. SCHENKER (1946, S. 40) hatte zwar schon auf vermeintliche Chloritoid-Tüpfchen in den Quartenschiefern hingewiesen, doch konnten NIGGLI und NIGGLI (1965, S. 341) am Originalschliff nachweisen, dass es sich um Turmalinstengelchen handelt. Schliesslich wurde kürzlich entlang der Strasse Leuk–Leukerbad systematisch nach Chloritoid-verdächtigen Gesteinen gesucht. Sowohl im Aalénien als auch in Toarcienschiefern (LUGEON, 1910) fanden sich zwischen Leuk und Inden massenhaft Tüpfchen, die sich nach der röntgenographischen Untersuchung als Chloritoid herausstellten. Die schwarzen Tüpfchen sind am besten auf hellgrau angewitterten Oberflächen zu erkennen. Den bisher niedrigst-metamorphen Chloritoid fanden wir im Aalénien des Pischürgrabens, ca. 1 km SW Leukerbad; dieser Chloritoid ist im Handstück nicht erkennbar. Im gleichen Aufschluss fand sich auch eine Probe mit Pyrophyllit und Chlorit. Auf die Bedeutung dieser Teilparagenese kommen wir weiter unten zurück.

MINERALOGIE

Chloritoid

Chloritoid bildet winzige, farblose Stengelchen bis Blättchen, welche hie und da rosettenförmig angeordnet sind. Im Querprofil Leukerbad–Leuk–Raron kann eine stetige Zunahme der Korngrösse von $0{,}03 \times 0{,}005$ auf $0{,}1 \times 0{,}01$ mm

festgestellt werden. Die Chloritoide liegen oft quer zur Hauptschieferung, wuchsen also postkinematisch bezüglich der Hauptdeformation. Nach den Röntgendaten von HALFERDAHL (1961, Table 17) scheint nur die trikline Modifikation vertreten zu sein. Der farblose Chloritoid kann in den mit organischem Material beziehungsweise Graphit oft stark pigmentierten Dünnschliffen leicht übersehen werden. Röntgendiffraktometrisch ist in orientierten Gesamtgesteinspräparaten ein starker Reflex bei ca. 20° (2 θ, CuK_α-Strahlung) diagnostisch (Fig. 1). Von den in schwach metamorphen pelitisch-mergeligen Sedimenten auftretenden andern Mineralien besitzt an dieser Stelle nur Muskovit den relativ starken ($\bar{1}11$)-Reflex. In orientierten Präparaten erreicht dieser Reflex aber auch bei grossen Muskovitgehalten selten eine Höhe von mehr als 1–2 cm. Erreicht dieser Reflex aber eine Höhe von 10–20 cm, dann liegt der Verdacht nahe, dass Chloritoid vorhanden ist. Weitere Chloritoidreflexe finden sich bei 27,5° (hier allerdings mögliche Interferenz mit einem Basisreflex des Wechsellagerungsminerals Paragonit/Muskovit, vgl. FREY, 1969b) und bei 30,2° (keine Interferenz mit andern Linien).

