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

Band: 60 (1980)

Heft: 1

Artikel: Tonminerale in Taveyannaz-Sandsteinen

Autor: Lippmann, Friedrich / Rothfuss, Hans

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-46655

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: 14.07.2025

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

Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 60, 1–29, 1980

Tonminerale in Taveyannaz-Sandsteinen

von *Friedrich Lippmann* und *Hans Rothfuss**

Abstract

Sandstones of Taveyannaz type from the Alps (Savoy; Meiringen, Kanton Berne) and similar rocks from East Serbia (Yugoslavia) were studied for their clay minerals. In the presence of laumontite, corrensite is the main clay mineral besides illite and chlorite. In the absence of corrensite, laumontite does not occur either. Grain-size separations show that laumontite is present also in the clay fractions (< 2 μ) and is thus not restricted to the laumontite spots. Fine grain size of such a degree is unusual for a metamorphic mineral. Moreover, expandable clay minerals, such as corrensite, should not occur in metamorphic rocks. In virtue of these results, the status of the laumontite facies as a metamorphic facies may be disputed. The processes that gave rise to the rocks here studied should rather be referred to as «retrograde diagenesis» according to MILLOT & LELONG (1966).

Zusammenfassung

Sandsteine vom Typ Taveyannaz aus den Alpen (Savoyen, Meiringen) und entsprechende Gesteine aus Jugoslawien wurden mikroskopisch und tonmineralogisch untersucht. Bei Anwesenheit von Laumontit tritt Corrensit als Haupttonmineral neben Chlorit und Illit auf. Fehlt Corrensit, so wurde auch kein Laumontit gefunden. Korngrössenanalysen zeigten, dass Laumontit auch in den feinsten Korngrössen (< 2 μ) nachgewiesen werden kann und demnach nicht nur auf die bekannten Laumontit-Flecken beschränkt ist. Derartig feine Korngrössen sind für ein metamorphes Mineral ungewöhnlich. Ausserdem sollte man in metamorphen Gesteinen keine quellfähigen Tonminerale, wie Corrensit, erwarten. Durch diese Befunde wird die Stellung der Laumontit-Fazies innerhalb der Metamorphose fraglich. Die von uns untersuchten Gesteine sind vielmehr durch Vorgänge geprägt, die man als «retrograde Diagenese» (LELONG & MILLOT, 1966) bezeichnen müsste.

*) Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität, Wilhelmstrasse 56, D-7400 Tübingen 1.

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Einleitung 3

2. Charakteristik der untersuchten Proben 5

2.1. Hoch-Savoyen 5

2.2. Umgebung von Meiringen 7

2.3. Ost-Serbien 7

3. Aufbereitung 9

4. Die Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale 11

4.1. Mikroskopische Untersuchung 11

4.2. Röntgenographische Untersuchungen der Tonfraktionen 12

4.2.1. Methoden 12

4.2.2. Charakteristik der vorkommenden Tonminerale 12

4.2.2.1. Illit 12

4.2.2.2. Chlorit 13

4.2.2.3. Corrensit 14

4.2.2.4. Smektit 19

4.2.2.5. Die trioktaedrische unregelmässige Wechsellagerung von Leskovo 20

4.2.3. Röntgenographisch nachgewiesene Nicht-Tonminerale 21

4.2.3.1. Mineralbestand der hellen Flecke der «grès mouchetés» 21

4.2.3.2. Nicht-Tonminerale in den feinen Kornfraktionen 22

4.3. Stereoscan-Aufnahmen 23

5. Diskussion der Ergebnisse 25

6. Literatur 28

1. EINLEITUNG

Taveyannaz-Sandsteine kommen in den helvetischen Decken der West-Alpen bis an die Grenze zu den ultrahelvetischen Decken vor. Ihr geologisches Alter wird von Ober-Eozän bis Unter-Oligozän angegeben. Nach heutiger Kenntnis liegt das südlichste Vorkommen bei Clumanc (Alpes de Provence). Nach einer Verbreitungskarte bei MARTINI & VUAGNAT (1970) erstrecken sich weitere Vorkommen von der Dauphiné über Schwerpunkte in Hoch-Savoyen, über das Waadtland, das Wallis (Leukerbad), über die Zentralschweiz bis nach Graubünden (Vindels bei Bad Ragaz). Der Name Taveyannaz-Sandsteine wurde von STUDER (1834) geprägt nach dem Vorkommen bei der Alpe Taveyannaz (Taveyanne) in Kanton Waadt. Mit den Methoden der klassischen Petrographie wurden die Taveyannaz-Sandsteine hauptsächlich von DE QUERVAIN (1928), VUAGNAT (1943, 1949, 1952) und seinen Mitarbeitern MARTINI (1968) und SAWATZKI (1975) an verschiedenen Stellen des Ausstreichens untersucht.

Vom petrographischen Standpunkt aus gesehen, sind Taveyannaz-Sandsteine in mehrfacher Hinsicht interessant. Während in den meisten Sandsteinen detritischer Quarz gewöhnlich die Hauptkomponente bildet und daneben Feldspäte meist untergeordnet vorkommen, ist in Taveyannaz-Sandsteinen das Mengenverhältnis umgekehrt. Weiterhin überwiegen in Sandsteinen gewöhnlich Kali-Feldspäte und Plagioklase mit meist geringem Anorthit-Gehalt, der die Grenze zum Oligoklas kaum einmal überschreitet. In Taveyannaz-Sandsteinen überwiegen dagegen basische Plagioklase bis über die Zusammensetzung des Labradorit, wobei der Schwerpunkt im Andesin-Bereich liegt (s. Tab. 1).

Das Material der Taveyannaz-Sandsteine ist demnach in der Hauptsache aus intermediären bis basischen Gesteinen abzuleiten. Gelegentlich vorkommende Gerölle und der immer wieder beobachtete Zonarbau der Plagioklase sprechen für vulkanische Gesteine, was auch zu der Bezeichnung «andesitische Sandsteine» geführt hat. Die andesitische Herkunft wird vom dem durchgehenden, wenn auch mässigen Vorkommen femischer Minerale wie Pyroxenen, Hornblenden und gelegentlichen Glasresten unterstrichen.

Wegen dieses für Sandsteine ungewöhnlichen Mineralbestandes werden die Taveyannaz-Sandsteine häufig auch als Grauwacken bezeichnet – so zum Beispiel von MARTINI (1968), KÜBLER, MARTINI & VUAGNAT (1974) – obwohl sie sich nicht mit den Grauwacken der Typlokalität im Harz (s. HUCKENHOLZ, 1963) vergleichen lassen.

Neben den bisher genannten primären Mineralen können Taveyannaz-Sandsteine reichhaltige Paragenesen sekundärer Minerale enthalten. Je nach Umwandlungsgrad können besonders Heulandit und/oder Laumontit oder Prehnit und Pumpellyit hervortreten. Diese sekundären Bildungen haben zur Ausscheidung der sogenannten Laumontit-Fazies geführt, die von den meisten

Tabelle 1 Mikroskopische Mineralbestände von Taveyannaz-Sandsteinen aus der Literatur

Lokalität	Autor	Plagioklas An %	Plagioklas zonar	Plagioklas albitisiert	det. QU	det. KF	Augit	Hornblende	Biotit	Laumontit	andere Zeolithe	Pumpellyit	Epidot	Prehnit
Arâches	MARTINI (1968)	13–58,8	X	X	X	–	X	X	/	X	–	–	–	–
	wir	20–55	X	X	X	—	X	X	–	X	–	–	–	–
L'Arbaron	MARTINI (1968)	39,5–55,7	X	X	X	–	X	X	–	–	–	X	–	X
	wir	20–35	X	–	X	X	X	X	–	–	–	X	X	–
Meiringen	MARTINI (1968)	?	X	–	X	–	X	X	/	–	–	X	–	–
	wir	25–35	X	–	X	X	X	X	–	–	–	X	X	–
Bor	OBRADOVIĆ (1975)	frisch –79	–	–	X	–	X	X	/	X	Stilbit[1)]	–	–	/
	wir	25–35	–	–	X	–	X	X	–	X	–	–	–	–
Leskovo	OBRADOVIĆ (1976)	frisch 60,5–77,25	–	X	X	–	X	X	/	X	–	–	–	–
	wir	25–60	–	–	X	–	X	X	–	X	–	–	–	–
Thônes	SAWATZKI 1975	20–40	X	X	X	–	X	X	–	X	Heulandit Stilbit Chabasit	–	–	–
	DE QUERVAIN (1928)	frisch 40–70 (0–35)	X	X	X	X	X	X	/	?	?	–	X	–

? = nicht bestimmt, X = vorhanden, / = selten, – = nicht vorhanden.
[1)] Stilbit nur in einer von 60 untersuchten Proben.

Autoren auch als metamorphe Fazies angesehen werden. Eine weitere wichtige Neubildung in den meisten Gesteinen ist Albit, aber auch neugebildeter Kali-Feldspat wird gelegentlich beschrieben (DE QUERVAIN, 1928).

Neben diesen mikroskopisch bestimmbaren Mineralkomponenten enthalten alle Taveyannaz-Sandsteine eine sehr feine, meist grünliche Porenfüllung, die von vielen Autoren auch als Grundmasse bezeichnet und aufgrund mikroskopischer Kriterien als Chlorit angesprochen wurde. Der Mengenanteil dieser Bestandteile ist wechselnd und kann in bestimmten Varietäten derart hervortreten, dass von «grüner Fazies» («facies vert») (VUAGNAT, 1952; MARTINI, 1968; SAWATZKI, 1975) gesprochen wird. Erst in jüngster Zeit haben KÜBLER (1969, 1973) und danach SAWATZKI (1975) die grünliche Porenfüllung von Taveyannaz-Sandsteinen mit den Methoden der modernen Tonmineralogie untersucht. Es stellte sich heraus, dass Chlorit zwar in bestimmten Typen vorherrschen kann, insbesondere in der «grünen Fazies», dass aber daneben auch weitere Tonminerale vorkommen können. In den laumontitführenden Gesteinen herrscht anstelle von Chlorit Corrensit vor. Illit kann in allen Typen als Durchläufer vertreten sein.

Die vorliegende Arbeit wurde zunächst in Angriff genommen in der Hoffnung, auf Taveyannaz-Sandsteine zu stossen, aus denen sich reiner Chlorit und reiner Corrensit abtrennen lassen würden.

Dieses etwas zu weit gesteckte Ziel wurde nicht erreicht. Die vergleichende Untersuchung einer Anzahl Proben von Taveyannaz-Sandsteinen verschiedener Herkunft hat jedoch auch ohnedies Ergebnisse geliefert, die das etwas einseitige, vorwiegend auf klassischer Petrographie beruhende Bild von den Taveyannaz-Sandsteinen vervollständigen. Hierüber wird im folgenden berichtet.

