

Über die Verbreitung epi- und anchimatamorpher  
Sedimentgesteine in der Grauwackenzone und in den  
Nördlichen Kalkalpen (Österreich)  
- ein Zwischenbericht

von J.-M. Schramm<sup>+</sup>)

Summary

In the following paper some mineralogical and petrological data and conclusions bearing the metamorphic events of the Eastern Alps (Middle and Lower Austroalpine Unit, Grauwackenzone, Northern Limestone Alps) are presented. Within the areas investigated (one North-South-section from Salzburg to Zell am See respectively Radstadt, another section along Rax and Semmering) red sandstones and quartzites and dark coloured shales, slates and phyllites - composed largely of phyllosilicates - are most qualified for determining mineralogical changes with increasing metamorphism. Therefore all rock samples were analysed by X-ray methods.

As well known the Grauwackenzone was affected by variscan and also alpine metamorphic events. Metamorphic minerals such as pyrophyllite, chloritoid (postkinematic), paragonite and mixed-layer paragonite/muscovite indicate greenschist facies. Illite crystallinity measurements (index after B. KUBLER, 1967) are corresponding with these results and lie within the "epi-zone".

Also do in the Northern Limestone Alps deeper stratigraphic levels show low grade metamorphic alterations. As shown in the figures 3 and 7 the alpine metamorphism decreases from the frontier region to the Grauwackenzone (greenschist facies) in

---

<sup>+</sup>) Anschrift des Verfassers: Dr. Josef-Michael Schramm,  
Institut für Geologie und Paläontologie der Universität  
Salzburg, Akademiestraße 26, A-5020 Salzburg

the Northern Limestone Alps about 15-20 km to the North (anchi-zone, "very low grade" after H.G.F. WINKLER, 1976) and is ending there.

The metamorphism studies are still continued by the author.

### Zusammenfassung

Die vorliegende Studie versucht, mit mineralogischen und petrologischen Befunden an schiefrigen Gesteinen des Unter- und Mittelostalpins, der Grauwackenzone und der Nördlichen Kalkalpen zur Kenntnis des Metamorphosegeschehens in den Ostalpen beizutragen. Entlang zweier Querschnitte (südlich von Salzburg und im Bereich Semmering-Rax) wurden hauptsächlich feinklastische Sedimentgesteine röntgenographisch auf ihre Phyllosilikanteile untersucht.

Neben den bereits bekannten postkinematischen Chloritoidspursungen belegen nun Pyrophyllit, Paragonit und mixed-layer Paragonit/Muscovit in der - durch variscische und alpidische Metamorphoseereignisse - polymetamorphen Grauwackenzone eine niedrig temperierte Grünschieferfazies, worauf übrigens die Werte der Illitkristallinität (Index nach B. KUBLER, 1967) hinweisen ("Epizone").

Darüber hinaus hat eine alpidische Metamorphose stratigraphisch tiefere Anteile der Nördlichen Kalkalpen erfaßt (an deren Südrand wurden noch Minerale der niedrig temperierten Grünschieferfazies nachgewiesen). Das nach Norden anschließende Feld der Anchizone (nach Werten der Illitkristallinität zwischen 4.1. und 7.5.) erstreckt sich mit durchschnittlich 15 bis 20 km bis etwa in die Mitte der Breite der Nördlichen Kalkalpen, wo die Metamorphose schließlich ausklingt (siehe Abb. 3 und 7).

Die Untersuchungen werden vom Verfasser ausgedehnt und fortgesetzt.

### Inhalt

1. Einleitung
2. Methodisches
3. Geologie und Petrologie
4. Bemerkungen zur Metamorphose
5. Abschließende Bemerkungen

## 1. Einleitung

Seit mehreren Jahren werden vom Verfasser im Rahmen des Hochschulschwerpunktes N 25 "Geologischer Tiefbau der Ostalpen" mineralogisch-petrologische Studien vorwiegend an feinklastischen Sedimentgesteinen der Grauwackenzone sowie der Nördlichen Kalkalpen durchgeführt. Es hat sich dabei hauptsächlich aufgrund der Untersuchungen der Glimmerkomponenten herausgestellt, daß der Salzburger Abschnitt der Grauwackenzone generell bereits epizonal metamorph ist ("Grünschieferfazies"), und daß die Metamorphose mit anchizonalem Charakter in den älteren Sedimentgesteinen der Nördlichen Kalkalpen weiter bis etwa zur Mitte der Breite des Salzburger Kalkalpengebietes zu verfolgen ist, wo sie dann ausklingt. Diese ersten Erkenntnisse aus dem Salzburger Arbeitsgebiet (G. FRASL et al., 1975; J.-M. SCHRAMM, 1974, 1976) ließen eine regionale und auch methodische Erweiterung der Untersuchungen im Hinblick auf eine später zu erstellende Metamorphosekarte der Grauwackenzone und Nördlichen Kalkalpen, wie auch etwa auf genetische und Altersfragen bezüglich der Metamorphose - woran nun gearbeitet wird - sinnvoll erscheinen. Einige der Fortschritte in dieser Hinsicht - teils vom Alpenoststrand (Bereich Semmering-Rax), teils vom bereits bekannten "Salzburger Querschnitt" (vgl. hierzu J.-M. SCHRAMM, 1977a) - werden im folgenden kurz vorgestellt.

## 2. Methodisches

Entsprechend der extremen Feinkörnigkeit eines Großteiles der untersuchten Sedimentgesteine beruhen die Daten im wesentlichen auf röntgenographischen Analysen, weshalb nicht in jedem Fall gewährleistet ist, daß tatsächlich Berührungsparagenesen vorliegen (vgl. mit Tabelle I). Der für sämtliche Proben vorgesehene spezielle Arbeitsgang findet sich in Abb. 1 schematisch dargestellt.

