

Gedanken zur lithofaziellen Gliederung der postvariszischen Transgressions-Serie der westlichen Gailtaler Alpen, Österreich

VON GERHARD NIEDERMAYR*)

Mit 4 Abbildungen und 2 Tabellen

ZUSAMMENFASSUNG

Die postvariszischen Ablagerungen der westlichen Gailtaler Alpen im Raum von Kötschach werden sedimentologisch charakterisiert. Beginnend mit der Auffüllung einer intramontanen Senke im Oberkarbon unter humiden Klimabedingungen und kurzem Transportweg der Sedimente ist im Laufe des Perm und Skyth eine zunehmende Einebnung und damit gleichlaufende Ausweitung des schuttliefernden Hinterlandes unter semi-aridem bis aridem Klima anzunehmen. Der Sedimenttransport erfolgt hauptsächlich fluvial. Die Schwermineralanalysen zeigen einen starken vulkanoklastischen Einschlag der liegenden Sedimentserie mit gegen das Anis zunehmender Verdünnung durch Fremdmaterial, wie Untersuchungen an Zirkonen zeigen. Eine gewisse Uniformität der Ablagerungen über dem permischen Quarzporphyrvulkanismus ist im gesamten Südtiroler und Kärntner Raum festzustellen (Permoskythsandstein).

Das Permoskyth des Drautals (E Oberdrauburg) wird mit Sedimenten des Mittelkärntner Raumes verglichen. Hingegen wird auf Grund einer ganzen Reihe sedimentologischer Kriterien auf einen ursprünglich primären Verband des Permokarbons von Kötschach mit den Sedimenten am Westrand der Bozener Hochzone geschlossen. Daraus würde sich eine Seitenverschiebung entlang der periadriatischen Naht in der Größenordnung von etwa 120 km ergeben.

SUMMARY

The postvariscic sediments of the western Gailtal Alps in the area of Kötschach, Carinthia, Austria, have been investigated applying sedimentological methods. The sequence of sedimentation starts with a filling of an intramontane basin during the Upper Carboniferous and is characterized by a humid climate and short distances of sediment transport. During the Permian and Scythian apparently a successive levelling of the terrain and expansion of the distributive province can be recognized. An arid to semiarid climate at this time is obvious. Noticeable is a strong uniformity

* Anschrift des Verfassers: Dr. Gerhard Niedermayr, Naturhistorisches Museum, Mineralogisch-Petrographische Abteilung, Burgring 7, A-1014 Wien, Austria.

of the sediments on top of the quartzporphyry volcanites (Permoskyth-sandstein), a feature which is also typical for occurrences in Southern Tyrol. The transport of sediments is thought to be mainly fluviatile. The heavy minerals indicates a volcanic action during the formation of the basic series. Up to the Anisian the nonvolcanic debris is increasing. This view is also supported by comparative studies of zircon habits. The permoskythian serie of the Drautal (E Oberdrauburg) is related to sediments of the area of Mittelkärnten. Sedimentological similarities suggest a close connection between the Permocarbon of Kötschach and the sediments of the Bozen uplift. The present geographic location could be the result of a linear dislocation of about 120 km along the periadriatic fault.

Für den zentralen Drauzug gibt MOSTLER (1972) eine „Prostratigraphie“ der zwischen dem Gailtalkristallin und den Gesteinen des Anis liegenden Schichtfolge, nachdem frühere Bearbeiter in diesem Gebiet lediglich Grödenner und Werfener Schichten unterschieden haben.

An die Basis dieser Schichtfolge stellt er eine im wesentlichen dem Unterrotliegend zugeordnete Serie aus roten Schiefertonen und aus grobklastischen, durch Holzreste und Sporen als höheres Oberkarbon bzw. Unterperm einstuftbare Bildungen, die in den hangenden Anteilen saure Laven und Tuffe eingeschaltet haben. Darüber folgt ein Konglomerat- und Sandsteinkomplex (Permoskyth-Sandstein), der dem Schichtumfang nach Oberrotliegend bis tieferes Skyth (Seis) umfassen soll. Die Grobschüttungen an seiner Basis werden als Auswirkungen der saalischen Phase gedeutet. Rote Sandsteine mit Schrägschüttungskörpern liegen am Top dieser Serie und sind auf Grund ihrer Fossilführung als Vertretung des höheren Seis bis tieferen Campil ausgewiesen. Das Hangende der Schichtfolge besteht aus sandigen Mergeln mit Rauhwackenlagen und vereinzelt Gipseinschaltungen. Darüber folgen die hellen, laminierten Dolomite und „Wurstelkalke“ des Anis.