2. CHARAKTERISTIK DER UNTERSUCHTEN PROBEN

2.1. Hoch-Savoyen

Aus unveröffentlichten Untersuchungen von B. KÜBLER (Neuchâtel, 1973) war bekannt, dass die Taveyannaz-Sandsteine des Arbeitsgebietes MARTINIS (1968) Corrensit enthalten können. Das Hauptziel der Untersuchungen B. Küblers bestand in der Korrelation von Illit-Kristallinitäten mit dem Vorkommen anderer Minerale, insbesondere der Tonminerale Corrensit und Chlorit. Eine mehr ins einzelne gehende Untersuchung dieser beiden Minerale stand noch aus. Hierfür lagen Proben vor, die von F. Lippmann im Sommer 1975 anlässlich einer Exkursion unter Führung von M. Vuagnat im Arbeitsgebiet Martinis gesammelt wurden. Es handelt sich dabei um folgende Vorkommen, deren Lage in Abb. 1 dargestellt ist:

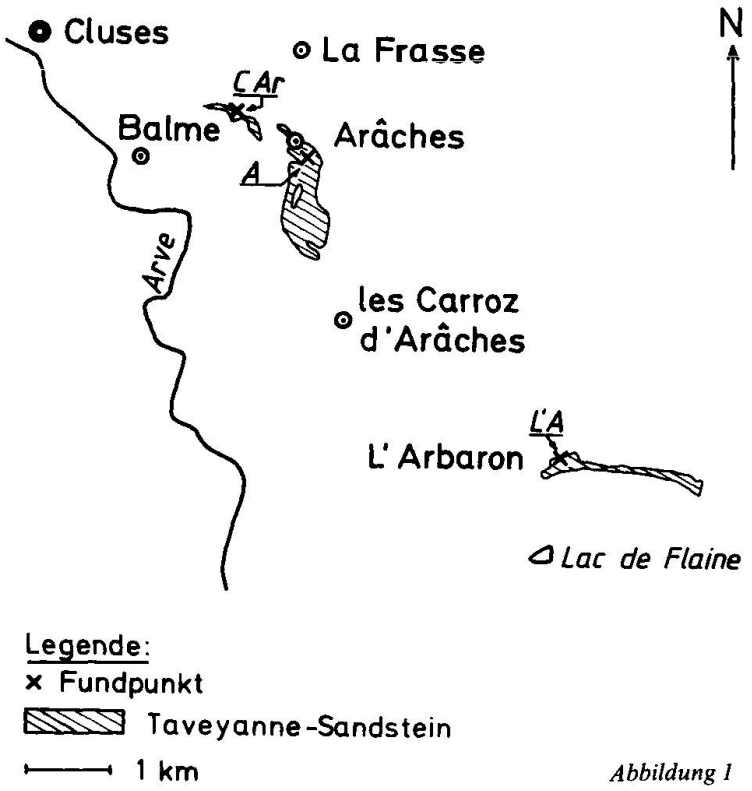

Abbildung 1

	Bezeichnung:
Kleiner Aufschluss abseits eines kurvenreichen Stückes der Strasse zwischen (Cluses), *Balme und Arâches:*	
Taveyannaz-Sandstein in «grüner Fazies»	*C Ar*
Strassenböschung zwischen *Arâches* und *les Carroz d'Arâches:*	
braungrüner Taveyannaz-Sandstein	*A 1*
graugrüner Taveyannaz-Sandstein	*A 2*
dunkelbraungrüner Taveyannaz-Sandstein	*A 3*

Alle drei Proben zeigen hellgraue, 3 bis 8 mm grosse Laumontit-Flecke (s. Abb. 2) und sind daher als «grès mouchetés» zu bezeichnen. Der geschätzte Fleckenanteil liegt bei den Proben A 1 die 80%, A 2 bei 50% und A 3 bei 30%.

Gegend des Bergrückens *«L'Arbaron»* in ca. 1900 m Höhe:	
dunkelbraungrüner Taveyannaz-Sandstein	*LA*
graugrüner Taveyannaz-Sandstein	*LA (T)*

Gesteine dieses Vorkommens werden von MARTINI (1968) in die Pumpellyit-Prehnit-Fazies gestellt.

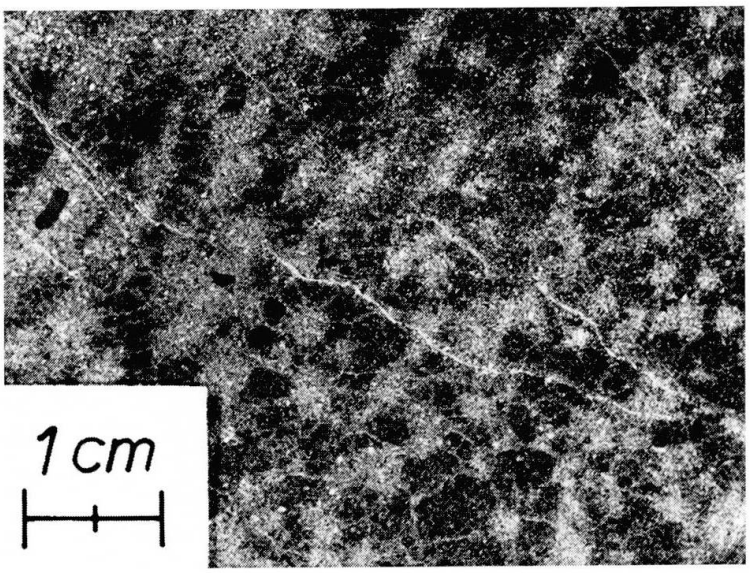

Abbildung 2 Laumontit-Flecken der Probe Arâches 3.

2.2. Umgebung Meiringen (Kanton Bern) (Abb. 3)

In der Nähe der Station der Bahn zu den Reichenbachfällen; von einer Baustelle, dem heutigen Punkt AT 441 der Hochdruck-Erdgasleitung der Transitgas Zürich:
graugrüner Taveyannaz-Sandstein *Mei 3*
Vergleiche Karte F. MÜLLER (1938) und MARTINI (1968) S. 597.

Vom Gehöft *Rüebgarti* (Gemeinde Hasliberg):
graugrüner Taveyannaz-Sandstein *Rüeb*

2.3. Ost-Serbien

Pyroklastische Gesteine vom Taveyannaz-Typ stehen in Ost-Serbien in der Umgebung der bekannten Kupferlagerstätte Bor an. Wegen ihrer Kornfeinheit werden sie noch heute auch als «Bor-Pelite» bezeichnet, obwohl sie schon MARIĆ (1957) aufgrund ihres mikroskopischen Mineralbestandes aus Andesit-Tuffen ableitet.

OBRADOVIĆ & PAVLOVIĆ (1975, 1976) wiesen in den Gesteinen vom Typ Bor Laumontit nach, der häufig in Flecken konzentriert ist (Tab. 3). Damit werden die «Bor-Pelite» mit der Varietät «grès mouchetés» der Taveyannaz-Sandsteine vergleichbar sowie mit den «mottled laumontitized sandstones» aus Alaska (HOARE et al., 1964) und aus Kalifornien (MADSEN & MURATA, 1970). KÜBLER

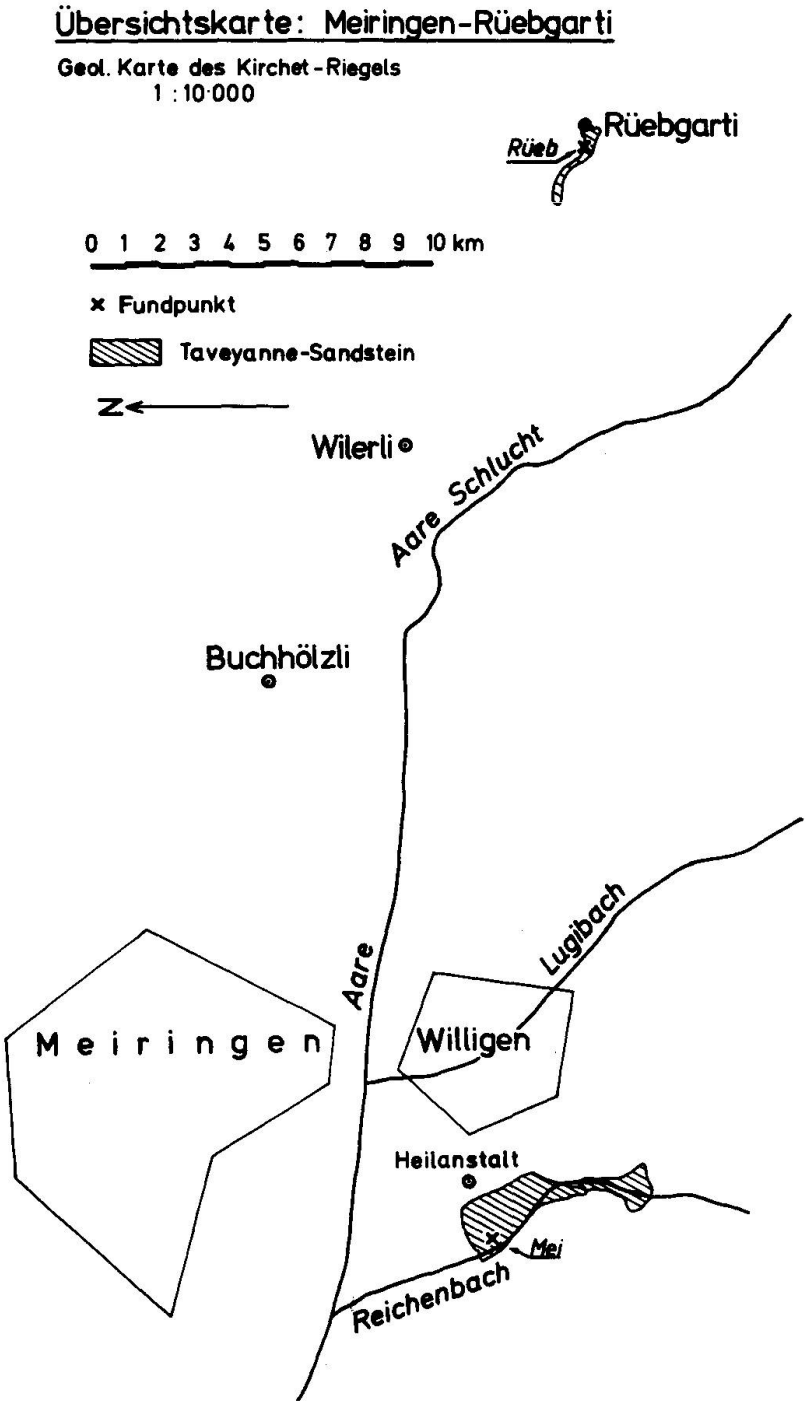

Abbildung 3 (nach MÜLLER, 1938)

(1973) wies als erster in einer Einzelprobe Corrensit im «Bor-Pelite» nach. Alle hier untersuchten Gesteine aus der Umgebung von Bor (vgl. OBRADOVIĆ & PAVLOVIĆ 1975) sowie die von uns untersuchte Probe von Leskovo (vgl. OBRADOVIĆ & PAVLOVIĆ, 1976), zeigen Laumontit-Flecke (s. Abb. 4). Die Grösse der Laumontit-Flecke und ihr abgeschätzter Anteil am Gesamtgestein sind in Tabelle 2 wiedergegeben.

Die Proben aus Ost-Serbien verdanken wir der Freundlichkeit von Frau Prof. Dr. J. Obradović, Beograd.

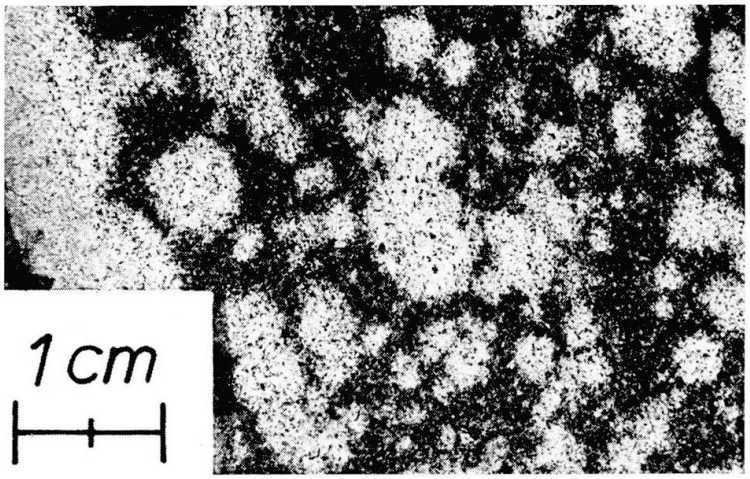

Abbildung 4 Laumontit-Flecke der Probe BR 1.76.