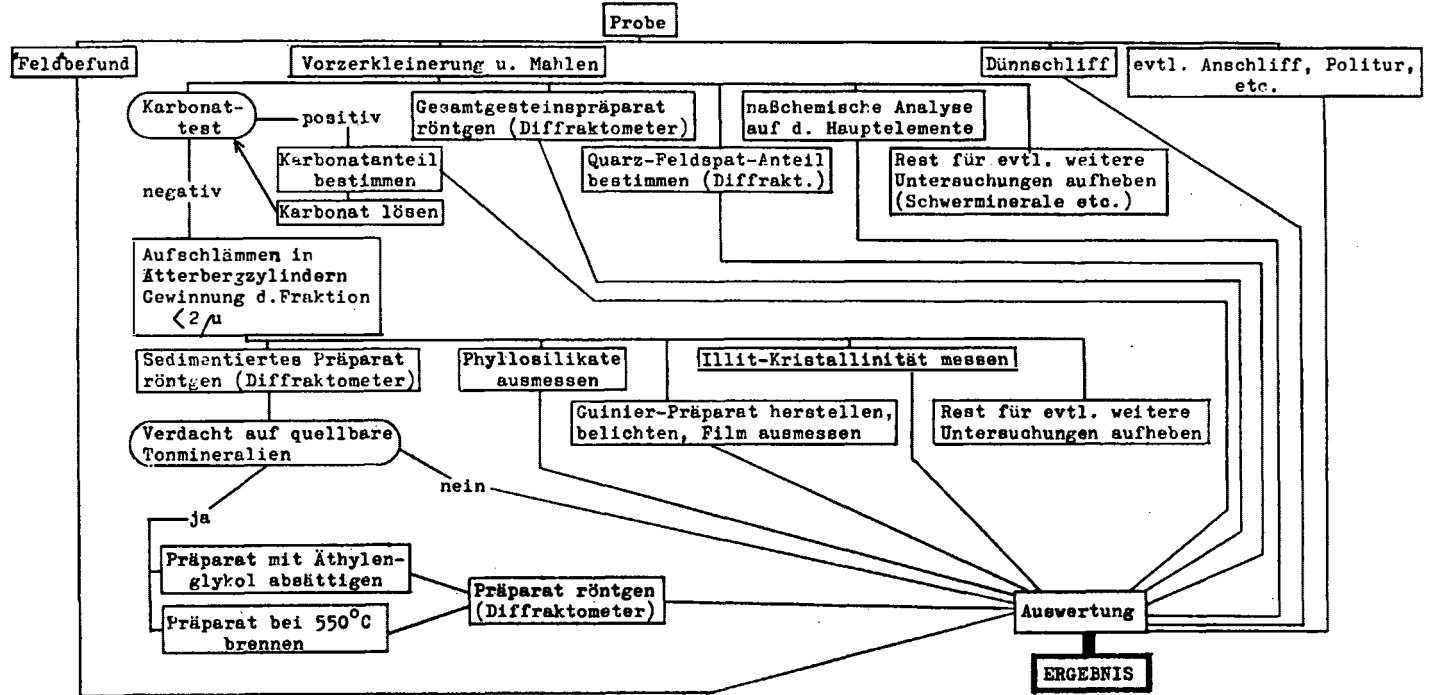
## 3. Geologie und Petrologie

Aus folgenden tektonischen und stratigraphischen Einheiten des Alpenostrandes und Salzburger Bereiches wurden Gesteinsproben untersucht.

### Unterostalpin und Mittelostalpin (nur Ostabschnitt)

- Mittelgraue Serizitquarzite und -schiefer des Alpinen Verrucano (A. TOLLMANN, 1964, S. 281) bzw. Tattermannschiefer (sensu H.P. CORNELIUS, 1952b, S. 96) (= Höheres Perm).
- Dunkelgraue bis schwarze Serizitschiefer (Kapellener Schiefer) (= Tiefere Obertrias).
- Dunkelgraue, hellgraugrüne und blaßlila Tonschiefer des

Abb. 1: Mineralogischer Untersuchungsgang für (Meta)pelite (unter besonderer Berücksichtigung der Phyllosilikate)



Bunten Keupers (= Obertrias).

### Oberostalpin

#### Grauwackenzone

- Dunkelgraugrüne bis graubraune Serizitphyllite und Quarzite der Silberbergserie (= Ordovizium).
- Graue, verschieden bunt getönte Serizitphyllite und -quarzite der Wildschönauer Schiefer-Serie (= Ordovizium/Unter-gotlandium).
- Dunkelgraue Feinkonglomerate und Sandsteine des Graphitkarbons (= Oberkarbon).

#### Nördliche Kalkalpen

- Weinrote Konglomerate, Brekzien und Sandsteine der Filzensattelschichten (= Unterperm) (vgl. hiezu J.-M. SCHRAMM, 1977b, S. 109).
- Violette Konglomerate und Brekzien der Prebichlschichten (= Oberperm).
- Blauviolette und rosa Sandsteine und Tonschiefer der Werfener Schichten (= Skyth).
- Dunkelgraue Ton- und Tonmergelschiefer der Reingrabener Schichten (= Karn).

Die in den erwähnten Gesteinen bisher am häufigsten festgestellten Mineralvergesellschaftungen (bei den gröberklastischen Gesteinen wurden nur die Bindemittel berücksichtigt) sind in Tabelle I angegeben.

Tabelle I. Zusammenstellung der häufigsten bisher nachgewiesenen Mineralvergesellschaftungen

#### Metapelite und -psammite des Unterostalpin (und Mittelostalpin)

Qz, Phe	Qz, Chl, Phe, Dol, Häm
Qz, Phe, Ab	Qz, Chl, Phe, Pa, Pa/Mu, Cc, Häm
Qz, Phe, Ab, Kf, +	

#### Metapelite und -psammite der Grauwackenzone

Qz, Mu, Ab	Qz, Chl, Mu, Phe, Cc, Dol
Qz, Mu, Kf, +	Qz, Chl, Mu, Phe, Kf, (+)
Qz, Mu, Ctd	Qz, Chl, Mu, Phe, Kf, Ab, (+)
Qz, Chl, Mu	Qz, Phe, Mu, Pa, Pa/Mu, Ctd, Dol, Häm
Qz, Chl, Ab	Qz, Phe, Ab, Häm
Qz, Chl, Pa	Qz, Phe, Pa
Qz, Chl, Mu, Kf, (+)	Qz, Chl, Phe, Ab
Qz, Chl, Mu, Ab, (+)	Qz, Chl, Phe, Ab, Kf, (+)
Qz, Chl, Mu, Cc, (+)	Qz, Chl, Phe, Pa, Kf
Qz, Chl, Mu, Ab, Kf	Qz, Chl, Phe, Pa/Mu, Ctd
Qz, Chl, Mu, Pa	Qz, Chl, Phe, Pa, Pa/Mu, Ctd
Qz, Chl, Mu, Pa, Pa/Mu, (+)	
Qz, Chl, Mu, Pa, Pa/Mu, Häm, (+)	
Qz, Chl, Mu, Pa, Pa/Mu, Ctd, (+)	
Qz, Mu, Pa, Pa/Mu, Pyp, Ctd	

(Fortsetzung Tabelle I)