Die Angaben MOSTLERS basieren somit auf lithostratigraphischen Merkmalen, umfassen großräumig kartierbare Einheiten und sind zumindest teilweise auch durch Fossilfunde biostratigraphisch gesichert. Einen weiteren stratigraphischen Fixpunkt liefern E. SCHERIAU-NIEDERMAYR und G. NIEDERMAYR (1973), wobei hier im Bereich des mittleren Drauzuges erstmals auch sicheres Oberkarbon nachgewiesen werden konnte. Bisher insgesamt vier Fundstellen (Kö 1 bis Kö 4) mit interessanterweise offenbar standortbedingter unterschiedlicher Pflanzenführung ergaben nach freundlicher brieflicher Mitteilung von Herrn Dr. H. W. J. VAN AMEROM vorläufig Westfal D bis hohes Stefan. Die Auswertung des umfangreichen Materials ist aber derzeit noch im Gange. Die genannten Autoren nehmen den Quarzporphyrvulkanismus als relevante Zeitmarke und stellen der unterlagernden „Liegenden Serie“ die zu einem Großteil aus den Aufarbeitungsprodukten dieses Vulkanismus aufgebaute „Hangende Serie“ gegenüber, die dann in die Werfener Schichten überleitet (Abb. 1). Die Bezeichnungen Liegend- und Hangendserie wurden aus stratigraphisch-nomenklatorischen Erwägungen absichtlich gewählt und sind daher auch nur als Arbeitsbegriffe zu verstehen. Einem Vorschlag von CLAR (1972) folgend,