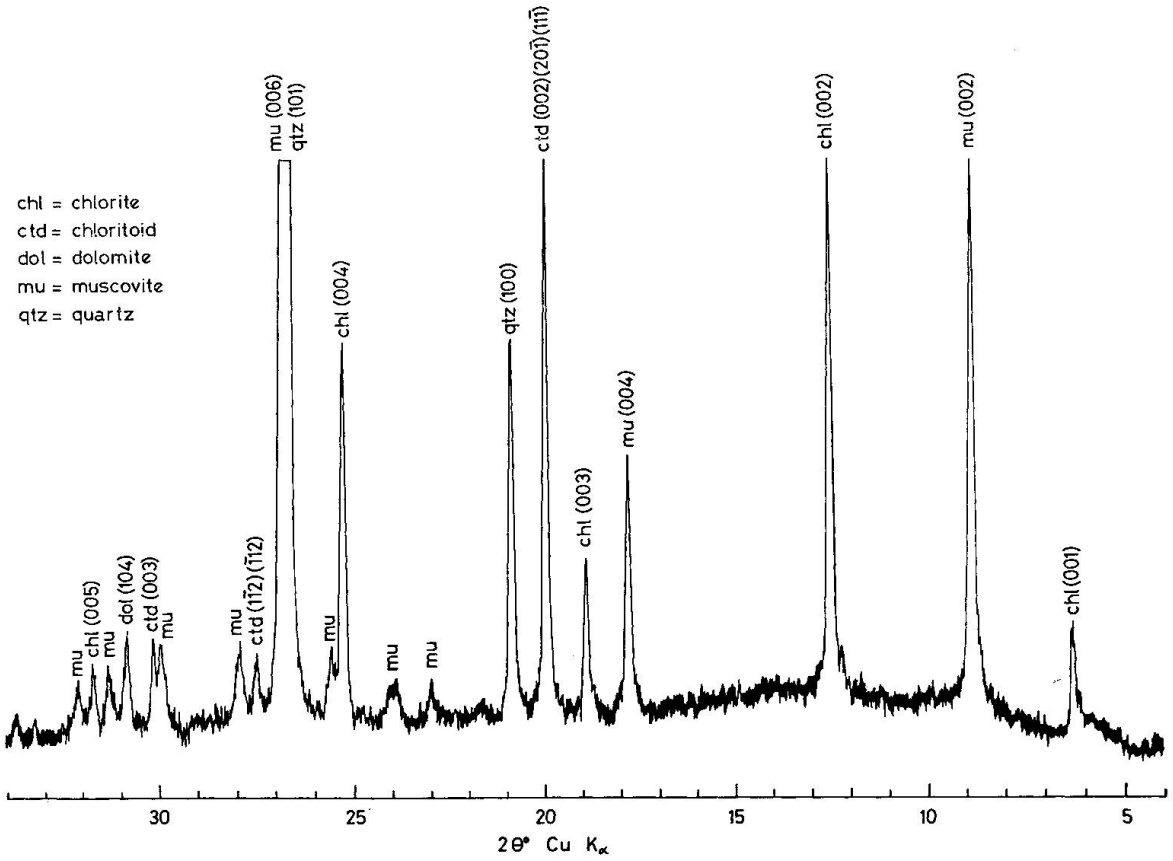

Fig. 1. Röntgendiffraktogramm eines Chloritoid-führenden Phyllites. Orientiertes Präparat der Gesamtgesteinsprobe M. SCHENKER 8.

Chlorit

Mit Ausnahme der Proben von Vättis ist Chlorit ein wichtiger Bestandteil der untersuchten Chloritoid-führenden Phyllite. Je eine Probe von Raron und Albinen zeigten identische Röntgenparameter: d (001) = 14,11 Å, d (060) = $1{,}54_8$ Å. Mit Hilfe der Regressionsgleichungen von WETZEL (1973) lässt sich daraus folgender Chlorit-Chemismus berechnen:

$$(Mg_{4.8_5}Fe^{2+}_{4.5}Al_{2.6_5})_{12}\,(Al_{2.6}Si_{5.4})_8O_{20}\,(OH)_{16}.$$

Es handelt sich um Rhipidolithe nach HEY (1954) beziehungsweise Fe-Rhipidolithe nach TRÖGER und TROCHIM (1969).

Muskovit

Muskovit ist das mengenmässig wichtigste Schichtsilikat. Nach den Röntgendaten von YODER und EUGSTER (1955) scheint nur die Modifikation 2 M vorzuliegen. 3 Proben weisen identische d (060)-Werte von 1,496 Å auf; nach CIPRIANI et al. (1968, Fig. 3) dürften diese Muskovite deshalb praktisch frei von «Phengitkomponente» sein.

Die Basisabstände d (002), berechnet aus d (00·10), betragen für zwei Paragonit-freie Proben von Vättis beziehungsweise Albinen 9,999 und 9,998 ± 0,001 Å. Für eine Probe mit Paragonit/Muskovit von Raron wurde d (002) zu 9,984 ± 0,002 Å bestimmt. Nach ZEN und ALBEE (1964) würden demnach die beiden Muskovite aus Paragonit-freien Gesteinen ca. 8 Mol.-% Paragonit-Komponente besitzen, während der mit Paragonit/Muskovit koexistierende Muskovit ca. 12 Mol.-% Paragonit in fester Lösung enthalten würde.

Übrige Mineralien

Wie schon erwähnt, führen einige Proben das Wechsellagerungsmineral Paragonit/Muskovit, welches als Vorläufer von Paragonit betrachtet wird. Alle Gesteine enthalten reichlich Quarz sowie etwas organisches Material beziehungsweise schlecht kristallisierten Graphit. Einige Proben führen zudem etwas Fe-haltigen Dolomit und/oder Calcit.

DISKUSSION

Im Bereich des Aar- und Gotthardmassivs waren die bisher nördlichsten Chloritoid-Fundpunkte an die sedimentäre Urseren-Zone gebunden (NIGGLI und NIGGLI, 1965). Von diesen Metasedimenten sind hauptsächlich die obertriadischen Quartenschiefer und der untere Lias reich an Chloritoid, bei Andermatt ist zudem Chloritoid auch in wahrscheinlichem Karbon vorhanden (unpubli-