Pelite und Psammite der Nördlichen Kalkalpen

Qz, Phe	Qz, Chl, Phe
Qz, Pyp	Qz, Chl, Phe, Ab
Qz, Mu, Kf	Qz, Chl, Phe, Kf, (Dol)
Qz, Mu, Ctd	Qz, Chl, Phe, Cc, Häm
Qz, Mu, Ctd, Dol	Qz, Chl, Phe, Dol, Häm
Qz, Chl, Mu	Qz, Chl, Phe, Ab, Kf, Cc, Häm
Qz, Chl, Mu, Kf, Häm	Qz, Chl, Phe, Pa, (Häm)
Qz, Chl, Mu, Pa, Häm	Qz, Chl, Phe, Pa, Pa/Mu, (Häm)
Qz, Chl, Mu, Pa, Pyp, (Mg, Häm)	
Qz, Phe, Ab	Qz, Chl, Phe, Mg, (Gy)
Qz, Phe, Kf, Häm	Qz, Phe, Ab, Kf, (Mg, Gy)
Qz, Phe, Cc, (Häm)	

Verwendete Abkürzungen

Qz = Quarz	Pa = Paragonit
Mu = Muscovit	Pa/Mu = mixed-layer Paragonit/Muscovit
Phe = Phengit	Pyp = Pyrophyllit
Chl = Chlorit	Ctd = Chloritoid
Kf = Kalifeldspat	Mg = Magnesit
Ab = Albit	Häm = Hämatit
Cc = Kalzit	Gy = Gips
Dol = Dolomit	+ = zusätzlich sehr unterschiedliche Gehalte an Graphit bzw. kohligere Substanz

Wie Tabelle I zeigt, stellen neben Quarz verschiedene Phyllosilikate die weitaus häufigsten Mineralphasen; allerdings treten so aussagekräftige Metamorphoseanzeiger wie beispielsweise Pyrophyllit, Chloritoid, Paragonit oder mixed-layer Paragonit/Muscovit eher selten auf, und zwar wegen der eng begrenzten Gesteinschemismen, welche derartige Neubildungen ermöglichen. Daher war es notwendig, die wenigen "Durchläufer"minerale, also im gegenständlichen Falle die Kaliumhellglimmer i.w.S., sowie die Chlorite, näher zu untersuchen.

K-Hellglimmer i.w.S. ("Illite", Muscovite, Phengite) treten in nahezu allen Proben auf. Die mineralogischen Daten (Tabelle II) ermöglichen Vergleiche zwischen den Gesteinen der verschiedenen tektonischen Einheiten.

Tabelle II.

K-Hellglimmer	Nördliche Kalkalpen 62 Proben	Grauwackenzone 61 Proben	Unterostalpin 7 Proben
Polytyp	2 M <sub>1</sub>	2 M <sub>1</sub>	2 M <sub>1</sub>
Strukturtyp	dioktaedrisch	dioktaedrisch	dioktaedrisch
Grad der Kristallinität <sup>+</sup> (B. KUBLER, 1967)	> 7.5 3.4-7.0	2.7-4.2	3.1-3.7
d (060)	1,49 <sub>7</sub> -1,51 <sub>1</sub> Å	1,48 <sub>1</sub> -1,51 <sub>3</sub> Å	1,50 <sub>0</sub> -1,50 <sub>7</sub> Å
b <sub>0</sub>	8,982-9,066Å	8,887-9,078Å	9,000-9,047Å

<sup>+</sup>) Keine Berücksichtigung findet in Tabelle II die an Proben mit hohem Na/K-Verhältnis (Paragonit/Muscovit, Paragonit) oder Al-reichen Proben (Pyrophyllit) gemessene Illitkristallinität. Die unmittelbare Nachbarschaft dieser Phyllosilikate (9.6, 9.16 Å) verfälscht nämlich die Halbwertsbreite des 10Å-Reflexes zu höheren Werten (= geringerer Metamorphosegrad!) hin.

Als weitere wichtige Phyllosilikate beteiligen sich die Minerale der Chlorit-Gruppe an der Zusammensetzung vieler Proben. Nach Vorliegen der röntgenographischen Parameter wurde die von R. WETZEL (1973) vorgeschlagene Berechnungsmethode angewandt, um die chemischen Zusammensetzungen zu ermitteln. Obgleich entsprechende Daten erst von 53 Proben vorliegen, deutet sich an, daß die Chlorite in den Gesteinen des Unterostalpins generell eisenreicher als diejenigen der Grauwackenzone oder der Nördlichen Kalkalpen sind. Weiters fallen beim Vergleich der beiden letztgenannten die höheren Al-Gehalte der Chlorite der Grauwackenzone auf. In Tabelle III sind die mineralogischen Daten von Chloriten aus den schiefrigen Gesteinen der drei tektonischen Einheiten zusammengestellt.

Tabelle III.

Chlorite	Nördliche Kalkalpen	Grauwackenzone	Unterostalpin
d (001)	14,14 <sub>3</sub> -14,17 <sub>3</sub> Å	14,11 <sub>3</sub> -14,16 <sub>8</sub> Å	14,13 <sub>5</sub> -14,16 <sub>8</sub> Å
b <sub>0</sub>	9,180-9,390 Å	9,186-9,342 Å	9,330-9,378 Å
Strukturtyp	trioktaedrisch <sup>+</sup>	trioktaedrisch <sup>+</sup>	trioktaedrisch <sup>+</sup>

<sup>+</sup>) Die rechnerisch ermittelten Al<sup>VI</sup>-Gehalte (um 2.2-2.7) lassen darauf schließen (W.F. BRADLEY, 1959).

Zur Stützung bzw. gar Interpretation dieser Befunde sind erst umfangreiche weitere, z.T. auch mit Hilfe der Elektronenmikroskopie durchzuführende Untersuchungen vonnöten.

#### 4. Bemerkungen zur Metamorphose

##### 4.1. Salzburger Bereich

Wie sich ja im Rahmen der laufenden Untersuchungen gezeigt hat, erreicht der Grad der Metamorphose - nach den typischen Mineralneubildungen sowie nach den Werten der Illitkristallinität (Index nach B. KUBLER, 1967) zu schließen - am Nordrand der Salzburger Grauwackenzone (Linie Saalfelden-Bischofshofen-Radstadt) die Obergrenze der Epizone ("low grade" nach H.G.F. WINKLER, 1976). Von der alpidischen Metamorphose gleichermaßen erfaßt wurden zudem kalkalpine Gesteine, welche am Südrand der Nördlichen Kalkalpen epizonal und noch etwa 15 bis 20 km weiter im Norden anchizonal metamorph ("very low grade" nach H.G.F. Winkler, 1976) vorliegen (Linie Golling-Abtenau) (vgl. hierzu E.Ch. KIRCHNER, 1977).