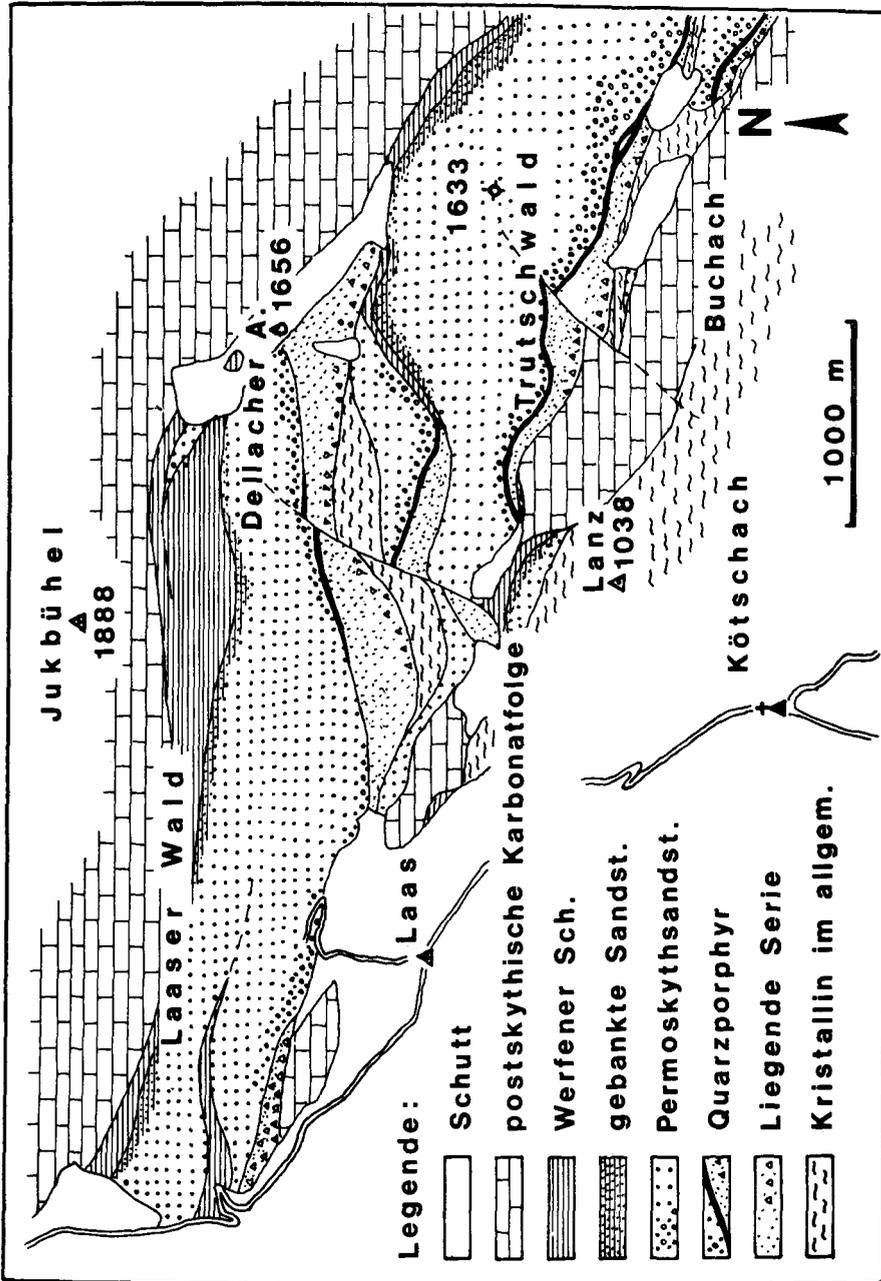


Abb. 1: Geologische Skizze des Gebietes zwischen Gailberg und Mayengraben, N Kötschach, in den westlichen Gailtaler Alpen, Kärnten (Kartierung E. SCHERIAU-NIEDER-MAYR).

fällt die „Liegende Serie“ unter den Sammelbegriff „kontinentaldetritisches Perm“; die „Hangende Serie“ ist hingegen dem Permoskythsandstein (RIEHL-HERWIRSCH, 1965) gleichzusetzen.

Das die permokarbonen bis skythischen Bildungen des Drauzuges betreffende sedimentpetrologische Datenmaterial ist zur Zeit noch dürftig und Vergleichswerte fehlen daher weitgehend. Bezüglich der Seriengliederung kann auf die schon vorhin zitierten Arbeiten verwiesen werden. Auf Grund der bisherigen Arbeiten im Raume Kötschach haben sich aber nun eine Reihe neuer Daten ergeben, die mir für paläogeographische Überlegungen wesentlich erscheinen und daher nachstehend mitgeteilt werden sollen.

Das Schwergewicht der bisherigen Untersuchungen lag bei der Bearbeitung der Liegenden Serie, da diese in ihrer Vielfalt für die Gailtaler Alpen ein neues Element darstellt und auf Grund der regen Bautätigkeit von Forstwegen im Gebiet von Kötschach derzeit auch ausgezeichnet aufgeschlossen ist. Zweifellos kommt dem Quarzporphyrvulkanismus im mitteleuropäischen Raum eine entscheidende lithostratigraphische Stellung zu (RIEHL-HERWIRSCH, 1965; FALKE, 1972; BALOGH und BARABAS, 1972; KATZUNG, 1972; u. a.). Sicher wurde in seinem Gefolge auch kurzzeitig die Reliefenergie als Ausdruck der weitgespannten Krustenbewegungen erhöht, was verschiedentlich Diskordanzen oder zumindest Grobschüttungen an der Basis des Permoskythsandsteins zur Folge hatte — Beobachtungen, die auch im Drauzug zu machen sind.