Tabelle 2 Probenbeschreibung, Ost-Serbien

Probenbezeichnung	Fleckengrösse	geschätzter Fleckenanteil	Grundfarbe	Fleckenfarbe
BR 1.76	3 - 15 mm	50%	dunkel-braungrün	hellgrau
BR 1.77	2 - 20 mm	70%	dunkel-grün	hellgrau
BR 2.77	1 - 3 mm	10%	graugrün	hellgrau
BR 6.77	4 - 8 mm	40%	dunkel-graugrün	hellgrau
BR 9.77	3 - 5 mm	30%	dunkel-grün	hellgrau
L 705	3 - 5 mm	30%	braungrün	hellgrau

Erklärung der Abkürzungen: BR = Borska Reka, L = Leskovo.

3. AUFBEREITUNG

Die Taveyannaz-Sandsteine sind derartig verfestigt, dass sie nicht mehr durch vorsichtiges Zerdrücken unter Schonung der klastischen Körner aufgeschlossen werden können, wie das etwa bei Stuben-Sandsteinen möglich ist. Zur Gewinnung der phyllosilikatischen Porenfüllung müssen sie regelrecht zerkleinert werden, wobei die klastischen Körner wegen ihrer festen Einbindung zerbrechen.

Die Proben wurden daher möglichst auf die Korngrösse 125 μ - 1000 μ Äquivalentdurchmesser gebrochen und abgesiebt. Die Fraktion < 125 μ ∅ wurde vorerst nicht weiter verwendet, um zu vermeiden, dass zu viele feinkörnige Bruchstücke ursprünglich gröberer Minerale in die Tonfraktion gelangten.

Zur Gewinnung der Tonminerale wurden die Korngrössen 125 μ - 1000 μ ∅ ca. 50 Stunden lang in destilliertem Wasser, dem 0,01 n NH_3 als Dispergierungsmittel zugesetzt war, geschüttelt. Anschliessend wurden die Fraktionen < 125 μ ∅ und < 63 μ ∅ nass abgesiebt.

Tabelle 3 Einwagen zur Aufbereitung und Korngrössenanteile nach dem Schütteln

Probe	EINWAAGE gebrochen und abgesiebt auf 125-1000 µ ∅ [g]	AUSWAAGE nach dem Schütteln nass abgesiebt insgesamt < 125 µ ∅ [%] 1)	< 63 µ ∅ (= Einwaage für die Atterberg-Trennung) [%] 1)
C Ar	48,2	5,5	4,6
A 1	32,0	4,7	4,1
A 2	34,9	4,4	3,4
A 3	32,7	6,0	5,0
LA	28,3	6,6	5,3
LA (T)	27,1	6,6	5,5
Mei 3	133,2	4,6	4,2
Rüeb	191,0	4,8	4,0
BR 1.76	125,4	7,3	6,0
BR 1.77	60,2	10,6	8,9
BR 2.77	126,0	8,6	6,1
BR 6.77	67,0	6,9	6,4
BR 9.77	50,5	6,4	5,7
L 705	56,0	11,4	10,2

1) bezogen auf EINWAAGE

Tabelle 3 zeigt die Korngrössenverhältnisse nach dem Schütteln. Es hat sich dabei eine Fraktion < 125 µ ∅ in der Grössenordnung 5 - 10% neu gebildet. Die phyllosilikatische Porenfüllung wirkt also im feuchten Zustande nur unvollständig als Bindemittel. Aufgrund ihrer wenigstens teilweisen Dispergierbarkeit in Wasser können die Phyllosilikate noch als Tonminerale angesprochen werden. Wahrscheinlich ist die Kornverfeinerung durch das Schütteln auf die Einzelkörner zurückzuführen, die ausschliesslich durch Tonminerale - und nicht auch durch Albit, Karbonat und andere Neubildungen - eingebunden sind, und natürlich auf diejenigen Teile der phyllosilikatischen Porenfüllung, die sich nach dem Zerkleinern an der Oberfläche der Bruchstücke befunden haben. Die Bruchstücke der Grösse 125 µ - 1000 µ ∅ erfahren durch das Schütteln keine merkliche Aufhellung. Das bedeutet, dass durch die angewandte Aufbereitungsmethode nur ein Bruchteil der phyllosilikatischen Porenfüllung erfasst wird. Der wirkliche Tonmineralanteil könnte also um ein Mehrfaches grösser sein als die in Tabelle 3 aufgeführten Prozentgehalte der durch das Schütteln neugebildeten Fraktionen.

Die feineren Fraktionen wurden nach der Sinkgeschwindigkeit im Atterbergzylinder in die Korngrössenklassen < 2 µ; 2 µ - 6,3 µ; 6,3 µ - 20 µ, 20 µ - 63 µ Äquivalentdurchmesser unterteilt. Die hierbei anfallenden Suspensionen wurden auf Membranfiltern eingeengt. Aus den konzentrierten Suspensionen der Fraktionen < 2 µ und 2 µ - 6,3 µ ∅ wurden Texturpräparate für die röntgenogrpahische Tonmineralbestimmung hergestellt. Der Rest wurde im Trockenschrank bei 40 °C eingetrocknet und gewonnen.

Von den Proben aus Arâches und Bor wurden Teile der Suspensionen mit den Fraktionen < 2 μ ∅ in einer Becherzentrifuge zentrifugiert, so dass die überstehende Suspension nur Körner mit einem Äquivalentdurchmesser < 0,1 μ enthielt. Leider war in den so erhaltenen Fraktionen < 0,1 μ röntgenographisch immer noch die stärkste Linie des Laumontit und des Albit nachzuweisen. Eine Anreicherung des Corrensits im Vergleich zu den übrigen Tonmineralen war ebenfalls nicht festzustellen. Daher wurde die Fraktion < 0,1 μ ∅ nicht mehr bei allen Proben abgetrennt.

Die Ergebnisse der Korngrössentrennung für die Einwaage < 63 μ sind in Tabelle 4 wiedergegeben. Der Gehalt an Körnern der Fraktion < 2 μ ∅ liegt in der Grössenordnung von ein Drittel bis über die Hälfte.

Tabelle 4 Korngrössen-Trennung der Einwaage < 63 μ ∅

Probe	< 2 μ [%]	2 - 6,3 μ [%]	6,3 - 20 μ [%]	20 - 63 μ [%]
C Ar	46,4	17,1	18,0	18,5
A 1	49,2	14,4	14,4	22,0
A 2	32,5	17,1	18,8	31,5
A 3	37,8	20,7	18,9	22,6
LA	45,6	20,8	17,5	16,1
LA (T)	50,7	18,2	15,6	15,4
Mei 3	57,1	15,1	13,3	14,4
Rüeb	51,3	17,0	14,3	17,4
BR 1.76	33,5	16,0	23,8	26,7
BR 1.77	35,1	12,9	22,3	29,8
BR 2.77	32,5	14,6	24,5	28,4
BR 6.77	55,2	13,1	13,4	18,3
BR 9.77	54,3	11,1	19,0	15,6
L 705	43,5	14,2	19,6	22,6

4. Die Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale

4.1. Mikroskopische Untersuchungen

Von allen genannten Proben wurden für die mikroskopische Untersuchung Dünnschliffe hergestellt. Hierbei ergab sich ein interessanter Zusammenhang mit dem Tonmineralbestand. von allen Proben, bei denen die Phyllosilikate nicht quellfähig sind, d.h. hauptsächlich aus Chlorit bestehen, bereitete die Herstellung der Dünnschliffe bei Verwendung von Wasser als Schleifflüssigkeit keine Schwierigkeiten. Dagegen war es fast unmöglich bzw. äusserst schwierig, Dünnschliffe zu bekommen, die quellfähige Tonminerale enthalten, insbesondere Corrensit. Aber auch bei der Probe von Leskovo, die eine quellfähige unregelmässige Wechsellagerung enthält (s.u.), war es schwierig, das Ablösen des Dünnschliffes zu vermeiden.

Da die überwiegende Zahl unserer Fundorte von früheren Arutoren bereits bearbeitet wr, sollten wir durch die mikroskopische Untersuchung lediglich sicherstellen, dass die von uns auf Tonminerale untersuchten Proben einer bestimmten Lokalität den dort von den früheren Bearbeitern beschriebenen Gesteinstypen ungefähr entsprechen. Die Dünnschliffe zeigen tatsächlich alle das für Taveyannaz-Sandsteine geläufige Bild, d.h. Überwiegen von mehr oder wenig zersetztem, verzwillingt und zonar gebautem Plagioklas, Anwesenheit femischer Vulkanitminerale wie Augiten, Hornblenden sowie nur mässiges Auftreten von (detritischen) Quarzkörnern und Muskoviten. Der Laumontit der hellen Flecke ist jedoch so feinkörnig, dass er im wesentlichen nur an seiner Lichtbrechung erkannt werden kann, die deutlich unter der von Kanadabalsam liegt. Im grossen und ganzen stimmen unsere mikroskopischen Befunde mit den in Tabelle 1 zusammengefassten Ergebnissen der früheren Bearbeiter überein.

4.2. Röntgenographische Untersuchungen der Tonfraktionen

4.2.1. METHODEN

Von den unter 3. erwähnten Texturpräparaten wurden auf dem Röntgendiffraktometer (Cu K_α) Beugungsaufnahmen im Winkelbereich 2 θ 2° - 36° gefahren, und zwar sowohl im lufttrockenen natürlichen Zustand als auch nach dem Erhitzen auf verschiedene Temperaturen (450 °C - 550 °C) und nach Sättigung mit Aethylenglykol. Wegen der bevorzugten Orientierung der Tonmineralteilchen in den Texturpräparaten wurden so die Basisreflexe verstärkt registriert und weiterhin die Veränderungen der Schichtabstände durch die Vorbehandlungen mit grösster Empfindlichkeit bestimmt.

Die (060)-Reflexe der Tonminerale wurden auf Filmen in einer Guinier-Kamera an orientierten Tonschichten unter optimalen Bedingungen aufgenommen, d.h. mit einem Winkel zwischen Primärstrahl und Präparatnormalen von 30° (*Lippmann*, 1968).

4.2.2. CHARAKTERISTIK DER VORKOMMENDEN TONMINERALE

4.2.2.1. Illit

Die Bestimmung beruht auf den Basisinterferenzen 1. Ordnung bei 10 Å und 2. Ordnung bei 5 Å. Die 3. Ordnung ist fast durchweg von der stärksten Quarz-Interferenz verdeckt. Ungefähr parallel mit den Intensitäten der Basisreflexe variiert die Stärke des (060)-Reflexes in den Guinier-Aufnahmen. Der (060)-Abstand ist in fast allen Proben merklich grösser als 1,500 Å. Eine Anzahl Proben, insbesondere die aus Savoyen, zeigen 1,505 Å. Die serbischen Proben schwanken zwischen 1,500 Å und 1,507 Å. Die gegenüber 1,500 Å erhöhten

Werte deuten auf einen verstärkten Einbau einer Seladonit-Komponente, d.h. von Mg und/oder Fe", in die Oktaederlagen der hier bestimmten Illite.

Im Gegensatz zu vielen anderen Tonfraktionen aus Sedimentgesteinen bildet Illit jedoch nicht die Hauptkomponente der hier untersuchten Fraktionen. Aufgrund der schwachen Intensitäten der Basisreflexe im Vergleich zu denen der anderen Schichtsilikate, tritt Illit in den Tonfraktionen der hier untersuchten Taveyannaz-Sandsteine nur als Nebengemengteil auf. In den Proben Rüebgarti und Leskovo fehlen die oben genannten Reflexe, d.h. Illit konnte nicht nachgewiesen werden.

Die diagnostischen Illit-Linien lassen sich gewöhnlich auch in den Fraktionen 2 μ - 6,3 μ ∅ beobachten (ausser in den Proben Rüebgarti und Leskovo).