Abb. 2 zeigt deutlich, daß, wenn man die Schichtgitterminerale überblickt - "typische" Mineralneubildungen nicht zufällig, sondern regional geordnet, nämlich nach Regelmäßigkeiten, wie sie die wesentlichen Faktoren der Regionalmetamorphose erlauben, verbreitet sind. Als Ergänzung zur Abb. 2 bzw. als Grundlage für die folgenden Ausführungen, wird die bereits publizierte Karte der Illitkristallinität (J.-M. SCHRAMM, 1976, S. 24) hier - etwas verbessert - in Erinnerung gerufen (Abb. 3). Abgesehen von der deutlichen Zunahme der Illitkristallinität von Norden nach Süden fällt - besonders in den Profilen der Nördlichen Kalkalpen - eine relativ große Streuung auf (vgl. mit Abb. 4). Die Ursachen hierfür dürften nicht alleine auf die lithologische Variationsbreite, die unterschiedliche Verwitterung der untersuchten Gesteine und dgl. zurückzuführen sein, sondern zweifellos auch auf wechselnde Mächtigkeiten in der kalkalpinen Überdeckung während der Metamorphose.

Da die Quertäler (z.B. Salzach- und Lammertal) tektonisch und stratigraphisch tiefe Anteile der Nördlichen Kalkalpen erschließen, erklärt dies auch die im "Salzburger Querschnitt" relativ weit nach Norden vorspringenden niedrigen Werte der Illitkristallinität (unter bzw. um 4.0: also noch der Epizone entsprechend). Und daraus wiederum läßt sich ableiten, daß die Obergrenze des epizonal metamorphen Bereiches sehr flach nach Norden einfällt.

Wie ein Vergleich der  $b_0$ -Werte von K-Hellglimmern ("Illiten") aus Gesteinen der rund 30 km voneinander entfernt liegenden Bereiche Saalfelden-Dienten-Mühlbach am Hochkönig bzw. Werfen-Hüttal/Fritztal-St. Martin zeigt, kann der gegenüber der geologischen Grenze Grauwackenzone/Nördliche Kalkalpen etwas schräge Verlauf der noch epizonalen Werte der Illitkristallinität kaum mineralchemisch bedingt sein. Die in den Abb. 5 und 6 dargestellten Punktwolken ( $b_0$  gegen Illitkristallinität aufgetragen)



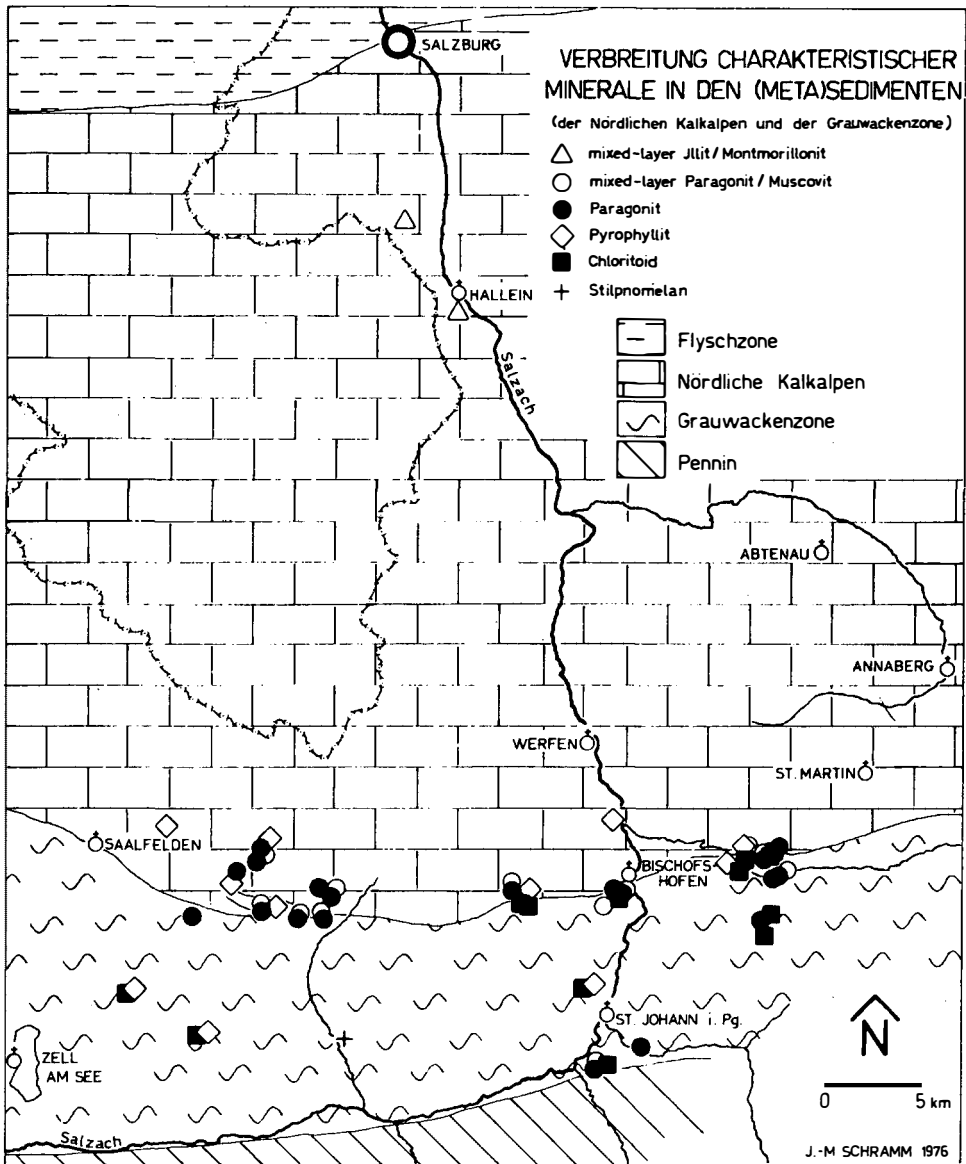


Abb. 2: Verbreitung charakteristischer Minerale in den Meta(se-dimenten) (der Nördlichen Kalkalpen und der Grauwackenzone)