ziert). Wie HOSCHEK (1967) gezeigt hat, ist ein spezieller Gesteinschemismus notwendig, damit bei geeigneten physikalischen Bedingungen Chloritoid auftreten kann: Hoher Al_2O_3-Gehalt, geringe Gehalte an Na_2O, K_2O und CaO sowie ein niedriges Mg/Fe-Verhältnis. Neuere Felduntersuchungen haben indessen gezeigt, dass Chloritoid auch in CaO-reichen Metamergeln auftreten kann (zum Beispiel CHATTERJEE, 1971; HÖCK, 1974; FREY, 1974). In den südlichen Glarner Alpen konnte nun FREY (1969a, S. 116) zeigen, dass dort die Quartenschiefer für die Chloritoidbildung ungeeignet sind (zu hoher K-Gehalt, deshalb alles Al an K-Hellglimmer gebunden), und dass deshalb «die heutige Nordgrenze der Chloritoid-Zone im Gebiet des Vorderrheintals sehr wahrscheinlich keine Isograde darstellt, sondern chemisch bedingt ist». Die neu entdeckten Chloritoid-Fundpunkte haben obige Vermutung bestätigt und es stellt sich natürlich die Frage, bis wieweit nach Norden überhaupt mit dem Auftreten von Chloritoid gerechnet werden kann. Diese Frage lässt sich beantworten, falls wir die metamorphe Bildungsreaktion von Chloritoid kennen, womit die frühere Zonengrenze zu einer Isograde beziehungsweise einer Isoreaktionsgrade (WINKLER, 1974) würde (vgl. die entsprechende Diskussion in FREY, 1974, S. 490). Es kann nun gezeigt werden, dass sich der Chloritoid im Lias und Dogger nach folgender, vereinfachten, von ZEN (1960) vorgeschlagenen Reaktion bildet:

$$\text{Pyrophyllit} + \text{Chlorit} \rightarrow \text{Chloritoid} + \text{Quarz} + H_2O$$

Darüber soll an einer andern Stelle berichtet werden. Obige Dehydratisierungsreaktion dürfte eine Funktion der folgenden intensiven Variablen sein: Druck, Temperatur, chemisches Potential von H_2O und O_2.

In Fig. 2 wurden alle bis jetzt bekannten Fundpunkte von Pyrophyllit + Chlorit des Helvetikums eingetragen sowie diejenigen Chloritoid-Fundpunkte, bei denen angenommen wird, dass sich der Chloritoid nach obiger Reaktion gebildet hat (aus diesem Grunde wurden zum Beispiel alle Chloritoid-Fundpunkte in Quartenschiefern weggelassen, weil sich der Chloritoid in dieser Gesteinsformation aus Chlorit und Hämatit gebildet hat, vgl. FREY, 1969a, S. 113). Pyrophyllit wurde bisher in den Zentralalpen nur selten als gesteinsbildendes Mineral gefunden; über den ersten solchen Fund wurde in FREY (1969a, S. 107) berichtet. Da das Mineral nur röntgenographisch eindeutig bestimmbar ist, sind Funde von Pyrophyllit weitgehend ein Glücksspiel. Immerhin scheint dieses Mineral an bestimmte lithostratigraphische Horizonte gebunden zu sein. Pyrophyllit wurde bisher reichlich im Lias der Glarner Alpen gefunden, selten auch im Lias des Torrenthorns, gelegentlich im Aalénien und in eozänen Sedimenten des Siderolithikums sowie an einer Stelle in den Quartenschiefern. Das Verbreitungskärtchen zeigt, dass die Teilparagenesen Pyrophyllit + Chlorit einerseits sowie Chloritoid + Quarz anderseits getrennte Felder belegen. Kein einziges Vorkommen von Pyrophyllit + Chlorit

im Chloritoid-Feld ist bisher bekannt und umgekehrt befindet sich kein Chloritoid im Verbreitungsfeld der Teilparagenese Pyrophyllit + Chlorit. Dies darf als ein guter Hinweis gelten, dass tatsächlich obige Reaktion abgelaufen ist.