4.2.2.2. Chlorit

Ausser in Leskovo lässt sich in allen Fraktionen < 2 μ und 2 μ - 6,3 μ ∅ Chlorit nachweisen. Das Mineral gibt sich durch Basisinterferenzen bei 14,2 Å bis 14,3 Å zu erkennen sowie deren zugehörigen höheren Ordnungen bis mindestens zur 5. Ordnung. Die ungeradzahligen Ordnungen sind - wie bei allen Chlorit-Mineralen - deutlich schwächer als die geradzahligen. Jedoch ist der Intensitätsunterschied zwischen beiden Reflexgruppen nicht so stark, dass auf zweiwertiges Eisen als Hauptkation geschlossen werden müsste. Vielmehr dürfte das Hauptkation Magnesium sein.

Wegen des Fehlens grösserer Gehalte an anderen Tonmineralen bildet Chlorit in den Proben Cluses-Arâches, L'Arbaron, Meiringen und Rüebgarti den Hauptbestandteil der feinsten Fraktionen. Es ist bemerkenswert, dass in diesen Vorkommen Laumontit fehlt, während sich Pumpellyit mikroskopisch und in L'Arbaron auch röntgenographisch nachweisen lässt.

Nach Ausweis der (060)-Reflexe, die bei 1,540 Å (Cluses-Arâches, L'Arbaron) und bei Meiringen 1,544 Å und Rüebgarti 1,553 Å bei etwas höheren Werten liegen, sind die Chlorite trioktaedrisch. Bei Rüebgarti ist daneben noch deutlich ein (060)-Reflex in der Guinier-Aufnahme zu beobachten, der mit 1,513 Å im dioktaedrischen Bereich liegt. Wegen des Fehlens zusätzlicher Basisreflexe neben denen für Chlorit (s. Abb. 5), kann dieser Reflex nur einem dioktaedrischen Chlorit, d.h. Sudoit, zugeordnet werden. Es muss betont werden, dass der (060)-Reflex bei 1,513 Å gut für Sudoit, aber nicht für normalen Illit passt, und damit das einzige Kriterium für das Nebeneinandervorkommen von Chlorit und Sudoit darstellt.

In den übrigen Proben, in denen noch andere trioktaedrische Minerale - meistens Corrensit - vorkommen, fällt der (060)-Reflex des Chlorit mit dem betreffenden trioktaedrischen (060)-Reflex zusammen.

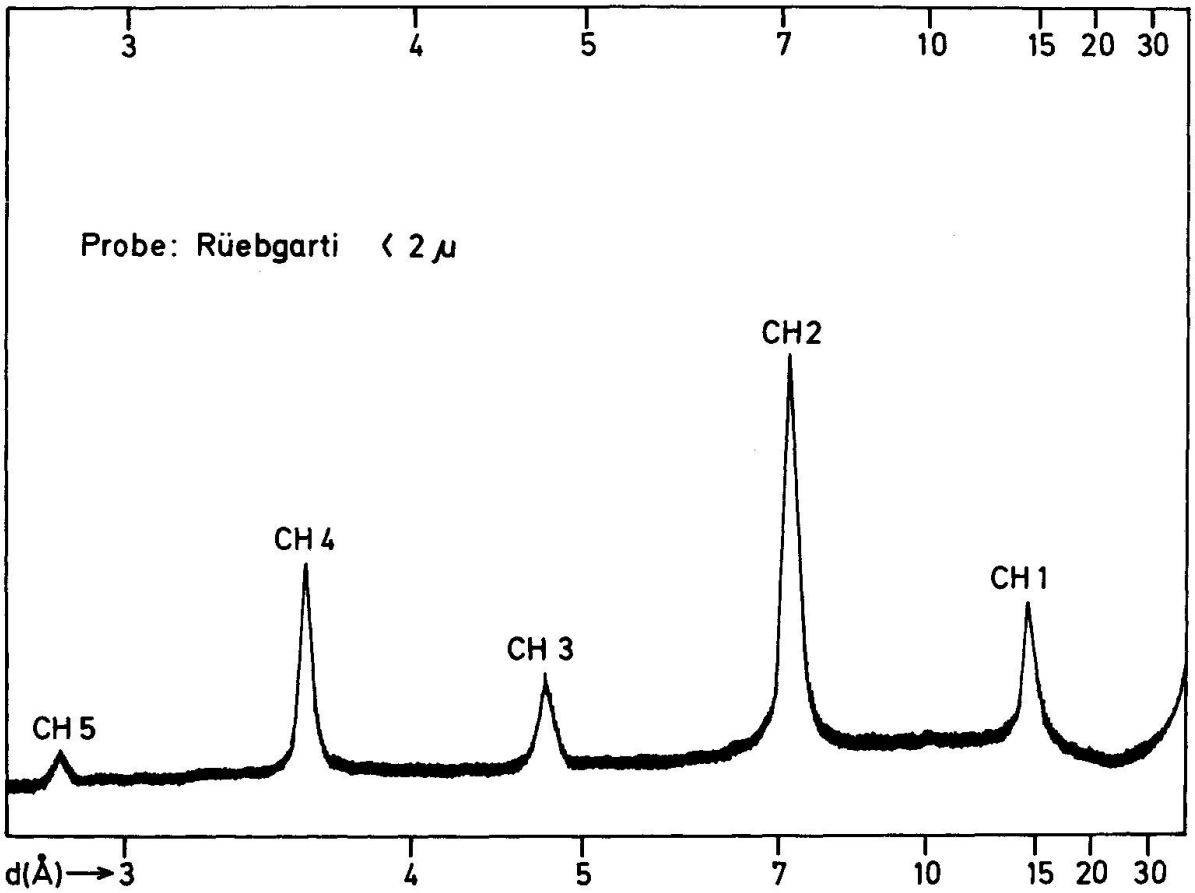

Abbildung 5: Röntgendiffraktometerkurve der Probe Rüebgarti; Ch = Chlorit.

4.2.2.3. Corrensit

Corrensit oder corrensitähnliche Minerale geben sich in den Proben von Savoyen und Borska Reka im natürlichen Zustand durch eine deutliche Interferenz bei kleinen Glanzwinkeln entsprechend 29 Å zu erkennen. Von den höheren Ordnungen mit geradzahligem Index wurden die 2., die 4., die 8. und die 10. Ordnung beobachtet. Diese fallen jedoch in allen unbehandelten Proben mit den Interferenzen des Chlorit zusammen. Ungeradzahlige Ordnungen des Corrensit konnten nur in wenigen Proben beobachtet werden, und zwar in Arâches (A 1) die 1., die 3., die 5. und die 9. Ordnung sowie in Borska Reka (BR 1.77) die 5. und die 9. Ordnung.

Erst in den mit Glykol gesättigten Präparaten konnte wegen der Quellfähigkeit des Corrensit eine Trennung von Chlorit erwartet werden.

Die normale Verschiebung der Basisreflexe, wie man sie für rein sedimentäre Formationen - etwa aus dem Keuper - kennt, tritt bei den Proben von Borska Reka auf, wie Abbildung 6 und der Vergleich der Tabelle 5a mit 5b zeigt. Die zweite Ordnung des Corrensit ist von der ersten Ordnung des Chlorit zwar noch nicht deutlich getrennt, doch gibt sich die Verschiebung des Corrensit-Reflexes

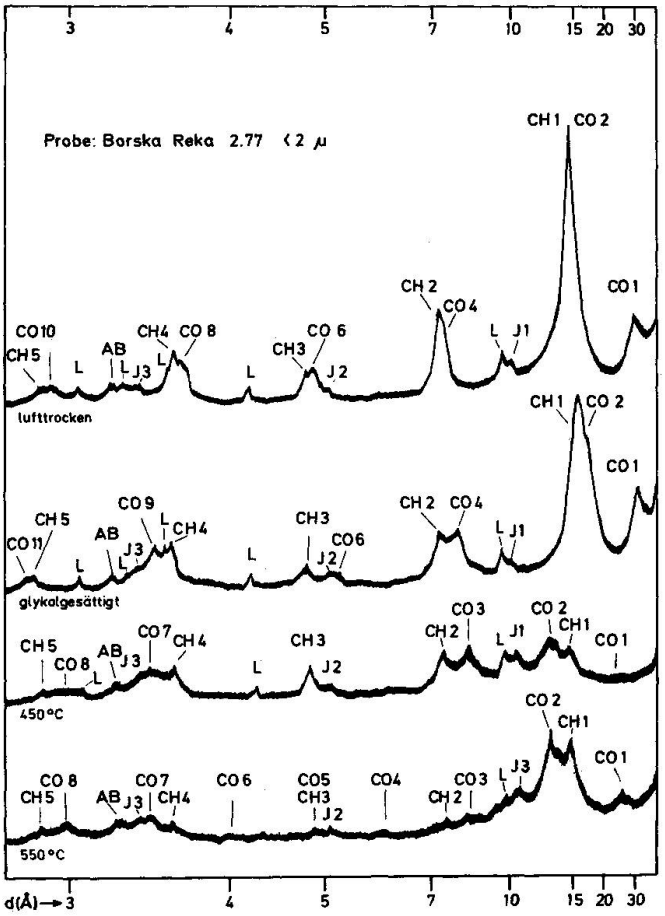

Abbildung 6: Röntgendiffraktometerkurven nach verschiedenen Vorbehandlungen für den normal quellfähigen Corrensit der Probe Borska Reka 2.77.
CO = Corrensit, CH = Chlorit, J = Illit, L = Laumontit, AB = Albit.

durch eine merkliche Verbreiterung des gesamten Beugungsmaximas zu erkennen. Bei den weiteren höheren Ordnungen sind nach der Glykolbehandlung die Reflexe des Corrensit deutlich von denen des Chlorit getrennt.

Der Corrensit der Proben von Arâches ist nur beschränkt mit Glykol quellbar, wie der Vergleich der beiden Diffraktometerkurven in Abb. 7 zeigt. Aufgrund des aus allen beobachteten Ordnungen der Basisreflexe berechneten mittleren Schichtabstandes, quillt der Corrensit von Arâches (Probe A 1) von 29 Å im unbehandelten Zustand auf 29,7 Å bei Glykolsättigung. Die beiden anderen Proben von Arâches zeigen eine ähnliche Tendenz. So vergrössert sich bei Probe A 3 der mittlere Schichtabstand durch Sättigung mit Glykol von 28,8 Å bis auf 29,4 Å.

Bei der Probe A 2 lässt sich wegen der höheren relativen Intensität der Chlorit-Reflexe nur eine Verschiebung der 1. Ordnung des Corrensit ungefähr erkennen.