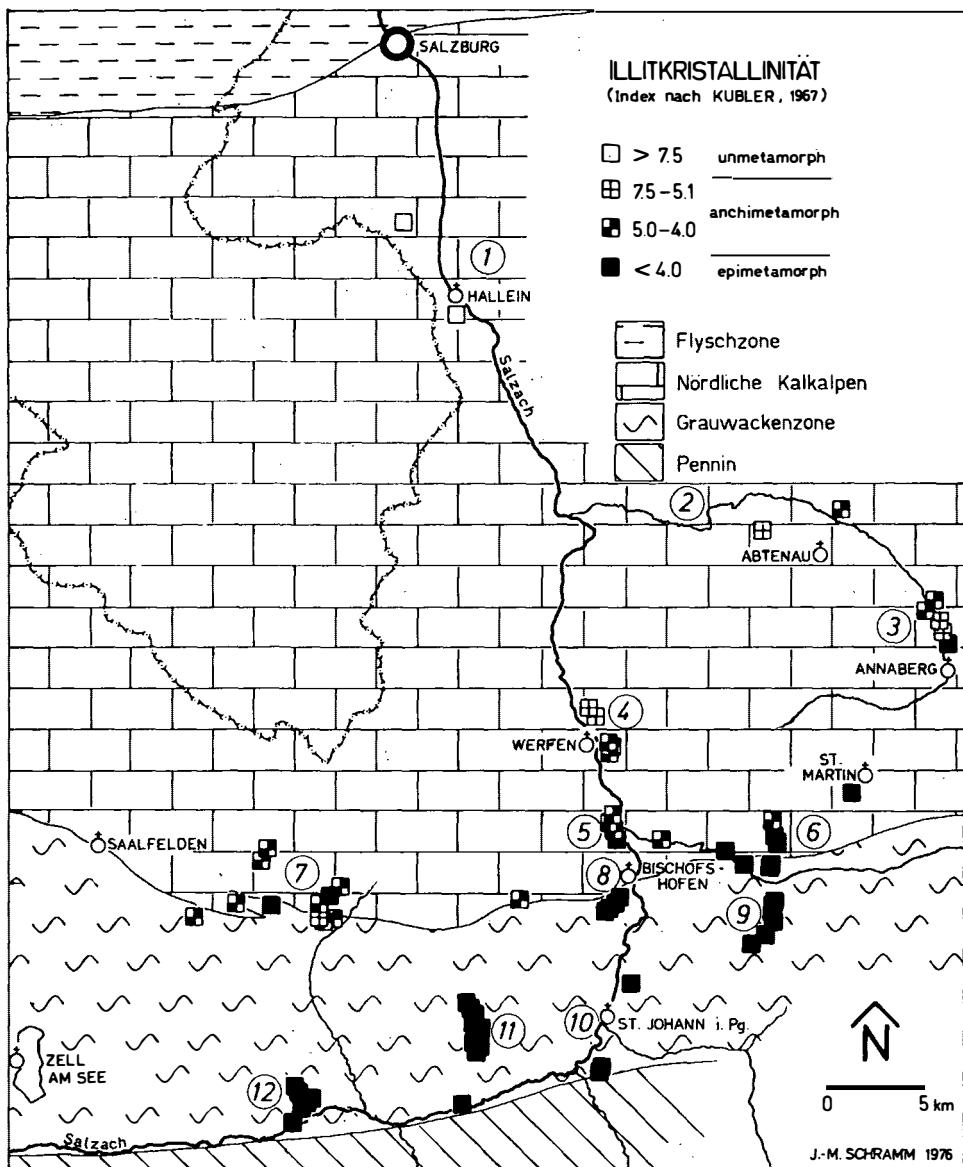
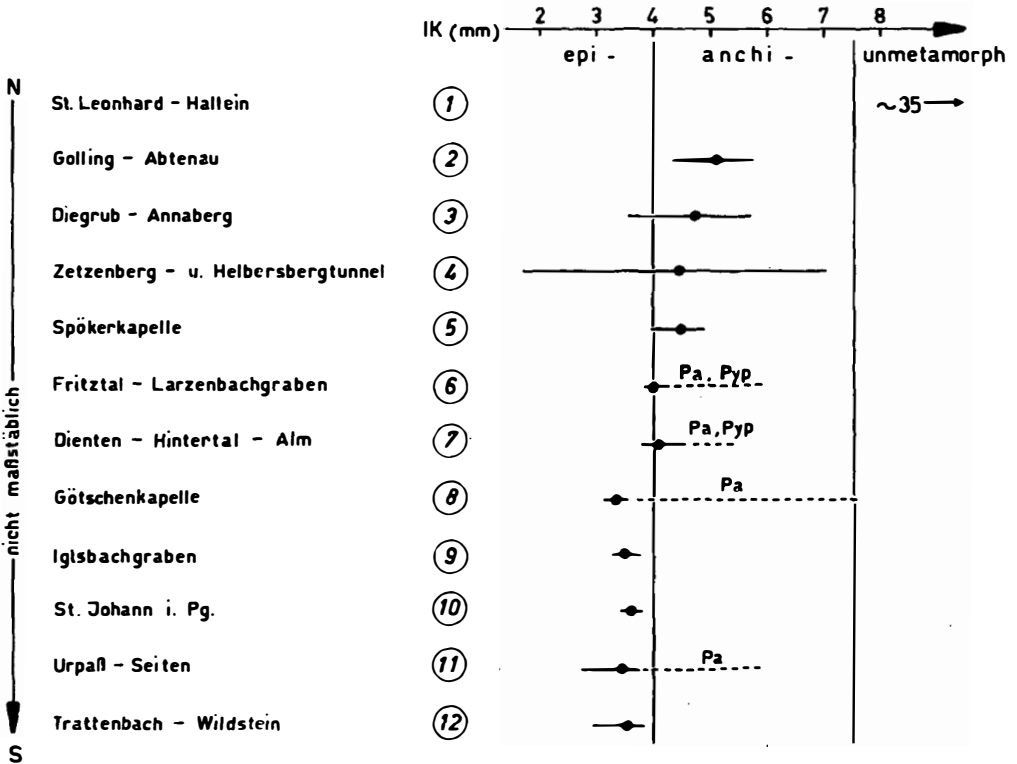


Abb. 3: Illitkristallinität (Index nach KUBLER, 1967) im Querschnitt südlich Salzburg

Zunahme der Illitkristallinität von N nach S (140 Gesteinsproben)



J.- M. SCHRAMM, 1976

Abb. 4: Zunahme der Illitkristallinität von Norden nach Süden (Salzburger Querschnitt).

Pa = Paragonit, mixed-layer Paragonit/Muscovit  
Pyp = Pyrophyllit. Weitere Erläuterungen im Text.

belegen eindeutig, daß diese K-Hellglimmer chemisch annähernd gleich zusammengesetzt sind.