Die Variationsbreite der Sedimente ist in der Liegendserie weit größer als im Permoskythsandstein, der aus eher monoton aufgebauten Konglomeraten, Quarz- und Feldspatwacken sowie lithischen Areniten, Quarzareniten und Siltsteinen nach der Definition von WIESENER (1972) besteht. Vom rein nomenklatorischen Standpunkt aus haben wir auch in der Liegendserie die gleiche Gesteinsgesellschaft vertreten; hier bietet sich aber ein wesentlich bunteres Spektrum, nicht nur in bezug auf die Färbung. Offenbar auf Grund höherer Reliefenergie überwiegen hier bei den grobkörnigen Sedimenten die Brekzien. Der Feldspatgehalt ist in den Rot-sedimenten größtenteils gering. Dies scheint aber nicht durch das primäre Fehlen bzw. Zurücktreten der Feldspäte im präsumtiven Liefergebiet verursacht zu sein, sondern muß als Ausdruck klimatisch bedingter starker chemischer Verwitterung im humiden Klimabereich verstanden werden. Vulkanoklastisches Material ist am Aufbau der Sedimente der Liegendserie mindestens genauso beteiligt wie im Permoskythsandstein, wird aber durch Verwitterungseinflüsse mehr oder weniger stark reduziert. Porphy quarze, idiomorphe, meist stark veränderte Biotite und Zirkon in für saure bis intermediäre Vulkanite typischer Ausbildung können aber immer wieder beobachtet werden. Die lutitische Matrix der Rudite und Arenite zeigt mehr oder minder deutliche Rekristallisationserscheinungen und verweist diese Gesteine somit in das Feld der Grauwacken bzw. Subgrauwacken. Hauptbestandteile der Matrix sind Muskovit-Illit, Kaolinit und seltener Chlorit,

dazu kommt noch Hämatit als entscheidende färbende Substanz. Gleich dem Permoskythsandstein ist eine bestimmte zyklische Sedimentation auch in der Liegendserie häufiger festzustellen. Die Zyklen sind hier aber meist geringmächtiger. Auf einen im allgemeinen schlecht sortierten, matrixreichen Rudit folgt mit fließendem Übergang ein meist sehr zäher Arenit teils mit Schrägschichtung. Abgeschlossen wird der Kleinzyklus durch einen von Stopfgängen vollkommen durchsetzten Silt- bis Tonstein, der mit scharfer Grenze dem Sandstein auflagert. Die Wühlspuren reichen nicht in das unterlagernde gröbere Material hinein. Sie sind für die Liegende Serie ein sehr charakteristisches Element und finden sich in der gleichen Form im Permoskythsandstein nicht. Herr Prof. Dr. A. SEILACHER determinierte die Grabsuren als *Planolites montanus* RICHTER. Nach RICHTER (1937) handelt es sich dabei um Stopftunnel eines Sedimentfressers aus dem nicht-marinen Milieu. Dolomitsparit konnte in den Stopfgängen des öfteren beobachtet werden.

Neben den überwiegend dunkelrotbraun bis rötlichviolett gefärbten Sedimenten treten aber in der Liegenden Serie auch graue und grau- bis olivgrüne Gesteine auf. An der Basis ist es vor allem ein grauer, extrem schlecht sortierter Regolith, bestehend aus Komponenten des unterlagernden Kristallinsockels, in der Hauptsache Gangquarze, Quarzite, Glimmerschiefer und Phyllite, seltener Gneise und Kieselschiefer, mit stark variierendem Matrixanteil. Der Regolith ist im allgemeinen nur wenige Meter mächtig, kann bereichsweise fehlen und weist bisweilen linsen- und taschenförmige Einlagerungen von lithischen Grobsanden auf. Über dieser Basisbildung folgen dann die schon vorhin erwähnten Rotsedimente. Wie die bisherigen Aufnahmen ergeben haben, sind in diese verschiedentlich ebenfalls graue bis grünliche, meist feinkörnige Sedimente eingeschaltet, die auf Grund der in ihnen aufgefundenen Flora oberkarbones Alter besitzen. Über dieser Schicht sind aber im Raum von Dobra-Lanz N Kötschach noch mindestens zwei weitere Grauhorizonte festzustellen. Die Matrix dieser Gesteine unterscheidet sich von den rotgefärbten Sedimenten durch einen höheren Anteil von Illit und Chlorit, der damit — neben dem öfter vorhandenen organischen Pigment — für die graue bzw. graugrüne Farbtönung verantwortlich ist. Tonminerale können im allgemeinen als Klimaindikatoren verwendet werden. Auf Grund der in Dünnschliffen beobachtbaren Rekristallisationserscheinungen, u. a. auch garbenförmig-fleckige Aggregatbildung von Illit, muß aber mit einer teils stärkeren diagenetischen Umbildung des ursprünglichen Tonmineralbestandes gerechnet werden. Dies wird bei der Auswertung der Tonmineralanalysen in bezug auf Klimahinweise berücksichtigt werden müssen. Vermerkt sei hier auch der gegenüber den Rotsedimenten deutlich höhere Feldspatgehalt, hauptsächlich Albit-Oligoklas, seltener Kalifeldspat. Da erst einige wenige Integrationsanalysen durchgeführt wurden, muß auf die Angabe des Modalbestandes derzeit noch verzichtet werden. Entsprechende Ergebnisse müssen der weiteren Untersuchung vorbehalten bleiben.