KÜBLER (1969) bezeichnet solche beschränkt quellfähigen Corrensite als «Präcorrensit», weil er sie für Vorläufer von normal quellfähigem Corrensit

Tabelle 5a d-Werte der Probe BR 2.77 der Fraktion < 2 μ, lufttrocken

d Å	Int.	CH	$l \cdot d_{001}$	CO	$l \cdot_{001}$	J	$l \cdot_{001}$	L [1]	AB [2]
29,00	st	-	-	001	29,00	-	-	-	-
14,40	sst	001	14,40	002	28,80	-	-	-	-
10,00	sch	-	-	-	-	001	10,00	-	-
9,50	m	-	-	-	-	-	-	9,49	-
7,14	st	002	14,28	004	28,56	-	-	-	-
5,00	ssch	-	-	-	-	002	10,00	-	-
4,84	sch	-	-	006	29,08	-	-	-	-
4,72	sch	003	14,16	-	-	-	-	-	-
4,15	sch	-	-	-	-	-	-	4,156	-
3,63	m	-	-	008	29,04	-	-	-	-
3,56	m	004	14,24	-	-	-	-	-	-
3,52	m	-	-	-	-	-	-	3,510	-
3,33	ssch	-	-	-	-	003	10,00	-	-
3,27	ssch	-	-	-	-	-	-	3,272	-
3,197	ssch	-	-	-	-	-	-	-	3,194
3,033	ssch	-	-	-	-	-	-	3,033	-
2,903	ssch	-	-	0010	29,03	-	-	-	-
2,848	ssch	005	14,24	-	-	-	-	-	-
Mittelwert:			14,23		29,04		10,00		

[1] BERRY (1974) 15-276
[2] BORG & SMITH (1969) S. 630

CH = Chlorit, CO = Corrensit, J = Illit, L = Laumontit, AB = Albit, Int. = Intensität

Tabelle 5b d-Werte der Probe BR 2.77 der Fraktion < 2 μ, glykolgesättigt

d Å	Int.	CH	$l \cdot d_{001}$	CO	$l \cdot d_{001}$	J	$l \cdot d_{001}$	L [1]	AB [2]
31,00	st	-	-	001	31,00	-	-	-	-
15,50	sst	-	-	002	31,00	-	-	-	-
10,00	sch	-	-	-	-	001	10,00	-	-
9,50	sch	-	-	-	-	-	-	9,49	-
7,77	m	-	-	004	31,08	-	-	-	-
7,12	m	002	14,24	-	-	-	-	-	-
5,16	ssch	-	-	006	30,96	-	-	-	-
5,00	ssch	-	-	-	-	002	10,00	-	-
4,74	sch	003	14,22	-	-	-	-	-	-
4,15	sch	-	-	-	-	-	-	4,156	-
3,56	m	004	14,24	-	-	-	-	-	-
3,52	m	-	-	-	-	-	-	3,510	-
3,44	m	-	-	009	30,96	-	-	-	-
3,33	ssch	-	-	-	-	003	10,00	-	-
3,27	ssch	-	-	-	-	-	-	3,272	-
3,197	ssch	-	-	-	-	-	-	-	3,194
3,033	ssch	-	-	-	-	-	-	3,033	-
2,848	ssch	005	14,24	-	-	-	-	-	-
2,818	ssch	-	-	0011	31,00	-	-	-	-
Mittelwert:			14,24		31,00		10,00		

[1] BERRY (1974) 15-276 [2] BORG & SMITH (1969) S. 630

CH = Chlorit, CO = Corrensit, J = Illit, L = Laumontit, AB = Albit, Int. = Intensität

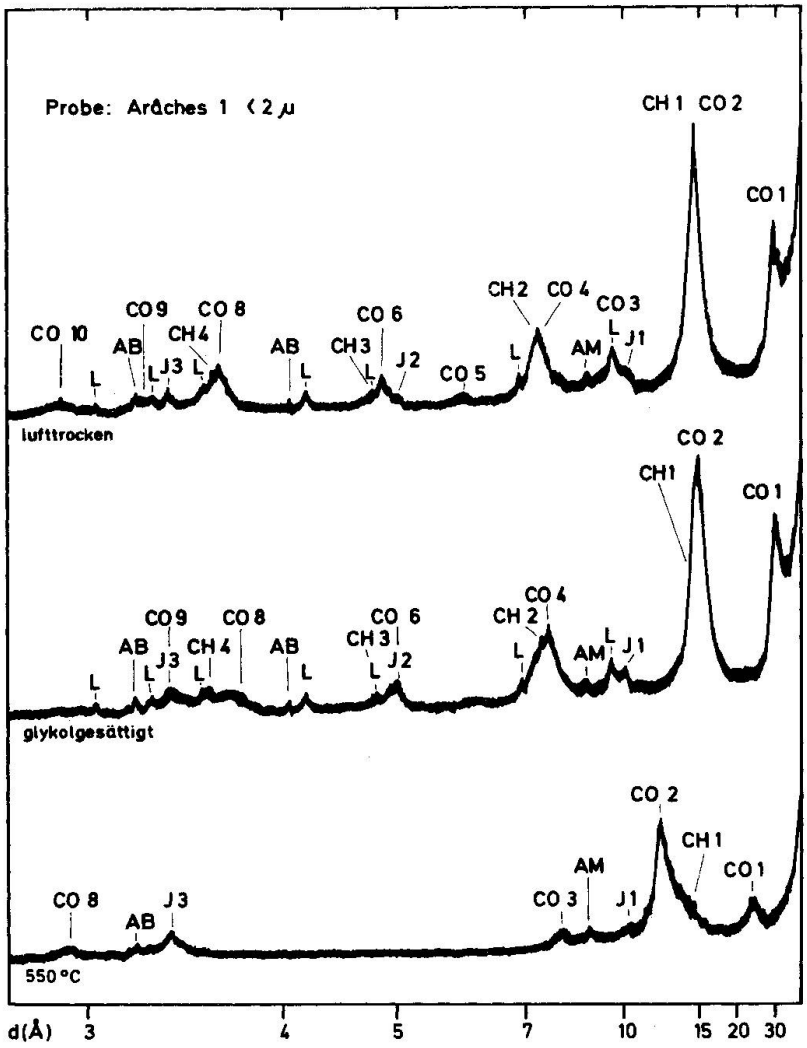

Abbildung 7: Röntgendiffraktometerkurven nach verschiedenen Vorbehandlungen für den beschränkt quellfähigen Corrensit der Probe Arâches 1. Die höheren Ordnungen des Corrensit sind nicht so deutlich von denen des Chlorit getrennt, wie man es von einem normal quellfähigen Corrensit erwartet (vgl. Abb. 6).
CO = Corrensit, CH = Chlorit, J = Illit, L = Laumontit, AM = Amphibol, AB = Albit.

hält. Es wäre aber auch denkbar, dass sich bei der Umwandlung des andesitischen Materials zuerst normal quellfähige Corrensite gebildet haben, die dann bei etwas höhergradiger Umwandlung ihr Quellvermögen zum Teil eingebüsst haben; etwa in der Weise, dass das normalerweise hydratisierte Calcium der Zwischenschichten teilweise entwässert und in die hexagonalen Hohlräume der Talkskelette, welche die quellfähigen Zwischenschichten begrenzen, fest eingebaut wurde.

Die Probe von L'Arbaron (s. Abb. 8) enthält neben dem Hauptbestandteil Chlorit eine corrensitähnliche Wechsellagerung, die im natürlichen Zustande breite Basisreflexe 1., 2. und 3. Ordnung zeigt, aus denen sich ein Basisabstand von ca. 25 Å - 26 Å ergibt. Das Diagramm ist also ganz ähnlich dem eines vollkommen entwässerten Corrensits, wie man ihn normalerweise durch ½stündi-

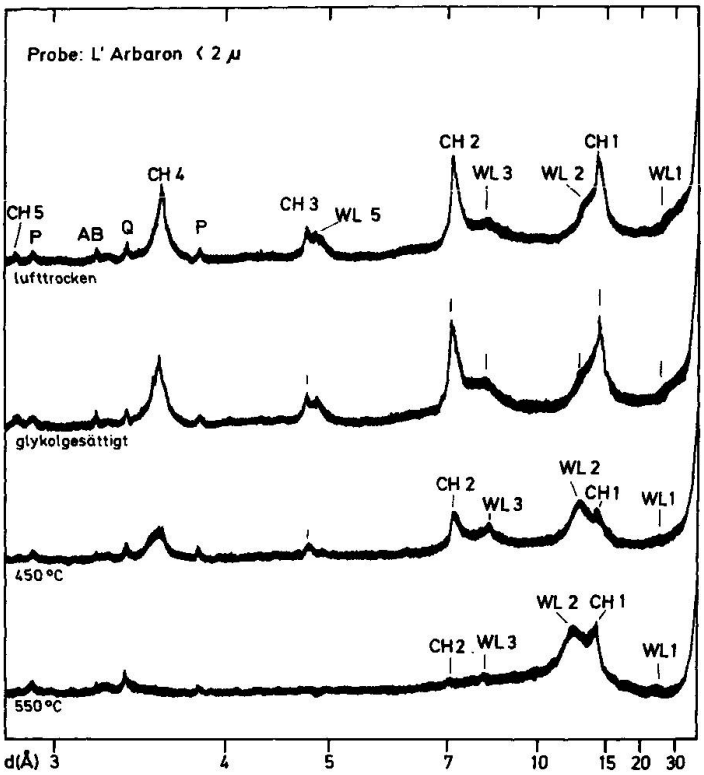

Abbildung 8: Röntgendiffraktometerkurven nach verschiedenen Vorbehandlungen für die corrensitähnliche Wechsellagerung («para-Corrensit») der Probe von L'Arbaron (LA).
WL = corrensitähnliche Wechsellagerung, CH = Chlorit, P = Pumpellyit, Q = Quarz, AB = Albit.

ges Erhitzen auf 550 °C erhält (vgl. Abb. 6). In der Probe L'Arabaron scheinen also die im eigentlichen Corrensit quellfähigen Schichten noch weiter in Richtung auf sprödglimmerähnliche Lagen kondensiert zu sein, als das in den Proben von Arâches der Fall ist.

Wenn man davon ausgeht, dass diese regelmässigen Wechsellagerungen aus wässeriger Lösung entstanden sind, müsste das Calcium ursprünglich hydratisiert gewesen sein und man könnte daher bei den Corrensiten mit begrenztem oder fehlendem Quellvermögen auch von «Postcorrensit» sprechen.

Es ist nun weiterhin vorstellbar, dass solche beschränkt quellfähigen Corrensite in der Nähe der Erdoberfläche durch Hydratation der sprödglimmerähnlichen Schichten ihr volles Quellvermögen wiedererlangen. Die Frage, ob «Präcorrensit» oder «Postcorrensit», hängt also vom Standpunkt des Betrachters ab.

Eine neutrale Bezeichnung wie etwa «para-Corrensit» könnte schon verwendet werden, bevor man sich über die Entstehungsgeschichte solcher beschränkt quellfähigen Corrensite geeinigt hat.

4.2.2.4. Smektit

In der Probe Borska Reka 1.77 lässt sich neben Corrensit als Haupttonmineral - und Chlorit oberhalb der Nachweisgrenze - nach Sättigung mit Glykol ein Smektit-Mineral nachweisen. Diagnostisch ist der Basisreflex des Schichtpaketes bei 16,8 Å bis 17,0 Å. Aufgrund einer rationalen Folge höherer Ordnungen, von der die 2., die 3., die 4. und die 5. mit mässiger aber deutlicher Intensität herauskommen (s. Abb. 9), sollte das Mineral fast ausschliesslich aus quellfähigen montmorillonitähnlichen Schichten bestehen.

Die Guinieraufnahme zeigt einen starken trioktaedrischen (060)-Reflex bei 1,541 Å und einen schwächeren dioktaedrischen bei 1,500 Å. Dieser kann nicht eindeutig dem Smektit-Mineral zugeordnet werden, weil nach den Diffraktometer-Aufnahmen dieser Probe auch Illit vorkommt. Es muss also offen bleiben, ob es sich bei dem Smektit um einen dioktaedrischen Montmorillonit han-

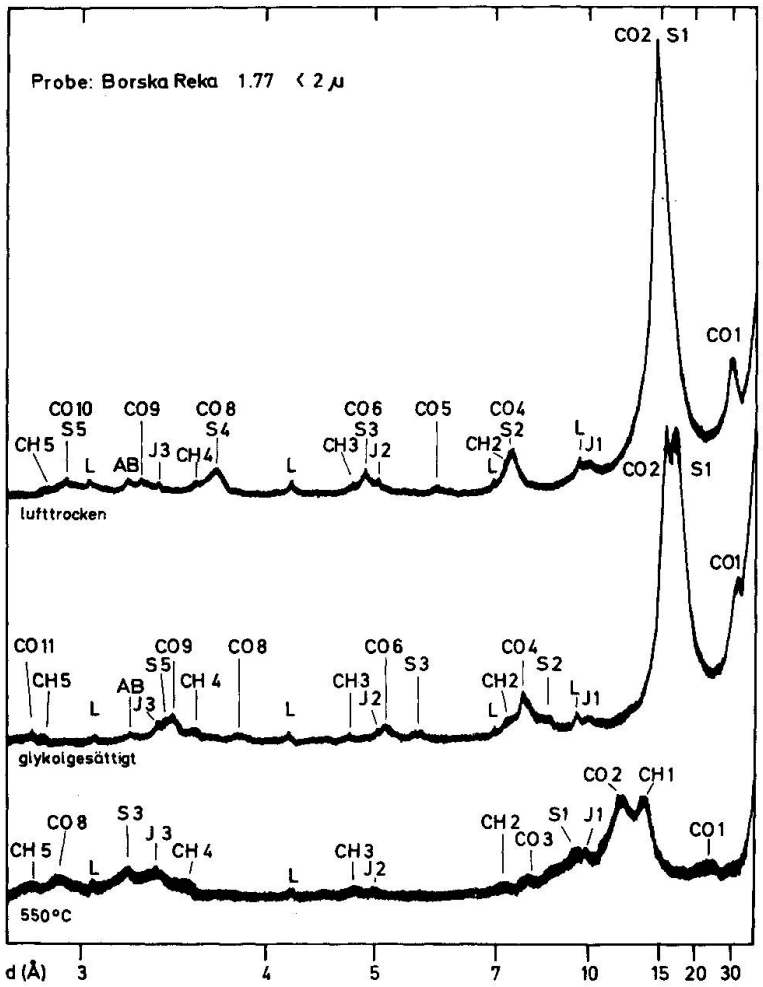

Abbildung 9: Röntgendiffraktometerkurven nach verschiedenen Vorbehandlungen für die smektitführende Probe von Borska Reka (BR 1.77).
CO = Corrensit, S = Smektit, J = Illit, L = Laumontit, AB = Albit.

delt oder um einen trioktaedrischen Saponit. Desgleichen könnte erst nach Untersuchung einer grösseren Anzahl von Proben in Abhängigkeit vom Verwitterungszustand unterschieden werden, ob der hier nachgewiesene Smektit ein Vorläufer des Corrensits (und Chlorits) ist, oder ob es sich um ein Verwitterungsprodukt dieser Minerale handelt.