Im Falle relativ hoher  $b_0$ -Werte (über  $9,05 \text{ \AA}$ ) darf mit einer Phengitkomponente gerechnet werden (vgl. hierzu F.P. SASSI, 1972; F.P. SASSI & A. SCOLARI, 1974; C.V. GUIDOTTI & F.P. SASSI, 1976). Allerdings liegen bisher - bedingt durch die Feinkörnigkeit der Proben und die damit verbundenen Schwierigkeiten bei der Mineraltrennung - keine mineralchemischen Analysen vor, die mit den aus röntgenographischen Daten abgeleiteten chemischen Zusammensetzungen verglichen werden könnten.

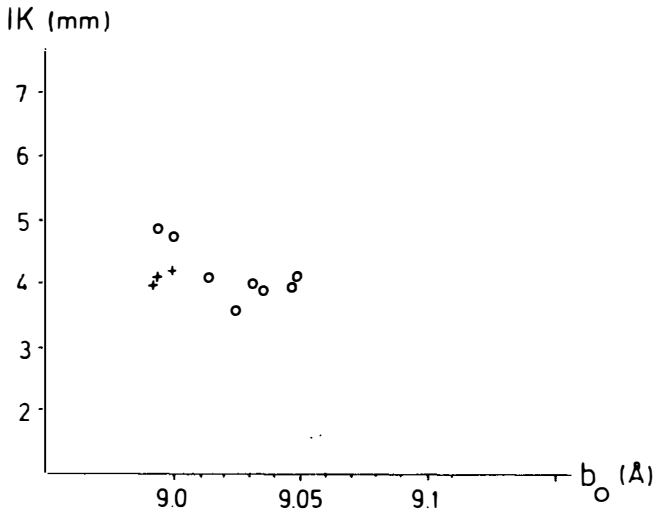


Abb. 5:  $b_0$ -Werte (Auswahl) von K-Hellglimmern ("Illiten") aus Sedimenten der Grauwackenzone (= +) und der Nördlichen Kalkalpen (= o) im Bereich Saalfelden-Dienten-Mühlbach am Hochkönig. Die Illitkristallinität zeigt den erreichten Metamorphosegrad. Weitere Erläuterungen im Text

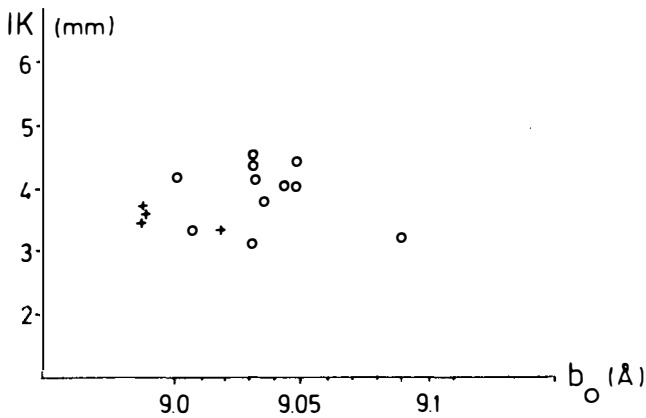


Abb. 6: Eine repräsentative Auswahl der  $b_0$ -Werte von K-Hellglimmern aus dem Grenzbereich Grauwackenzone/Nördliche Kalkalpen um Werfen-Hütttau/Fritztal-St. Martin zeigt keine größeren Abweichungen von denen westlich des Salzachquertales (vgl. mit Abb. 5)

#### 4.2. Alpenostrand (Bereich Semmering-Rax)

Die südlich von Salzburg in ihrem Ausmaß doch etwas überraschende Reichweite der schwachen Metamorphose gegen Norden hin ließ nun Vergleichsuntersuchungen weiterer Querschnitte durch die Ostalpen - unter Anwendung derselben Methoden und Metamorphosemaßstäbe - zweckmäßig erscheinen. Dabei empfahl sich als "klassisches" Arbeitsgebiet am Alpenostrand aufgrund der bunten lithologischen Verhältnisse auf kleinstem Raum bzw. der zahlreich vorhandenen Fachliteratur (und Karten) vor allem der Bereich Semmering-Rax. Die beprobten und untersuchten Einheiten und Gesteine sind im Kapitel 3 genannt.

Auch hier am Alpenostrand waren an nahezu allen Proben Messungen der Illitkristallinität möglich, da die K-Hellglimmer eine der Hauptkomponenten sämtlicher schieferiger Gesteine des Arbeitsgebietes stellen (vgl. hierzu Tabelle I). Im unter- und mittelostalpinen Semmeringbereich erkannte bereits H.P. CORNELIUS (1952a, b), daß die Gesteine dieser Zonen von epizonaler Metamorphose erfaßt worden sind. Jüngere Ergebnisse von H. BARNICK (1967) und W. LINKE (1970) bestätigten dann auch die Grünschieferfazies. Die nun gemessenen Werte der Illitkristallinität zwischen 3.0 und 3.7 waren daher durchwegs zu erwarten.

Gegen Norden hin (also gegen die oberostalpine Grauwackenzone) nimmt - nach den höheren Werten der Illitkristallinität zu schließen - die Intensität der Metamorphose leicht ab, was sich übrigens auch durch die Mineralsprossungen andeutet. H. BARNICK (1967, S. 131) hat knapp WNW-lich von Kapellen, also rund 1,5 km südlich der Grauwackenzone, die nördlichsten Biotitsprossungen beschrieben. Weiter im Norden, an der Grenze zur Grauwackenzone, waren nun als charakteristische metamorphe Neubildungen mixed-layer Paragonit/Muscovit und Paragonit nachzuweisen. Obgleich dadurch die Illitkristallinität zu höheren Werten (gegen 4.0!) hin verfälscht wird, bleiben die unter- und mittelostalpine Zone im Bereich der Grünschieferfazies.

Die aus Gesteinen vom Südrand der Grauwackenzone gewonnenen Daten lassen (ähnlich wie im Salzburger Bereich) einen etwas höheren Metamorphosegrad als in den jeweils im Süden anschließenden Zonen erkennen. Ob die Ursachen dafür beispielsweise in unterschiedlichen Chemismen begründet sind, oder ob eine tatsächliche Rekurrenz der Mineralzonen vorliegt, werden erst weitere umfangreichere Studien klären können.