Über den Verlauf der Isograden kann vorläufig folgendes gesagt werden. Im Aarmassiv mit seinen granitischen Gesteinen kann die Isograde aus chemischen Gründen nicht festgelegt werden, wohl aber in den mesozoischen Sedimenten westlich und östlich davon. *Im Osten* scheint es auf den ersten Blick, als ob der Verlauf der Isograde im Vorderrheintal durch den Pyrophyllit + Chlorit-Fundpunkt bei Schlans (Nr. 10) und die Chloritoid-Vorkommen in der südlich davon verlaufenden Urseren-Zone gut «eingegabelt» wäre. Bei Schlans treten aber die Ausgangsmineralien für die Chloritoidbildung in einem Hämatit-führenden Pelit auf, währenddem sich die eingezeichneten Chloritoid-Fundpunkte in Graphit-führenden Metasedimenten befinden. Bei der Anwesenheit von Graphit beziehungsweise organischem Material ist aber bei tiefen Temperaturen mit einem hohen Anteil von Methan in der Gasphase zu rechnen (French, 1966; Eugster und Skippen, 1967). Damit wird das chemische Potential von H_2O erniedrigt und die vorgeschlagene Bildungsreaktion für Chloritoid sollte demnach in Graphit-führenden Phylliten bei tieferen Temperaturen ablaufen als in Hämatit-führenden Metapeliten, wo die Gasphase hauptsächlich aus H_2O bestanden haben dürfte. Es ist demnach in geeigneten «Schwarzschiefern» damit zu rechnen, dass Chloritoid auch nördlich des Pyrophyllit + Chlorit-Fundpunktes Nr. 10 auftreten könnte. Vorläufig kann nur gesagt werden, dass die Isograde nördlich des Ramuztobels bei Vättis (Fundpunkt Nr. 1) und südlich der Liasaufschlüsse um den Spitzmeilen (Fundpunkte 6 und 7) verlaufen muss. In den dazwischenliegenden Flyschgesteinen besteht allerdings wenig Hoffnung, jemals Pyrophyllit + Chlorit oder Chloritoid zu finden. *Im Westen des Aarmassivs* ist *ein* Punkt der Isograde durch den glücklichen Fund von Produkten und Edukten der Chloritoid-Bildungsreaktion im gleichen Aufschluss (aber nicht im gleichen Handstück! Fundpunkt 4 bei Leukerbad) festgelegt worden. Damit ist die bisherige Chloritoid-Zonengrenze um etwa 15 km nach Norden verschoben worden und bildet hier eine echte Isograde.

Zu beantworten bleibt noch die Frage, bei welchem Metamorphosegrad die Isograde bei Leukerbad verläuft. Vom Standpunkt der Illit-Kristallinität her befinden wir uns bereits in der Epizone (Taylor und Frey, unpubliziert). Anderseits befinden wir uns nördlich des Taveyannazsandstein-Vorkommens von Leuk, wo Mineralparagenesen der Pumpellyit-Aktinolithschiefer-Fazies (Hashimoto, 1966) auftreten (Martini und Vuagnat, 1970; Coombs et al., 1975). Bei Leuk zeigt die Illit-Kristallinität schon Werte der Epizone (Kübler, 1970). Die Pumpellyit-Aktinolithschiefer-Fazies wird allgemein als Übergang von der Prehnit-Pumpellyit-Fazies zur Grünschieferfazies angesehen bei etwas erhöhten Drucken (vgl. zum Beispiel Seki, 1969, Fig. 1 und 3;