4.2.2.5. Die trioktaedrische unregelmässige Wechsellagerung von Leskovo

Die Probe von Leskovo zeigt in der Fraktion < 2 μ ein quellfähiges Tonmineral, das aufgrund des einzigen beobachteten (060)-Reflexes bei 1,540 Å und

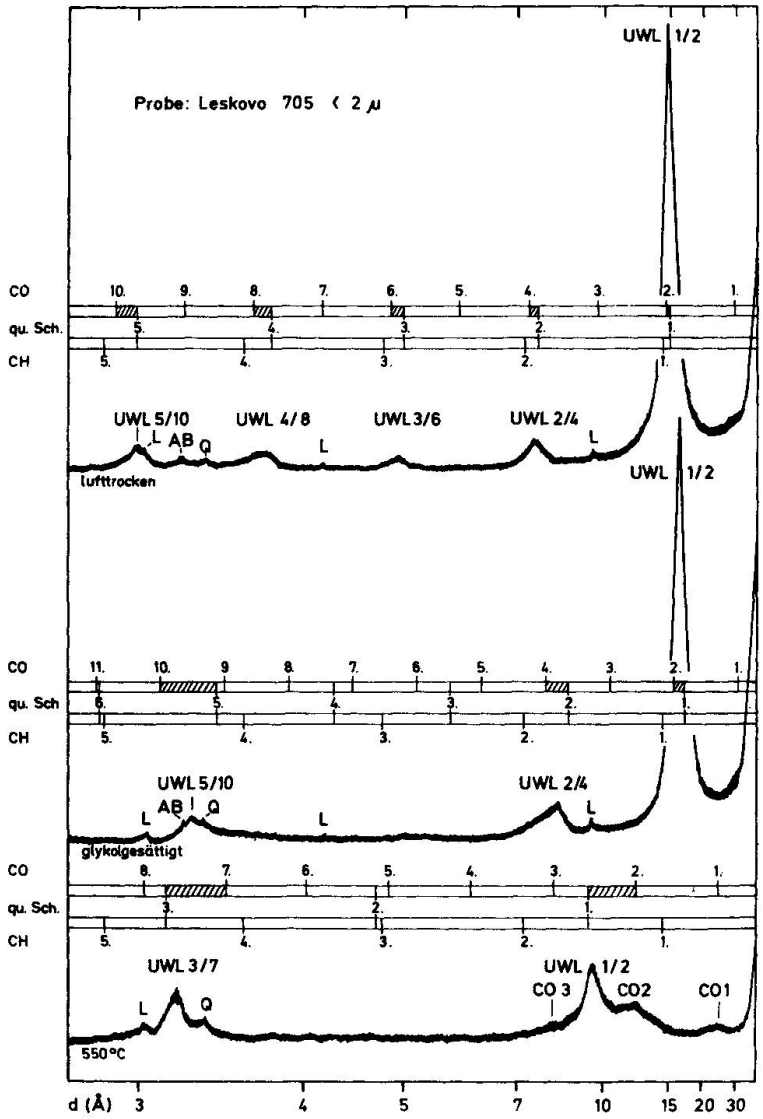

Abbildung 10: Röntgendiffraktometerkurven nach verschiedenen Vorbehandlungen für die trioktaedrische unregelmässige Wechsellagerung von Leskovo; in einer Darstellung nach *Méring* (1949).
UWL = unregelmässige Wechsellagerung, 1/2; 2/4; usw = Knoten der Schichtkomponeneten der UWL, CO = Corrensit, CH = Chlorit, qu. Sch. = quellfähige Schichten, L = Laumontit, Q = Quarz, AB = Albit.

bei Abwesenheit anderer Phyllosilikate - ausser Spuren von Corrensit - sicher trioktaedrisch ist. Es quillt von 14,7 Å im natürlichen lufttrockenen Zustand nach Sättigung mit Glykol auf 16,2 Å. Diese Abweichung vom Wert eines vollständig gequollenen Smektites bei 17,0 Å deutet auf einen gewissen Gehalt an nicht quellfähigen Schichten. Nach einer Méring-Darstellung für das lufttrokkene Präparat (s. Abb. 10) könnte es sich hierbei um Chloritschichten handeln. Die beobachteten Beugungsmaxima fallen nämlich mit den Knoten für die Schichtkomponenten Smektit/Chlorit 1/1, 2/2, 3/3, 4/4 und 5/5 zusammen.

Nach Sättigung mit Aethylenglykol konnten die ersten beiden Maxima den Knoten 1/1, 2/2 für diese Schichtkomponente zugeordnet werden.

Der weiter beobachtete Reflex bei 3,25 Å fällt jedoch nicht auf den Knoten 5/4, wie für solche Wechsellagerungen zu erwarten ist, und wie es bei Corrensit tatsächlich beobachtet wird. Das Beugungsmaximum lässt sich jedoch charakterisieren, wenn man als Komponenten die Smektit-Schicht und das Corrensit-Schichtpaket annimmt, und es fällt dann auf den Knoten 5/10. Hiernach kommen die Chlorit-Schichten nicht vollständig unregelmässig verteilt inder Wechsellagerung vor. Sie können auch nicht unmittelbar benachbart vorkommen, sondern sind bevorzugt durch eine quellfähige Schicht getrennt wie im eigentlichen Corrensit. Die Schichtfolge wäre demnach etwa:

SSSCSCSSSCSCSSSCSCSSSCSCSSSCSC.

Die unregelmässige Wechsellagerung in der Probe von Leskovo kann aufgrund dieser Charakterisierung als Vorstufe des Corrensit aufgefasst werden, der sich ja auch in Spuren als diskretes Mineral nachweisen lässt, wie die auf 550 °C erhitzte Probe zeigt.

4.2.3. RÖNTGENOGRAPHISCH NACHGEWIESENE NICHT-TONMINERALE

4.2.3.1. Mineralbestand der hellen Flecke der «grès mouchetés»

Um die hier untersuchten Proben der fleckigen Gesteine mit den Ergebnissen früherer Bearbeiter vergleichen zu können, wurden von den Proben A 1, BR 1,76 und L 705 je ein weisser Fleck herausgebrochen, gepulvert und mit dem Röntgendiffraktometer aufgenommen. Die erhaltenen Diagramme zeigen im Winkelbereich bis 2 θ 30° die meisten der von LAPHAM (1963) angegebenen Reflexe des Laumontit. Nur einige der schwächsten Reflexe fehlen.

Daneben wird der stärkste Reflex des Albit bei 3,18 Å bis 3,19 Å beobachtet. Die Probe Arâches zeigt die Linien des Quarz bei 4,27 Å und 3,35 Å mit stärkerer Intensität als Laumontit. In den Proben Borska Reka und Leskovo ist die stärkste Linie des Quarz eben noch zu beobachten. Der von OBRADOVIĆ und

PAVLOVIĆ (1975) in einem hellen Fleck nachgewiesene Stilbit ist in unseren Proben nicht feststellbar.

Es zeigt sich also, dass die weissen Flecke auch in den von uns untersuchten Proben tatsächlich in der Hauptsache aus Laumontit bestehen. Ein anderer wesentlicher Bestandteil ist Albit und in der Probe von Arâches Quarz. In den Proben von Borska Reka und Arâches kann ein zusätzlicher Reflex bei 8,42 Å einem Amphibol zugeordnet werden.

4.2.3.2. Nicht-Tonminerale in den feinen Kornfraktionen

Laumontit

In den Fraktionen < 2 μ ∅ der laumontitfleckigen Gesteine lassen sich zusätzlich zu den Beugungsmaxima der oben beschriebenen Phyllosilikate noch die stärksten Reflexe des Laumontit bei 9,50 Å, 4,16 Å und 3,033 Å deutlich beobachten. Nach der Art der oben beschriebenen Aufbereitung dürfte die Hauptmenge des Laumontit nicht als Zerkleinerungsprodukt in die Tonfraktion gelangt sein. Es ist vielmehr ziemlich sicher, dass der Laumontit im Gestein bis zu dieser Kornfeinheit vorkommt. Hierfür spricht insbesondere noch das Auftreten der stärksten Laumontit-Linie bei 9,50 Å in der Zentrifugen-Fraktion der Proben Arâches und Borska Reka. Weitere Argumente liefern die Stereoscan-Aufnahmen (s. u.).

In den Fraktionen 2 μ - 6,3 μ ∅ werden die oben erwähnten Laumontit-Reflexe stärker und es erscheinen dazu fast alle übrigen Reflexe des Minerals.

Albit

In allen Fraktionen < 2 μ ∅, vielleicht mit Ausnahme einer Probe von L'Arbaron (LA ‹T›), erscheint ein Reflex bei 3,197 Å (-3,187 Å). Obwohl wegen der Reflexbreite eine sichere Unterscheidung gegen Oligoklas nicht möglich ist, dürfte dieser Reflex dem Albit zuzuordnen sein, was auch im Einklang stehen würde mit den mikroskopischen Bestimmungen früherer Bearbeiter. Weitere Albit-Reflexe, ausser einem bei 4,03 Å, können wegen Koinzidenzen mit Laumontit auch in den Fraktionen 2 μ - 6,3 μ ∅ nicht beobachtet werden.

Quarz

In allen Diffraktometeraufnahmen < 2 μ ∅, mit Ausnahme von Borska Reka, erscheinen die beiden stärksten Quarz-Linien bei 4,26 Å und 3,343 Å. Weitere Linien wurden in Guinier-Aufnahmen dieser Fraktionen beobachtet und können hier zur Eichung benutzt werden. Nur in den Zentrifugen-Fraktio-

nen von Borska Reka und Arâches ist Quarz nicht sicher nachweisbar. In den Fraktionen 2 μ - 6,3 μ ∅ erscheinen sowohl in den Diffraktometer-Aufnahmen wie auch in den Guinier-Aufnahmen aller Proben weitere Quarz-Reflexe.

Amphibol

In den Fraktionen < 2 μ ∅ der Proben Arâches 1 und vielleicht auch in Borska Reka 2.77 lässt sich ein schwacher Reflex bei 8,5 Å beobachten. in 2 μ - 6,3 μ ∅ kommt er in allen Proben von Arâches und Borska Reka vor. Im Einklang mit den mikroskopischen Beobachtungen müsste es sich um den (110)-Reflex eines Amphibols handeln.