Daneben sind an Silt- und Tonsteine gebundene Karbonateinschaltungen in der Liegenden Serie nicht selten. Im Zusammenhang mit den pflanzenführenden Ton- und Siltsteinen ist vor allem Siderit zu erwähnen, der in konkretionären Knollen, als intergranulare Ausfüllung und seltener als detritische Komponente zu beobachten ist. Analoge Bildungen sind in karbonischen und permischen Kohlenrevieren häufig (FÜCHTBAUER und MÜLLER, 1970). Für unseren Bereich ist daher ebenfalls kurzzeitig mit der Anlage von schmalen Senkungszonen mit Torfmoorentwicklung zu rechnen. In den höheren Anteilen der Liegendserie schalten sich in die Siltsteine bereichsweise reichlich kalkige Bildungen ein. Prinzipiell sind dabei relativ große, syndiagenetisch im Sediment gebildete Kalkknollen und geringmächtige, meist linsenförmige, brekziöse Karbonat-Silt-Gesteine zu unterscheiden. In letzteren sind Mikrite bis mikritische Fossilkalke in eckigen, aber auch gerundeten, gelappten bis stark plastisch deformierten Formen in einer hämatitischen, an terrigenen Komponenten eher verarmten Lutitmatrix eingebettet. Die Kalke selbst, aber auch die Matrix, zeigen teilweise reichlich Schalenquerschnitte. Interessant scheint mir die Beobachtung von mit grobkristallinem Calcit erfüllten, radial angeordneten Gängchen in einem Großteil der mikritischen Gerölle, was auf Schrumpfungsrisse der bereits leicht verfestigten Karbonatklumpen hinweisen könnte. Ein schwarzer bis dunkelgrauer, an kohligter Substanz reicher mikritischer Fossilkalk konnte bisher nur in einigen Rollstücken gefunden werden. Das Anstehende dieses interessanten Sediments war jedoch nicht zu ermitteln.

Am Top der Liegenden Serie folgen dann Pyroklastite in Form von Tuffiten und mehr oder weniger stark verschweißten Quarzporphyrtuffen. Der eigentliche Vulkanithorizont ist überwiegend geringmächtig und erreicht nur in Ausnahmefällen mehrere Meter. Im Gebiet zwischen Reißkofel und Gailberg liegt der Quarzporphyr, wenn vorhanden — dies ist nicht überall der Fall — immer auf der Liegenden Serie; wo diese fehlt — und das trifft im wesentlichen auf den Bereich E des Mayengrabens zu — liegen Quarzporphyrgerölle führende Rudite und Arenite unterschiedlichster Körnung direkt dem kristallinen Untergrund auf. Das von ANGER (1965) bekanntgemachte Vorkommen silifizierter Hölzer beim Eelektrizitätswerk von Laas ist nach den sedimentpetrologischen Befunden ebenfalls in den Grenzbereich Liegendserie/Permoskythsandstein zu stellen, kann daher nicht an die Basis der postvariszischen Serie gerechnet werden.