In der nördlich anschließenden Grauwackenzone wurden nun neben den bisher bekannten postkinematischen Chloritoidsprossungen (H.P. CORNELIUS, 1952b, S. 66) als gesteinsbildende Mineralphasen auch mixed-layer Paragonit/Muscovit und Paragonit nachgewiesen, und zwar durchgehend vom Süd- bis zum Nordrand. Diese beiden Na-Hellglimmer treten in den Serizitphylliten der Silbersbergserie u.a. auch in unmittelbarer Nachbarschaft zum bekannten Riebeckitgneis (westlich von Gloggnitz) auf. Die Genese dieses auffälligen Gesteines - oftmals untersucht - stellt heute wohl ein leichter lösbares Problem dar. Während bisher die zu hoch angenommenen PT-Bedingungen nicht in Beziehung zu den Bildungsbedingungen der umliegenden epizonal metamorphen Phyllite zu

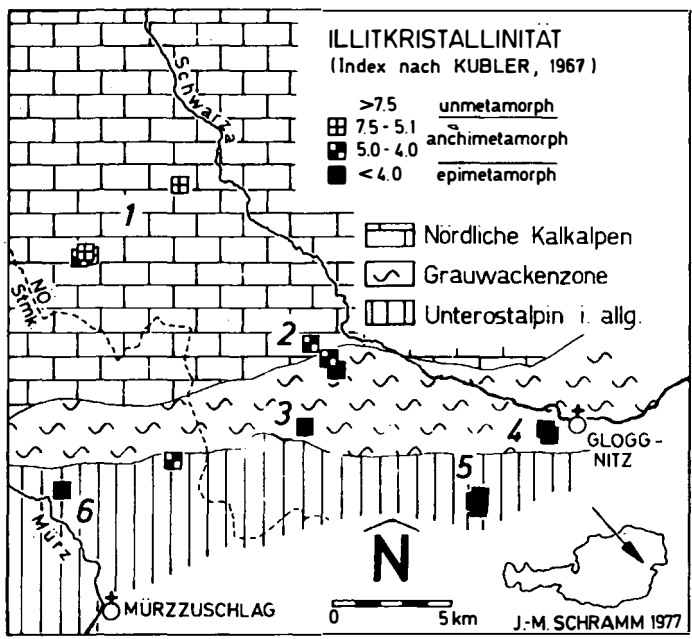


Abb. 7: Illitkristallinität (Index nach KUBLER, 1967) (Bereich Semmering-Rax)

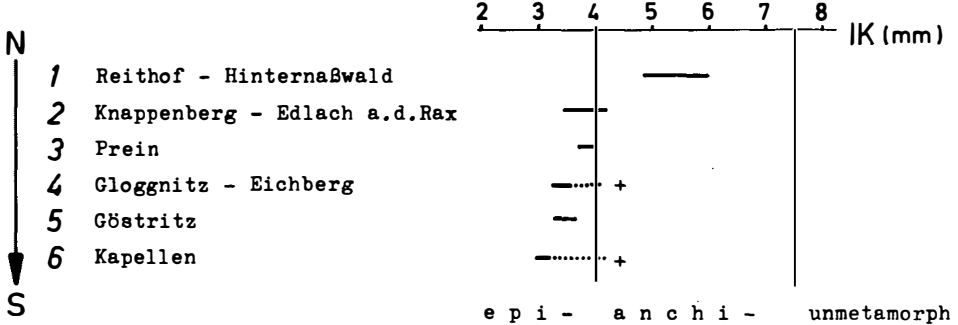


Abb. 8: Zunahme der Illitkristallinität von Norden nach Süden (30 Werte: Auswahl). Die topographische Situation ist nicht maßstabsgetreu dargestellt. + = zusätzlich Paragonit und/oder mixed-layer Paragonit/Muscovit vorhanden (Verfälschung der Werte). Weitere Erläuterungen im Text (vgl. mit Abb. 7)

bringen waren, beschrieben M. FREY et al. inzwischen (1973) aus ähnlich niedrigmetamorphen Sedimentgesteinen der Glarner Alpen (Ostschweiz) neben Chlorit und Stilpnomelan auch neugebildeten Riebeckit.

Wie die Abb. 7 und 8 zeigen, setzt die Illitkristallinität am Südrand der Grauwackenzone mit Werten um 3.3 (Gloggnitz) ein, und erreicht an deren Nordrand (Edlach-Prein) mit Werten zwischen 3.5 und 4.0 die Obergrenze der Epizone.

Die im Norden unmittelbar anschließenden permoskythischen Gesteine der Nördlichen Kalkalpen (Rax) zeigen durchwegs mit dem Nordrand der Grauwackenzone vergleichbare Werte (um 4.0), womit belegt wird, daß am Alpenostrand in ähnlicher Weise wie im Salzburger Bereich der Südrand der Nördlichen Kalkalpen von einer schwachen Metamorphose (Grünschieferfazies) erfaßt worden ist. Und auch rund 10 km weiter nördlich (Bereich Hinternaßwald nördlich der Rax) fallen die an Gesteinen der Werfener Schichten gemessenen Werte der Illitkristallinität zwischen 4.9 und 6.0 immerhin noch deutlich in das Feld der Anchizone.

## 5. Abschließende Bemerkungen

Im Unterschied zu den Westalpen, wo an stofflich und stratigraphisch äquivalenten Niveaus (z.B. Gesteine des Keupers) eine progressive Metamorphose vom un"metamorphen" Bereich bis zur Staurolithzone festzustellen ist (vgl. hierzu diverse Arbeiten von M. FREY), können entsprechende Studien in den Ostalpen zwar an chemisch miteinander verwandten, jedoch stratigraphisch verschiedenen Gesteinspartien durchgeführt werden. Dies liegt z.B. schon an der Tatsache, daß sich die paläozoischen Gesteine der Grauwackenzone als "lästiger" polymetamorpher Sporn zwischen die (faziell verschiedenen) mesozoischen Gesteine des Penninikums, Unter- und Mittelostalpins bzw. der Nördlichen Kalkalpen schiebt. Aber auch innerhalb der Nördlichen Kalkalpen müssen abwechselnd geeignete höhere oder auch tiefere Schichtglieder über mehrere Kilometer als "Ersatz" herangezogen werden, da kein einziges der klastischen Niveaus, wie z.B. Werfener Schichten, durchgehend vom Süd- bis zum Nordrand der Nördlichen Kalkalpen aufgeschlossen ist. Versucht man nun im Falle der altpaläozoischen Wildschönauer Schiefer-Serie auf deren Ausgangsmaterial zu schließen, dann dürften diesem - wenn man von den syngenetischen Vulkaniteinschaltungen absieht - in den Nördlichen Kalkalpen wohl am ehesten tonige (und sandige) Partien der Lunzer Schichten bzw. Reingrabener Schiefer (Karn) entsprechen. Als höher metamorph vorliegende Äquivalente dürften im Unter- und Mittelostalpin vorwiegend dunkle Phyllite (und Quarzite) des Alpenen Verrucano (bzw. Tattermannschiefer) sowie der Kapellener Schiefer für Metamorphosevergleiche herangezogen werden, und im Penninikum die altpaläozoischen Habachphyllite und schließlich Phyllite der jurassischen Bündnerschiefer-Serie.