Calcit

Bei 3,033 Å tritt in allen Fraktionen < 2 μ und 2 μ - 6,3 μ ∅, ausser in L'Arbaron und Rüebgarti, ein Beugungsmaximum auf. Die stärkste Linie des Calcit bei 3,035 Å koinzidiert jedoch hier mit dem 3,033 Å-Reflex des Laumontit. In den laumontitfreien Proben Cluses-Arâches und Meiringen müsste es sich, auch aufgrund mikroskopischer Befunde, um Calcit handeln.

4.3. Stereoscan-Aufnahmen

Um einen Begriff von der räumlichen Anordnung der feinkörnigen Minerale, insbesondere der Phyllosilikate, zu bekommen, wurden die Proben Rüebgarti, Leskovo 705, Borska Reka 1.76, und Arâches 1 für Aufnahmen im Stereoscan ausgewählt. Diese wurden auf dem Gerät des hiesigen geologisch-paläontologischen Institut durch Herrn H. Hüttemann ausgeführt. Auf seiner Hilfsbereitschaft und auf dem freundlichen Entgegenkommen von Herrn Prof. Dr. Ch. Hemleben beruht das vorliegende Kapitel.

Es wurden Bruchflächen mit Gold bedampft und bei verschiedenen Vergrösserungen (500-, 1000-, 2000-, 5000- und 10000-fach) betrachtet. Anschliessend wurden charakteristische Bereiche photographisch festgehalten, von denen einige in diesem Bericht abgebildet und besprochen werden.

Als Beispiel für die höhergradige Umwandlung bei Taveyannaz-Sandsteinen - mit Chlorit als überwiegendem Phyllosilikat - wurde das Gestein von Rüebgarti untersucht. Es lassen sich deutlich Bereiche mit spaltbaren Mineralen, wahrscheinlich Plagioklas, und solche mit neugebildetem Phyllosilikat (Chlorit + Sudoit) unterscheiden. Die Blättchen des Phyllosilikats sind etwas grösser als 1 μ. Der grösste Teil von Abbildung 11 zeigt einen Bereich mit ziemlich wirr orientierten Chlorit-Blättchen. Daneben ist ein Feldspat zu erkennen.

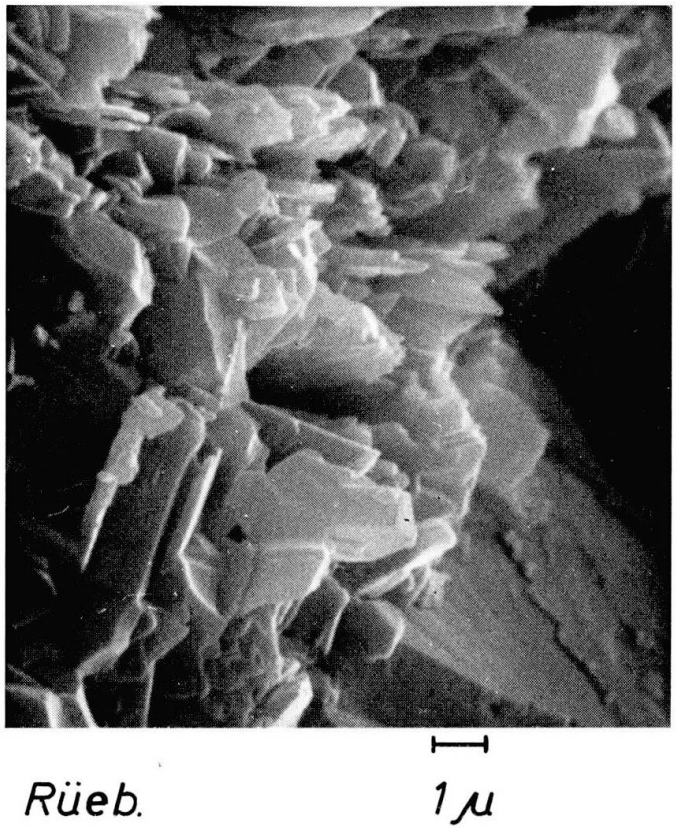

Abbildung 11 Probe Rüebgarti.
Chlorit-Blättchen und Spaltstück, wahrscheinlich Plagioklas (rechts unten).

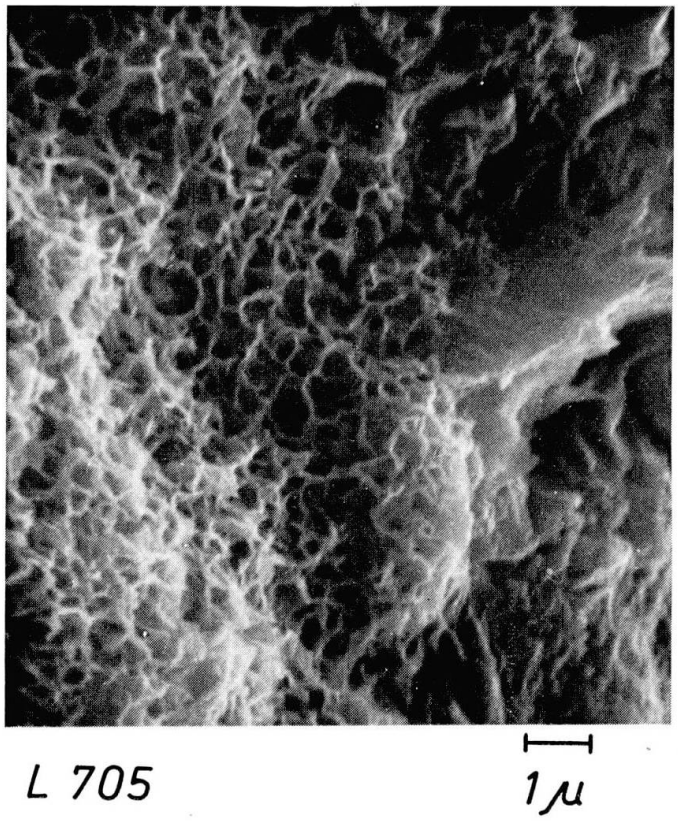

Abbildung 12 Probe Leskovo 705.
Wirr verfilzter Bereich des Phyllosilikates mit unregelmässiger Wechsellagerung.

In den Proben mit röntgenographisch nachgewiesenen quellfähigen Phyllosilikaten zeigen diese bedeutend geringere Blättchengrössen. Wegen der wirren Verfilzung lassen sich deren Dimensionen nur grob abschätzen. Bei der unregelmässigen Wechsellagerung von Leskovo (Abb. 12) kommt man auf die Grösse 0,5 μ ∅ und darunter.

Die Corrensite von Borska Reka (Abb. 13) und Arâches zeigen Dimensionen der Grössenordnung 0,5 μ ∅.

In der Probe Arâches (Abb. 14) sind rundliche, kugelige bis warzige Gebilde sehr auffällig, von denen die kleinsten noch unter 0,5 μ ∅ liegen. Eine obere Grenze lässt sich nicht feststellen. Man ist versucht, diese Gebilde für Ausgangsstadien der makroskopischen Laumontitflecke zu halten, die ja ebenfalls häufig rundlich erscheinen. Die grösste der in Abbildung 14 gezeigten Kugeln ist von wirr verfilzten Phyllosilikaten überzogen. Dieser Überzug ist nicht auf die Kugel beschränkt, sondern setzt sich teilweise auf der Bruchfläche fort. Die Deutung der kleinen Warzen als Laumontit-Aggregate steht mit dem Befund im Einklang, dass Laumontit noch in den feinsten Zentrifugen-Fraktionen röntgenographisch nachweisbar ist.

5. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Bei der Einstufung laumontitführender Gesteine sind bisher viele Autoren den Vorstellungen von COOMBS (s. z. B. 1971) gefolgt und betrachten das Auftreten von Laumontit - nicht das aber vieler anderer Zeolithe - als das Ende der Diagenese und den Beginn der Metamorphose für Gesteinszusammensetzungen, die intermediären und basischen Eruptivgesteinen entsprechen. Diesen Standpunkt vertritt insbesondere WINKLER (1967, 1974) in verschiedenen Auflagen seines Lehrbuches über metamorphe Gesteine. Durch Funde von Laumontiten, die unzweifelhaft bei Temperaturen um 100 °C oder sogar darunter entstanden sein müssen (z. B. IIJIMA & UTADA, 1969; SANDS & DREVER, 1976), sind neuerdings Zweifel an der metamorphen Natur auch anderer Vorkommen des Minerals entstanden.

Als Argument für diese kritische Einstellung kann auch das Zusammenvorkommen des Laumontit mit Corrensit aufgefasst werden. Corrensit bildet sich nämlich in geothermischen Gebieten gewöhnlich nur bis zu Temperaturen von 150 °C, in Einzelfällen bis 200 °C. Hierfür zitiert KÜBLER (1973) einige Beispiele. Das Vorkommen eines quellfähigen Minerals wie Corrensit passt auch nicht in das Bild, das man sich gewöhnlich von metamorphen Gesteinen macht, und würde auch einer Unterscheidung von Diagenese und Metamorphose auf physikalisch-chemischer Grundlage widersprechen, wie sie LIPPMANN (1977) vorgeschlagen hat.

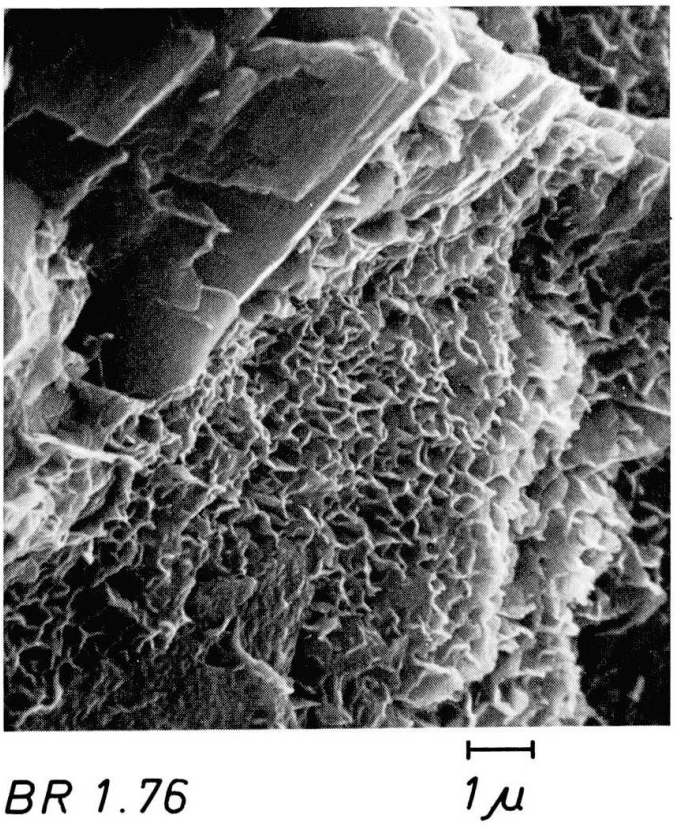

Abbildung 13 Probe Borska Reka 1.76.
Wirr verfilzter Bereich des neugebildeten Phyllosilikates (Corrensit + Chlorit). Links oben: Spaltstück eines primären Minerals (Plagioklas, Glimmer oder Amphibol?).