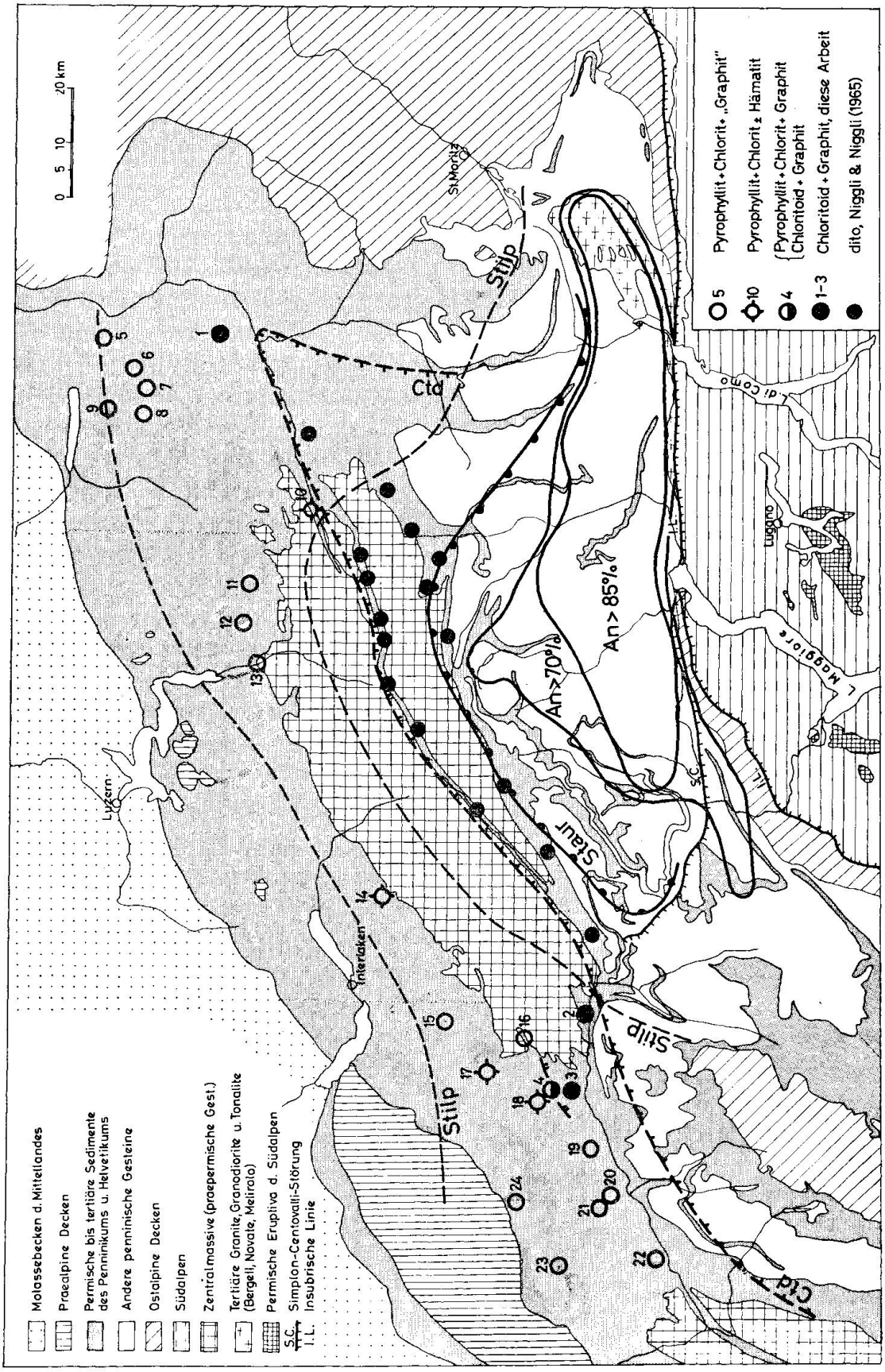

Fig. 2. Verbreitung der Vorkommen von alpidisch gebildetem Chloritoid + Quarz in «Schwarzschiefern» und der chemisch äquivalenten Teilparagenese Pyrophyllit + Chlorit. Zonengrenzen nach E. Niggli und E. Wenk. Der Verlauf der neuen Chloritoid-Isograde am Westende des Aarmassivs ist schematisch angedeutet. Fundortverzeichnis im Anhang.

Coombs, 1971; Liou, 1971, Fig. 7). Ein Chloritoid-Vorkommen von ähnlich niedrigem Metamorphosegrad ist von Boudier und Nicolas (1968) aus Dachschiefern reich an organischem Material beschrieben worden. Kübler (1967, Fig. 3, sowie pers. Mitt.) stellt diesen Chloritoid sogar in die höhergradige Anchizone.

ANHANG: FUNDORTVERZEICHNIS

Abkürzungen: Cc = Calcit, Chl = Chlorit, Ctd = Chloritoid, Dol = Dolomit, Häm = Hämatit, J/M = Wechsellagerung Illit/Montmorillonit, Mu = Muskovit, Pa/Mu = Wechsellagerung Paragonit/Muskovit, Py = Pyrophyllit, Qz = Quarz, org. Mat. = organisches Material beziehungsweise schlecht kristallisierter Graphit.

Chloritoid

1 Ramuztobel S Vättis, Koord. 751.025/195.025/1100. Untere Bommerstein-Serie des Doggers, vgl. Dollfus (1965), Profil 52, Schicht 1. Autochthon des Fensters von Vättis. Proben MF 1203–1207. Paragenesen: Mu-Pa/Mu-Ctd-Qz-org. Mat. (Chl-frei).

2 Schlucht des Bietschtals N Raron, Koord. 627.9/129.3 ca. Hettangienschiefer des unt. Lias. Autochthon des Aarmassivs. Probe Max Schenker 8. Paragenese: Mu-Chl-Pa/Mu-Ctd-Qz-Dol-org. Mat.

3a An der Strasse Leuk–Albinen, ca. 1 km SSE Albinen, Koord. 615.575/131.450/1320. Aalénien. Parautochthon des Torrenthorns. Probe MF 1283. Paragenese: Mu-Chl-Ctd-Qz-Dol-org. Mat.

3b An der Strasse Leuk–Inden–Leukerbad, SE des Weilers Tschingeren, Koord. 614.550/131.325/930. Aalénien. Parautochthon des Torrenthorns. Probe MF 1803. Paragnese: Mu-Chl-Ctd-Qz-org. Mat.

3c wie 3b, Koord. 614.400/131.650/930, Toarcienschiefer des ob. Lias. Parautochthon des Torrenthorns. Proben MF 1805 und 1806. Paragenesen: Mu-Chl-Ctd-Qz-org. Mat. beziehungsweise Mu-Chl-Ctd-Qz-Cc-org. Mat.

3d An der Strasse Leuk–Leukerbad, 500 m NW Inden, Koord. 613.450/132.750/1180. Toarcienschiefer des ob. Lias. Parautochthon des Torrenthorns. Probe MF 1807. Paragenese: Mu-Chl-Ctd-Qz-Cc-Dol-org. Mat.

4 Pischürgraben, 1 km SW Leukerbad, Koord. 613.8/135.7/1450. Aalénien. Parautochthon des Torrenthorns. Probe MF 1812. Paragenese: Mu-Chl-Pa/Mu-Ctd-Qz-Cc-org. Mat.