Um schließlich auch einen Beitrag zur relativen Altersfrage des alpinen Metamorphosegeschehens zu leisten, ist die entsprechende Erfassung stratigraphisch höherer Niveaus im Kalkalpenbau,

z.B. mergeliger Schrambachschichten; sandiger, mergeliger und toniger Roßfeldschichten (Unterkreide) sowie der Gosauablagerungen notwendig.

Die erforderlichen Beprobungen wurden z.T. bereits durchgeführt, die Untersuchungen werden vom Verfasser fortgesetzt.

### Dank

Herr Prof. Dr. Günther FRASL hat nicht nur den Anstoß zu diesen Untersuchungen gegeben, sondern durch sein stetes Interesse und zahlreiche Anregungen die Arbeit auch wesentlich gefördert. Dafür, wie auch für die kritische Durchsicht des Manuskriptes danke ich ihm herzlich.

Ebenfalls sehr zu Dank verpflichtet bin ich Herrn Prof. Dr. Martin FREY (inzwischen Basel), welcher mir die Grundlagen der "schwachen" Metamorphose in Theorie und Praxis vermittelt und darüber hinaus mir zwei Standardproben (Illitkristallinität) überlassen hat, sowie Herrn Prof. Dr. Ernst NIGGLI für die freundliche Aufnahme an seinem Institut.

Last not least danke ich dem Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung für die Gewährung eines Studienurlaubes in Bern sowie dem Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich für die finanzielle Unterstützung.



## Literatur

- BARNICK, H. (1967): Die Kapellener Schiefer im unterostalpinen Semmeringmesozoikum. - Mitt.Geol.Ges.Wien, 59, Jg. 1966, 121-138, Wien.
- BRADLEY, W.F. (1959): Current progress in silicate structures. - Proc.6th Natl. Conf. Clays and Clay Minerals, S. 18, Oxford (Pergamon Press).
- CORNELIUS, H.P. (1952a): Die Geologie des Mürztalgebietes. - Jb.GBA, Sonderbd. 4, 1-94, Wien.
- CORNELIUS, H.P. (1952b): Gesteine und Tektonik im Ostabschnitt der nordalpinen Grauwackenzone, vom Alpenostrand bis zum Aflenzner Becken. - Mitt.Geol.Ges.Wien, 42-43, Jg. 1949-1950, 1-234, Wien.
- FRASL, G.; HÖCK, V.; KIRCHNER, E.; SCHRAMM, J.-M. & W. VETTERS (1975): Metamorphose von der Basis der Nördlichen Kalkalpen bis in die tiefsten Einheiten der Ostalpen im Profil Salzburg - mittlere Hohe Tauern. - in: "Geologischer Tiefbau der Ostalpen" (Hochschulschwerpunkt N 25), 2. Bericht 1974, 6-8, Graz etc.
- FREY, M.; HUNZIKER, J.C.; ROGGWILLER, P. & C. SCHINDLER (1973): Progressive niedriggradige Metamorphose glaukonitführender Horizonte in den helvetischen Alpen der Ostschweiz. - Contr. Mineral. and Petrol., 39, 185-218, Heidelberg.
- FREY, M.; HUNZIKER, J.C.; FRANK, W.; BOCQUET, J.; DAL PIAZ, G. V.; JÄGER, E. & E. NIGGLI (1974): Alpine Metamorphism of the Alps. A Review. - SMPM, 54, 247-290, Zürich.
- GUIDOTTI, C.V. & F.P. SASSI (1976): Muscovite as a Petrogenetic Indicator Mineral in Pelitic Schists. - N.Jb.Mineral.Abh., 127, 97-142, Stuttgart.
- KIRCHNER, E.Ch. (1977): Vorläufige Mitteilung über eine Pumpellyit-führende Kissenlava von Wienern am Grundlsee, Stmk. - Geo..Paläont.Mitt.Innsbruck, 7, in Druck.
- KUBLER, B. (1967): La cristallinité de l'illite et les zones tout à fait supérieures du métamorphisme. - Etages tectoniques, Coll. Neuchâtel, 105-122, Neuchâtel.
- LINKE, W. (1970): Mineralogie und Petrologie ostalpinen Tonschiefer. - TMPM, 14, 7-25, Wien.
- SASSI, F.P. (1972): The Petrological and Geological Significance of the  $b_0$  Values of Potassic White Micas in Low-Grade Metamorphic Rocks. An Application to the Eastern Alps. - TMPM, 18, 105-113, Wien.
- SASSI, F.P. & A. SCOLARI (1974): The  $b_0$  Value of the Potassic White Micas as a Barometric Indicator in Low-Grad Metamorphism of Pelitic Schists. - Contr. Mineral. and Petrol., 45, 143-152, Heidelberg.
- SCHRAMM, J.-M. (1974): Vorbericht über Untersuchungen zur Metamorphose im Raume Bischofshofen-Dienten-Saalfelden (Grauwackenzone/Nördliche Kalkalpen, Salzburg). - Anz.math.-naturw.Kl.Öst.Akad.Wiss., Jg. 1974, Nr. 12, 199-207, Wien.
- SCHRAMM, J.-M. (1976): 1. Teilbericht über die Metamorphose in den Nördlichen Kalkalpen und in der nördlichen Grauwackenzone. - Zentralanst. Meteorol.Geodyn.Publ.Nr. 212, 19-25, Wien.

- SCHRAMM, J.-M. (1977a): Niedriggradige Metamorphose von Sedimenten der Grauwackenzone und der Nördlichen Kalkalpen. - Zentralanst.Meteorol.Geodyn.Publ.Nr. 221, 42b-42h (Nachtrag), Wien.
- SCHRAMM, J.-M. (1977b): Bericht 1976 über geologische Aufnahmen in der Grauwackenzone und im Permoskyth der Nördlichen Kalkalpen auf den Blättern 124, Sallfelden, und 125, Bischofshofen. - Verh.GBA, Jg. 1977, A109-A113, Wien.
- TOLLMANN, A. (1964): Das Permoskyth in den Ostalpen sowie Alter und Stellung des "Haselgebirges". - N.Jb.Geol.Paläont.Mh., Jg. 1964, 270-299, Stuttgart.
- WETZEL, R. (1973): Chemismus und physikalische Parameter einiger Chlorite aus der Grünschieferfazies. - Mit chemischen Analysen von W.B. STERN (Basel). - SMPM, 53, 273-298, Zürich.
- WINKLER, H.G.F. (1976): Temperaturen und Drucke bei der regionalen Metamorphose: Prinzipielle und praktische Hinweise. - Geol.Rundschau, 65, 874-885, Stuttgart.