Gute Rundung — vor allem der größeren Komponenten — blässere Farbtöne und größere Mächtigkeit der Einzelzyklen (Rudit-Arenit-Siltstein) kennzeichnen den Permoskythsandstein. Die Matrix besteht in der Hauptsache aus Serizit und Illit; Kaolinit und Chlorit sind untergeordnet vertreten. Bei den Feldspäten überwiegen bei weitem Alkalifeldspat, größtenteils Mikroklin. Färbende Substanz ist weiterhin Hämatit. Derzeit ist der Komplex des Permoskythsandsteins noch nicht weiter aufzugliedern. Im Hangenden wird er von einem Stapel dünngebankter Sandsteine begrenzt. An deren Basis liegt ein charakteristischer, extrem matrixarmer

Rudit, fast ausschließlich aus angularem milchigen Gangquarz bestehend. Er läßt zweifellos auf eine schwache Bewegungsphase schließen. Auf Grund sedimentpetrologischer Daten ist allerdings ab diesem Zeitpunkt auch eine Änderung des schuttliefernden Hinterlandes anzunehmen. Die Intensität der Rotfärbung nimmt gegen die Werfener Schichten kontinuierlich ab. Fast weiße, durch Limonitkörner leicht bräunlich verfärbte Quarzarenite bis Quarzite sowie lithische Arenite leiten zur Werfener Entwicklung über. Karbonat wird ein wesentlicher Bestandteil des detritären Materials, teils mikritisch, teils sparitisch. Es überwiegen graue, graugrüne und bräunliche Farbtöne. Daneben sind violette Silt- und Tonsteine mit leider nur schlecht erhaltenen Muschelabdrücken typisch; auch Rekurrenzen der roten Sandsteine sind zu beobachten. Verschiedenste sedimentäre Strukturen finden sich häufig. Die Werfener Entwicklung der Gailtaler Alpen ist jener der nördlichen Kalkalpen sehr ähnlich und kann daher als bekannt vorausgesetzt werden. Eine weitere Charakterisierung dieses Niveaus soll hier unterbleiben. Die bisherigen Arbeiten ergeben auf Grund der Variabilität der Gesteine noch kein klares Bild über Schichtkonstanz und Aufbau dieser Schichtgruppe. Detailprofile werden diese Fragen aber zweifellos klären können. Jedenfalls handelt es sich dabei um küstennahe Flachwassersedimente mit einer vor der eigentlichen Karbonatsedimentation der alpinen Geosynklinale einsetzenden Salinarphase im Hangenden, die örtlich mit Gipsen abschließt (Gailberg, Laas, Kötschach-Lanz, St. Daniel, Reißkofelbad).

Speziell für die Interpretation der Schwermineralanalysen war Vergleichsmaterial aus anderen Gebieten des Drauzuges unbedingt notwendig. Aus diesem Grunde wurden von verschiedenen Punkten Proben zur weiteren sedimentologischen Auswertung herangezogen. In erster Linie war hier das von MOSTLER (1972) angeführte Profil der Simmerlacher Klamm, E Oberdrauburg, im Drautal interessant, da es durch Sporenfunde zwei stratigraphische Fixpunkte aufweist. Wichtig erscheint mir die Feststellung von Äquivalenten der Liegenden Serie auch im Simmerlacher Profil.

Weitere Proben, denen auf Grund ihrer geringen Anzahl und meist geltenden Profilunbezogenheiten nur rein informativer Charakter zukommen kann, wurden aus den Lienzer Dolomiten (Tuffbad und Tristacher See) und den übrigen Gailtaler Alpen (Steiner Fraten, Pölland und Nötsch, Dobratsch S) untersucht. Darüber hinaus standen noch ein roter Sandstein aus dem Oboijnik Graben bei Eisenkappel, einige Proben aus den Dolomiten, aus dem Hochschwabgebiet (Jassinggraben), aus der Gegend von Fieberbrunn-Walchau und eine Probe vom Hallberg bei Abtenau zur Verfügung.