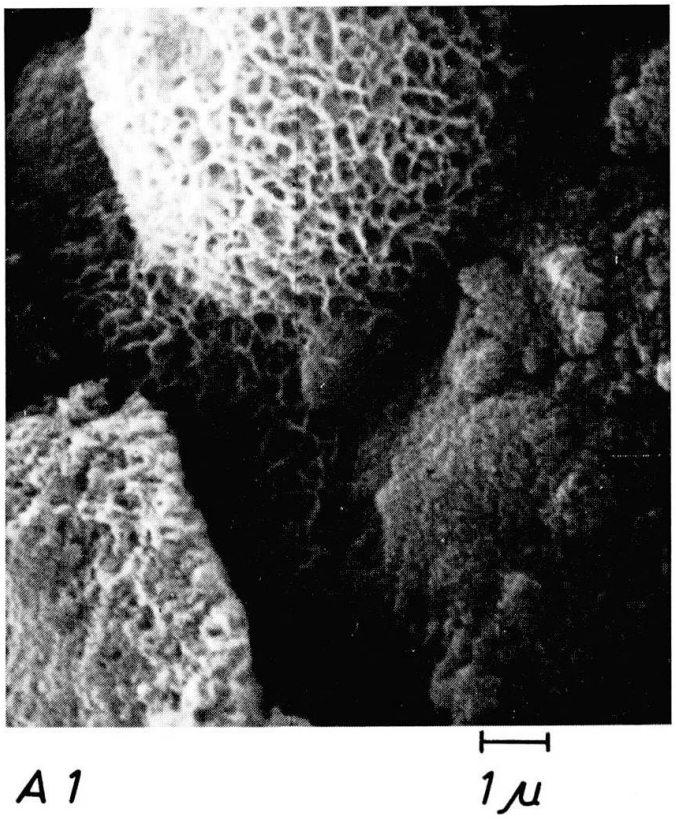

Abbildung 14 Probe Arâches 1.
Grösseres kugelförmiges Gebilde (oben) und kleinere warzenförmige Aggregate (Laumontit?). Der wirr verfilzte Überzug (Corrensit + Chlorit) der Kugel setzt sich in der Vertiefung der Bruchfläche fort.

Aus den vorliegenden Ergebnissen folgen noch weitere Gesichtspunkte, die gegen Laumontit als charakteristisches Mineral einer metamorphen Zone sprechen.

Im Einklang mit KÜBLER et al. (1974) kommen Laumontit und Corrensit in den Proben der Zentralschweiz (Meiringen und Rüebgarti) nicht mehr vor. Das vorherrschende Phyllosilikat ist hier Chlorit, der nach den Vorstellungen dieser Autoren einen höheren Grad der Umwandlung anzeigt als Corrensit (zusammen mit Laumontit). Das Hinzutreten des Sudoit - eines typisch diagenetischen Minerals - in Rüebgarti stellt sogar den metamorphen Charakter dieses Taveyannaz-Sandsteines in Zweifel. Die unzweifelhaft niedrigergradigen laumontitführenden Gesteine sollten demnach auf keinen Fall als metamorph angesehen werden. In Leskovo ist der Laumontit sogar mit einem Tonmineral vergesellschaftet, das als unregelmässige Wechsellagerung noch mehr quellfähige Schichten als der Corrensit enthält.

Schliesslich kommen in der Probe Borska Reka 1.77 (Abb. 10) Laumontit plus Corrensit sogar zusammen mit einem richtiggehenden Smektit (Saponit) vor. Die Aussagekraft dieser Probe darf jedoch nicht zu hoch bewertet werden, da der Smektit sekundär durch teilweise Verwitterung des Corrensits entstanden sein könnte.

Unabhängig von der Art der in Taveyannaz-Sandsteinen vorkommenden Phyllosilikate, wäre schon deren geringe Korngrösse für ein echt metamorphes Gestein ungewöhnlich. Dazu kommt noch, dass auch andere neugebildete Minerale, wie Laumontit, Albit und zum Teil auch Amphibol bis in die Fraktionen $< 2\,\mu\,\varnothing$ hinein zu finden sind. Dieser Befund zeigt, dass sich in bezug auf die Oberflächenenergien der einzelnen Minerale keine Gleichgewichte ausgebildet haben, wie es sonst häufig in metamorphen Gesteinen der Fall ist. Diese Heterodispersität ist besonders bei dem als kritisch angesehenen Mineral Laumontit auffällig, der von makroskopischen Flecken nicht nur in die Fraktionen $< 2\,\mu\,\varnothing$ geht, sondern bei den Proben Borska Reka 2.77 und Arâches 3 sogar in die Zentrifugen-Fraktionen $< 0{,}1\,\mu\,\varnothing$ hineinreicht. Ein derartig breites Korngrössenspektrum ist eher für diagenetische Neubildungen charakteristisch.

Es sprechen also die meisten Argumente für eine Einstufung - zumindest der laumontitführenden Taveyannaz-Sandsteine - in den Bereich der Diagenese. Es ist merkwürdig, dass ein wichtiger Aspekt der Taveyannaz-Sandsteine, der zunächst unabhängig von der Frage «Diagenese oder Metamorphose» klar zu Tage liegt, kaum beachtet wurde. Der Übergang vom ursprünglich andesitischen Material zu den jetzigen Taveyannaz-Sandsteinen ist nämlich ein retrograder Prozess. Dies folgt deutlich aus der Tatsache, dass die meisten Neubildungen wasserhaltige Minerale sind. Nach unserer Ansicht sind Taveyannaz-Sandsteine ein lehrreiches Beispiel für einen Vorgang, den man nach LELONG & MILLOT (1966) als retrograde Diagenese («diagenèse régressive») bezeichnen sollte (vgl. auch DUNOYER, 1978; sowie MILLOT, 1978).

6. LITERATUR

BERRY, L.G. (1974): Selected powder diffraction data for minerals. Data book. - Swarthmore, Pennsylvania; Joint Committee on Powder Diffraction Standards, 833 pp.

BORG, I.Y. & SMITH, D.K. (1969): Calculated X-ray powder patterns for silicate minerals. - Geol. Soc. of America, Mem. 122, 869 pp.

COOMBS, D.S. (1971): Present status of the zeolite facies. - In Adv. in chemistry ser. n. 101; «Molecular sieve zeolites - I». Amer. chem. Soc. 317-327.

DUNOYER DE SEGONZAC, G. (1978): Diagenesis of clays. - Encyclopedia of sedimentology; vol. VI, 149-152, R.W. Fairbridge & J. Bourgeois, Stroudsburg, pa.: Dowden, Hutchinson & Ross Inc., 901 pp.

HOARE, J.M., CONCON, W.H. & PATTON, W.W. (1964): Occurence and origin of laumontite in cretaceous sedimentary rocks in western Alaska. - U.S. Geol. Survey Prof. Paper, *501-C*, C74-C78.

HUCKENHOLZ, H.G. (1963): Der gegenwärtige Stand in der Sandsteinklassifikation. - Fortschr. Mineral., *40*, 151-192.

IIJIMA, A. & UTADA, M. (1969): Present-day zeolitic diagenesis of the neogene geosynclinal deposits in the Niigata oil field, Japan. - Adv. in chemistry ser. n. 101; «Molecular sieve zeolites - I». Amer. chem. Soc. 342-349.

KÜBLER, B. (1969): Cristallinity of illite. Detection of metamorphism in some frontal parts of the Alps. - Fortschr. Mineral., *47*, 39-40.

KÜBLER, B. (1973; unveröffentlicht): Corrensite, zeolite facies, illite crystallinity and low-grade metamorphism in the western Alps. - Neuchâtel, 34 pp.

KÜBLER, M. (1973): La corrensite, indicateur possible de milieux de sedimentation et du degré de transformation d'un sédiment. - Bull. Centre Rech. SNPA, Pau, *7*, 543-556.

KÜBLER, B., MARTINI, J. & VUAGNAT, M. (1974): Very low grade metamorphism in the western Alps. - Schweiz. Min. Petr. Mitt., *54*, 461-469.

LAPHAM, D.M. (1963): Leonhardite and laumontite in diabase from Dillsburg, Pennsylvania. - The American Mineralogist, *48*, 683-689.

LELONG, F. & MILLOT, G. (1966): Sur l'origine des minéraux micacés des altérations latéritiques. Diagenèse régressive - minéraux en transit. - Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr., *19*, 271-287.

LIPPMANN, F. (1968): Enhancement of (060) reflections of clay minerals in a Guinier camera. - Contr. Mineral. and Petrol., *19*, 260-270.

LIPPMANN, F. (1977): Diagenese und beginnende Metamorphose bei Sedimenten. - Bull. Acad. serbe Sci. Arts; Classe Sci. nat. math.; Sciences nat., *56*. No. 15, 49-67.

MADSEN, B.M. & MURATA, K.J. (1970): Occurence of laumontite in tertiary sandstones of the central coast ranges, California. - U.S. Geol. Survey Prof. Paper, *700D*, D 188-D 195.

MARIĆ, L. (1957): Igneous rocks in the narrower ore deposit region of the Bor mine. - (Serbokroatisch, mit ausführlicher englischer Zusammenfassung.) Serbian Academy of Sciences, Monographs, Section for Mathematical and Natural Sciences, *17*, 91 pp.

MARTINI, J. (1968): Etude pétrographique des Grès de Taveyannaz entre Arve et Giffre (Haute-Savoie, France). Bulletin suisse de Min. et Pétr., *48*, 539-654.

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

MÉRING, J. (1949): L'interférence des rayons X dans les systèmes à stratification desordonnée. - Acta Cryst., *3*, 371-377.

MILLOT, G. (1978): Clay genesis. - Encyclopedia of sedimentology; vol. VI, 152-156, R.W. Fairbridge & J. Bourgeois, Stroudsburg, Pa.: Dowden, Hutchinson & Ross Inc., 901 pp.

MÜLLER, F. (1938):Geologie der Engelhörner, der Aareschlucht und der Kalkkeile von Innertkirchen. - Beiträge zur Geolog. Karte der Schweiz. Neue Folge, 74. Lieferung.

OBRADOVIĆ, J. & PAVLOVIĆ, N. (1975): Bor pelites - composition, features and genesis. - (Serbokroatisch, mit ausführlicher englischer Zusammenfassung.) Acta Geologica prir. istraživanja (Zagreb), VIII/11, *41*, 219-231.

OBRADOVIĆ, J & PAVLOVIĆ, N. (1976): The andesitic tuffs, marls and sandstones series of the Jasikovo-Leskovo area. - (Serbokroatisch, mit ausführlicher englischer Zusammenfassung.) Bull. du Muséum d'Histoire Naturelle, (Belgrade), Série A, *31*, 37-52.

DE QUERVAIN, F. (1928): Zur Petrographie und Geologie der Taveyannaz-Gesteine. - Schweiz. Min. Petr. Mitt., *8*, 1-87.

SANDS, C. D. & DREVER, J. I. (1976): Authigenic laumontite in deep-sea sediments. - Natural zeolites, occurrence, properties, use. 269-275; L. B. Sands & F. A. Mumpton; Oxford, New-York, Toronto, Sydney, Paris, Frankfurt: Pergamon Press, 546 pp.

SAWATZKI, G. G. (1975): Etude géologique et minéralogique des flyschs a grauwackes volcaniques du synclinal de Thônes (Haute-Savoie, France). - Thèse N 1643, Genève, 265-368.

STUDER, BERNHARD (1834): Geologie der westlichen Schweizeralpen. Zitiert nach MARTINI (1968).

VUAGNAT, M. (1943): Les grès de Taveyannaz du val d'Illiez et leurs rapports avec les roches éruptives des Gêts. - Bull. suisse de Min. et Pétr., *23*, 353-436.

VUAGNAT, M. (1949): Sur une particularité des grès mouchetés du Champsaur (Haute Alpes): Galets ou concrétions? - Arch. Soc. phys. hist. nat., *2*, 393-396.

VUAGNAT, M. (1952): Pétrographie, répartition et origine des microbrèches du Flysch nordhelvétique. - Mat. carte géol. Suisse, NIle sér., 97e livr., 103 pp.

WINKLER, H. G. F. (1967): Die Genese der metamorphen Gesteine. - Berlin, Heidelberg, New-York: Springer, 2. Aufl., 237 pp.

WINKLER, H. G. F. (1974): Petrogenesis of metamorphic Rocks. - New-York, Heidelberg, Berlin: Springer, 3rd. edit., 320 pp.

Manuskript eingegangen 31. Juli 1980