Pyrophyllit (+ Chlorit)

4 Vgl. Nr. 4 Chloritoid. Probe MF 1815. Paragenese: Mu-Chl-Py-Pa/Mu-Qz-org. Mat.

5 Pflastertobel, 2 km NW Sargans, Koord. 750.825/214.325/880. Molser-Serie des unt. Doggers, vgl. Dollfus (1965), Profil 13, Schicht 1. Axen-Decke. Proben MF 1016–1021. Paragenesen: Mu-Chl-Py-Pa/Mu-Qz-org. Mat. und dito + Cc.

6a Ostgrat des Hüenerchopf, Koord. 744.175/209.650/2050. Infralias (Rhät und unt. Hettangien), vgl. TRÜMPY (1949), Profil S. 33/34, Schicht 6 und 8. Axen-Decke. Proben MF 701 und 702. Paragenesen: Mu-Chl-Py-Pa-Pa/Mu-Qz-org. Mat. beziehungsweise Mu-Chl-Py-Pa/Mu-Qz-org. Mat.

6b Guggenegg, Guschagruppe, Koord. 740.85/210.50/1960. Infralias und unt. Cardinienschichten, unt. Lias, vgl. TRÜMPY (1949), Profil S. 33, Schicht 5 und Profil S. 45, Schicht 1. Axen-Decke. Proben MF 645–648. Paragenesen: Mu-Chl-Py-Pa-Pa/Mu-Qz-org. Mat. und dito +Cc, vgl. FREY (1970), Fig. 4.

6c Lauifurkel (Lauifurggla), hint. Schilstal, Koord. 740.325/208.625/2180. Infralias. Axen-Decke. Probe MF 371. Paragenese: Mu-Chl-Py-Pa/Mu-Qz-Cc-org. Mat., vgl. auch FREY (1969a), S. 44–47; Pa/Mu wurde dort fälschlicherweise als K-Feldspat identifiziert.

7a Schnüerligrat, Koord. 739.8/207.4/2390. Infralias und Cardinienschichten des unt. Lias, vgl. TRÜMPY (1949), Profil S. 49/50. Axen-Decke. Proben MF 715–728 (13 Proben). Paragenesen: Mu-Chl-Py-Pa/Mu-Qz-org. Mat., zum Teil zusätzlich auch Pa und/oder Cc.

7b Weissgandstöckli, Koord. 737.800/206.425/2440. Infralias, vgl. TRÜMPY (1949), Profil S. 34. Axen-Decke. Proben MF 615–620 (5 Proben). Paragenesen: Mu-Chl-Py-Pa-Pa/Mu-Qz-org. Mat.

8 Grat Weissmeilen (Wissmilen)–Magerrai (Magerrain), Koord. 736.100/210.050/2420. Infralias und unt. Cardinienschichten des unt. Lias, vgl. TRÜMPY (1949). Profil S. 35, Schichten 8–12 und Profil S. 52, Schichten 1–4. Axen-Decke. Proben MF 628–637 (8 Proben). Paragenesen: Mu-Chl-Py-Pa-Pa/Mu-Qz-org. Mat. und dito +Cc.

9a Nordflanke des Ziger, Flumserberge, Koord. 737.650/214.800/1965. Prodkammserie des unt. Lias, vgl. TRÜMPY (1949), Profil S. 55/56, Schichten 7–18. Axen-Decke. Proben MF 563–570 (6 Proben). Paragenesen: Mu-Chl-Py-Pa/Mu-Qz-org. Mat., zum Teil zusätzlich auch Pa.

9b Rotberg, Flumserberge, Koord. 739.950/214.800/1640. Unt. Cardinienschichten des unt. Lias. Axen-Decke. Probe MF 557. Paragenese: Mu-Chl-Py-Pa-Pa/Mu-Qz-org. Mat.

10 Schlans, Koord. 720.2/179.2/1100. Quartenschiefer, obere Trias. Schlanser Trias, zum gotthardmassivischen Ilanzer-Verrucano gehörend. Proben MF 145 und 146. Paragenesen: Mu-Chl-Py-Pa-Pa/Mu-Qz-Häm.

11 Graben zwischen Läcki und Firnen, ca. 1 km NW Urnerboden, Koord. 710.350/194.450/1900. Unt. Aalénienschiefer, Lias – Dogger, vgl. TRÜMPY (1949), Profil S. 158, Schicht 5. Axen-Decke. Probe MF 1065. Paragenese: Mu-Chl-Py-Pa/Mu-Qz-org. Mat.