Granulometrie

Ein wesentliches Element jeder sedimentpetrologischen Untersuchung stellt die Korngrößenanalyse dar. Es lassen sich damit eine ganze Reihe mathematisch definierter Parameter erarbeiten, die oft für sich allein

oder in Kombination untereinander die Ablagerungsgeschichte eines Sediments, speziell den Sedimentationsmechanismus, erkennen lassen. Aus diesem Grunde wurden auch an einigen Proben Korngrößenanalysen durchgeführt.

Drei Proben konnten mittels kombinierter Siebanalyse und Pipetten-Methode granulometrisch erfaßt werden. Im überwiegenden Maß handelt es sich dabei aber um mehr oder weniger stark verfestigte Gesteine, und so mußte die Auswertung in Dünnschliffen vorgenommen werden. Anwendung fand das von MÜNZNER und SCHNEIDERHÖHN (1953) entwickelte „Sehnenschnittverfahren“. Die Umrechnung der entsprechenden Meßdaten und die Erstellung der für die weitere Auswertung notwendigen Parameter erfolgte nach einem von FAUPL et al. (1971) ausgearbeiteten Computerprogramm.

Bevor auf die Ergebnisse dieser Untersuchungen eingegangen wird, muß auf die Problematik, die sich aus der Notwendigkeit einer Bestimmung der Kornverteilung in Dünnschliffen ergibt, hingewiesen werden. Wie schon eingangs erwähnt, handelt es sich beim größten Teil der Gesteine

Tabelle 1: Mittelwert (Mz), Standardabweichung (S_T) und Schiefe (SK_T) nach FOLK und WARD (1957), C- und M-Werte nach PASSEGA (1957) und Sortierung (So) nach TRASK (1932) der untersuchten Sedimentproben

| Liegende Serie | | | | | | |
|---------------------|--------|-------|--------|-------|------|----------|
| Probe | Mz | S_T | SK_T | C | M | So/Trask |
| 94 | —1,855 | 1,616 | 1,558 | 8700 | 4963 | 1,79 |
| 127 | 1,304 | 0,966 | 0,247 | 1730 | 395 | 1,49 |
| 108 | 3,738 | 0,792 | 0,719 | 195 | 76 | 1,52 |
| 116 | 2,694 | 0,951 | 0,497 | 477 | 158 | 1,61 |
| 131 | 3,140 | 4,150 | —0,157 | 13000 | 82 | 9,23 |
| 106 | 3,138 | 1,021 | 0,603 | 440 | 123 | 1,60 |
| 115 | 4,195 | 0,737 | 0,350 | 154 | 52 | 1,30 |
| 59 | 1,543 | 1,396 | 0,695 | 1740 | 367 | 1,81 |
| 92 | 2,634 | 2,255 | 0,196 | 3000 | 214 | 3,15 |
| 17 | 4,874 | 1,157 | —0,562 | 170 | 28 | 1,96 |
| 2 | 5,342 | 0,946 | —1,459 | 230 | 16 | 1,51 |
| 111 | 3,083 | 0,920 | 0,306 | 435 | 123 | 1,54 |
| 153 | 1,640 | 0,612 | —0,153 | 790 | 300 | 1,37 |
| Vulkanithorizont | | | | | | |
| 8 | 2,285 | 1,577 | 0,470 | 1400 | 280 | 1,83 |
| Permoskythsandstein | | | | | | |
| 38 | 1,440 | 0,870 | 0,385 | 1260 | 371 | 1,51 |
| 24 | 1,833 | 0,601 | 0,104 | 700 | 278 | 1,30 |
| 69 | 0,979 | 1,019 | —0,097 | 1830 | 460 | 1,76 |
| Werfener Schichten | | | | | | |
| 43 | 3,939 | 1,001 | —0,318 | 390 | 58 | 1,48 |
| 50 | 4,500 | 0,823 | 0,056 | 217 | 45 | 1,37 |
| 75 | 1,480 | 0,760 | —0,105 | 1360 | 343 | 1,41 |
| 138 | 3,012 | 0,795 | —0,544 | 730 | 124 | 1,40 |
| 165 | 5,527 | 0,628 | —1,100 | 68 | 19 | 1,40 |