12 «Seelitalgraben», ca. 5 km W Klausenpass, Koord. 703.290/192.680/1800. Infralias und Cardinienschichten des unt. Lias, vgl. TRÜMPY (1949), Profil S. 37, Schichten 5 und 7 und Profil S. 65, Schichten 1 und 5. Axen-Decke. Proben MF 537–542 und 669 und 670 (7 Proben). Paragenesen: Mu-Chl-Py-Pa/Mu-Qz-Cc-Dol-org. Mat., zum Teil zusätzlich auch Pa, zum Teil Cc oder Dol fehlend.

13 «Scheidnössli», ca. 1,5 km N Erstfeld, Koord. 692.400/187.800/550. Aalénien. Autochthon des Aarmassivs. Probe MF 1792. Paragenese: Mu-Chl-Py-Pa/Mu-Qz-org. Mat.

14 Marmorbruch Grindelwald, Koord. 646.750/162.750/1100. Siderolithikum des Eozäns (in Öhrlikalk), unt. Tertiär. Parautochthon des Aarmassivs. Proben G. 022, 023 und 026. Paragenesen: Mu-Chl-Py-Qz, vgl. WIELAND (1973).

15 300 m NE Bürgli, hint. Kiental, Koord. 626.340/154.390/1745. ? Hettangien oder ? obere Cardinienschichten des unt. Lias. Wildhorn-Decke. Probe BK 72/253. Paragenese: Mu-Chl-Py-Qz-Cc-Dol-org. Mat.

16 Ferdenpass, Koord. 619.850/138.300/2840. Héttangien des unt. Lias. Parautochthon des Torrenthorns. Probe MF 1684. Paragenese: Mu-Chl-Py-Pa/Mu-Qz-org. Mat.

17 Schleifen am Fisistock, Koord. 618.800/148.225/ca. 1720. Siderolithikum des Eozäns (in Hauterivienkalk). Doldenhorn-Decke. Proben BW 349, 351 und 352. Paragenesen: J/M-Chl-Py-Qz-Häm, zum Teil zusätzlich auch Cc.

18 NW-Hang des Daubenhorns, Koord. 611.500/137.850/2450. Siderolithikum des Eocäns (in Hauterivienkalk). Doldenhorn-Decke. Probe BW 363. Paragenese: ? Mu (oder Pa/Mu)-Chl-Py-Qz-Häm.

19 Crans. Aalénien. Ultrahelvetisch. Angaben nach MASSAAD (1973), Fig. 1 und Tabelle 2.1. Genauere Angaben über Fundorte, Probenbezeichnungen und Paragenesen von Einzelproben fehlen.

20 Arbaz. Aalénien. Ultrahelvetisch. MASSAAD (1973).

21 Mayens de My. Aalénien. Wildhorn-Decke. MASSAAD (1973).

22 Chamoson. Aalénien. Morcles-Decke. MASSAAD (1973).

23 Col du Pillon. Aalénien. Ultrahelvetisch. MASSAAD (1973).

24 Lauenen. Aalénien. Ultrahelvetisch. MASSAAD (1973).

Den Ansporn zu dieser Arbeit verdanken wir Herrn Prof. Dr. E. Niggli, welcher vor über zehn Jahren vermutete, «Pyrophyllit könnte eine Abtrennung von Chloritoid ergeben». Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes sind wir E. Niggli und Tj. Peters zu Dank verpflichtet. Herrn B. Künzi danken wir für die Überlassung einer Probe. Diese Arbeit wurde durch die folgenden Stipendien des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung unterstützt: Nr. 5358.2 (EN) und Nr. 2.838.73 (MF).

LITERATUR

BOUDIER, F. et NICOLAS, A. (1968): Découverte de chloritoïde dans les schistes ardoisiers d'Angers. Bull. Soc. franç. Minéral. Cristallogr. 91, 92–94.

CIPRIANI, C., SASSI, F. P. e BASSANI, C. V. (1968): La composizione delle miche chiare in rapporto con le costanti reticolari e col grado metamorfico. Rend. Soc. ital. Mineral. Petrol. 24, 3–37.

COOMBS, D. S. (1971): Present status of the zeolite facies. In: «Molecular Sieve Zeolites-I», Adv. Chem. Ser. 101, 317–327. – Amer. Chem Soc.

COOMBS, D. S., NAKAMURA, Y. and VUAGNAT, M. (in press): On the mineralogy of pumpellyite-actinolite facies schists of the Taveyanne formation near Loèche, Valais, Switzerland.

DOLLFUS, S. (1965): Über den Helvetischen Dogger zwischen Linth und Rhein. Eclogae geol. Helv. 58, 453–554.

EUGSTER, H. P. and SKIPPEN, G. B. (1967): Igneous and Metamorphic Reactions Involving Gas Equilibria. In: ABELSON, P. H. (ed.): Researches in geochemistry vol. 2 (p. 492–520). – J. Wiley, New York.

FRENCH, B. M. (1966): Some geological implications of equilibrium between graphite and C-H-O gas at high temperatures and pressures. Rev. Geophys. 4, 223–253.

FREY, M. (1969a): Die Metamorphose des Keupers vom Tafeljura bis zum Lukmanier-Gebiet (Veränderungen tonig-mergeliger Gesteine vom Bereich der Diagenese bis zur Staurolith-Zone). Beitr. geol. Karte Schweiz. N.F. 137.

— (1969b): A Mixed-Layer Paragonite/Phengite of Low-Grade Metamorphic Origin. Contr. Mineral. Petrol. 24, 63–65.

— (1970): The Step from Diagenesis to Metamorphism in Pelitic Rocks during Alpine Orogenesis. Sedimentology 15, 261–279.

— (1974): Alpine Metamorphism of Pelitic and Marly Rocks of the Central Alps. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 54, 489–506.

HALFERDAHL, L. B. (1961): Chloritoid: Its Composition, X-ray and Optical Properties, Stability, and Occurrence. J. Petrol. 2, 49–135.

HASHIMOTO, M. (1966): On the prehnite-pumpellyite metagreywacke facies. J. Geol. Soc. Japan 72, 253–265.

HEY, M. H. (1954): A new review of the chlorites. Mineral. Mag. 30, 277–292.

HÖCK, V. (1974): Zur Metamorphose mesozoischer Metasedimente in den mittleren Hohen Tauern (Österreich). Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 54, 567–593.

HOSCHEK, G. (1967): Untersuchungen zum Stabilitätsbereich von Chloritoid und Staurolith. Contr. Mineral. Petrol. 14, 123–162.

KÜBLER, B. (1967): La cristallinité de l'illite et les zones tout à fait supérieures du métamorphisme. «Etages tectoniques», Colloque à Neuchâtel, p. 105–122.

— (1970): Crystallinity of illite. Detection of metamorphism in some frontal parts of the Alps. Fortschr. Mineral. 47, Beiheft 1, 2–3.

LIOU, J. G. (1971): Synthesis and stability relations of prehnite, $Ca_2Al_2Si_3O_{10}(OH)_2$. Amer. Mineralogist 56, 507–531.

LISZKAY, M. (1965): Geologie der Sedimentbedeckung des südwestlichen Gotthard-Massivs im Oberwallis. Eclogae geol. Helv. 58, 901–965.

LUGEON, M. (1910): Carte géologique des Hautes-Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander, 1 : 50000, Spez.-Karte 60. – Schweiz. geol. Komm.

MARTINI, J. und VUAGNAT, M. (1970): Metamorphose niedrigst temperierten Grades in den Westalpen. Fortschr. Mineral. 47, 52–64.

MASSAAD, M. (1973): Pétrographie de quelques shales de l'Aalénien de l'Helvétique et de l'Ultrahelvétique. Bull. Lab. Géol. etc. Mus. géol. Univ. Lausanne 203, 11 p.

NIGGLI, E. und NIGGLI, C. R. (1965): Karten der Verbreitung einiger Mineralien der alpidischen Metamorphose in den Schweizer Alpen (Stilpnomelan, Alkali-Amphibol, Chloritoid, Staurolith, Disthen, Sillimanit). Eclogae geol. Helv. 58, 335–368.

SCHENKER, M. (1946): Geologische Untersuchungen der mesozoischen Sedimentkeile am Südrand des Aarmassivs zwischen Lonza und Baltschiedertal. Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F. 86.

SEKI, Y. (1969): Facies series in low-grade metamorphism. J. Geol. Soc. Japan 75, 255–266.

TRÖGER, W. E. und TROCHIM, H. D. (1969): Chlorite und Alumoserpentine. In: BAMBAUER, H. U., TABORSZKY, F. und TROCHIM, H. D. (Ed.): Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Teil 2, Textband (p. 556–629). – Schweizerbart, Stuttgart.

TRÜMPY, R. (1949): Der Lias der Glarner Alpen. Denkschr. schweiz. natf. Ges. 79.

WETZEL, R. (1973): Chemismus und physikalische Parameter einiger Chlorite aus der Grünschieferfazies. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 53, 273–298.

WIELAND, B. (1973): Der Grindelwaldner Marmor und die Bohnerzformation im Raume Rosenlaui-Grindelwald. Liz. Arbeit Univ. Bern, unveröff.

WINKLER, H. G. F. (1974): Petrogenesis of Metamorphic Rocks, Third Edition. – Springer, Berlin/Heidelberg/New York.

YODER, H. S. and EUGSTER, H. P. (1955): Synthetic and natural muscovites. Geochim. Cosmochim. Acta 8, 225–280.

ZEN, E-AN (1960): Metamorphism of Lower Paleozoic rocks in the vicinity of the Taconic range in West-central Vermont. Amer. Mineralogist 45, 129–175.

ZEN, E-AN and ALBEE, A. L. (1964): Coexistant muscovite and paragonite in pelitic schists. Amer. Mineralogist 49, 909–925.

Manuskript eingegangen am 29. August 1975.