um matrixreiche Sedimente, wobei in vielen Fällen eine mehr oder weniger starke Rekristallisation eben dieser Grundmasse zu beobachten ist. Dies gilt in gleicher Weise für die sparitische Matrix vieler Werfener Sandsteine wie auch für die tonreichen Sedimente der Liegendserie, hingegen kaum für den Permoskythsandstein. Der Matrixanteil kann aber auch bei fehlender Umkristallisation mit dem Mikroskop kaum in seine wahren Korngrößen zerlegt werden. Aus diesem Grunde wurde die untere Grenze der erfaßten Sedimentpartikel mit 0,02 mm festgesetzt. Wie informative Integrationsanalysen zeigten, kann der nicht weiter auflösbare Matrixanteil bis zu 60-Volumsprozent betragen. Das bedeutet aber wieder, daß die ohne Berücksichtigung des Feinanteiles ermittelten Kornverteilungen und damit auch die sedimentologischen Parameter mit teils größeren Fehlern behaftet sein müssen. Übertragen auf die in Tabelle 1 angeführten Werte, hinsichtlich deren Berechnungsmodus im übrigen nur auf die einschlägige Literatur verwiesen werden kann, bedeutet das, daß sich bei Berücksichtigung der Matrix die mittlere Korngröße (Mittelwert M_z) je nach Höhe des Feinanteiles verkleinern muß, was automatisch zu einer Verschlechterung der Sortierung führt. Gleiches gilt für den 50-%-Quartil der im CM-Diagramm nach PASSEGA (1957) Anwendung findet.

Trotz dieser mir sehr wesentlich erscheinenden Einschränkungen lassen sich aus den Korngrößendaten erste Folgerungen ziehen. So sind die Sedimente der Liegenden Serie im Durchschnitt wesentlich feinkörniger als jene des Permoskythsandsteins und gleichen damit den Werfener Schichten. Die um einiges bessere Sortierung Letzterer, die ihrerseits wieder ähnlich jener des Permoskythsandsteins ist, gibt ein zusätzliches sedimentologisches Unterscheidungsmerkmal. Mehr als die Hälfte der Kornsummenkurven zeigen lognormale Verteilung. Der Rest, darunter alle Proben aus den Wühlhorizonten der Liegenden Serie sowie ein untersuchter Quarzporphyrtuff, entsprechen nicht einer logarithmischen Normalverteilung.

Interessant ist eine Betrachtung der Proben in dem von PASSEGA (1957) vorgeschlagenen CM-Diagramm (Abb. 2). Diese Darstellungsart hat den Vorteil, daß bei Berücksichtigung des Feinanteiles $< 0,02$ mm der M-Wert mehr oder weniger kleiner wird, der C-Wert aber die ermittelte Größe relativ beibehält. Das bedeutet, daß sich der jeweilige Projektionspunkt im Diagramm nach links, in krassen Fällen nach links unten verschieben wird und damit praktisch im selben, von PASSEGA für ein bestimmtes Ablagerungsmilieu als charakteristisch ermittelten Bereich bleibt. Für die dargestellten Proben ist nach den Dünnschliffbefunden eine mehr oder weniger große Korrektur in obigem Sinne für alle Proben bis zu einem M-Wert von etwa 200 zu erwarten. Diese fallen daher alle in den für Ablagerungen aus gleichförmigen Suspensionen charakteristischen Sedimentationsbereich R. Für die restlichen Proben, vor allem aus dem Permoskythsandstein, ist ein Transport durch Bodenfracht anzunehmen (Q). Ähnliche Verteilungsbilder ergeben sich aus Untersuchungen alluvialer Schuttfächer Kaliforniens und

verkörpern dort verschiedene Stadien bzw. Bereiche der Flußsedimentation (BULL, 1972).

Auch eine Gegenüberstellung von Median (50 %-Quartil) und Standardabweichung bzw. Median und Schiefe auf der Basis des Berechnungsmodus von INMAN (1952) macht einen weitgehend fluviatilen Absatz der

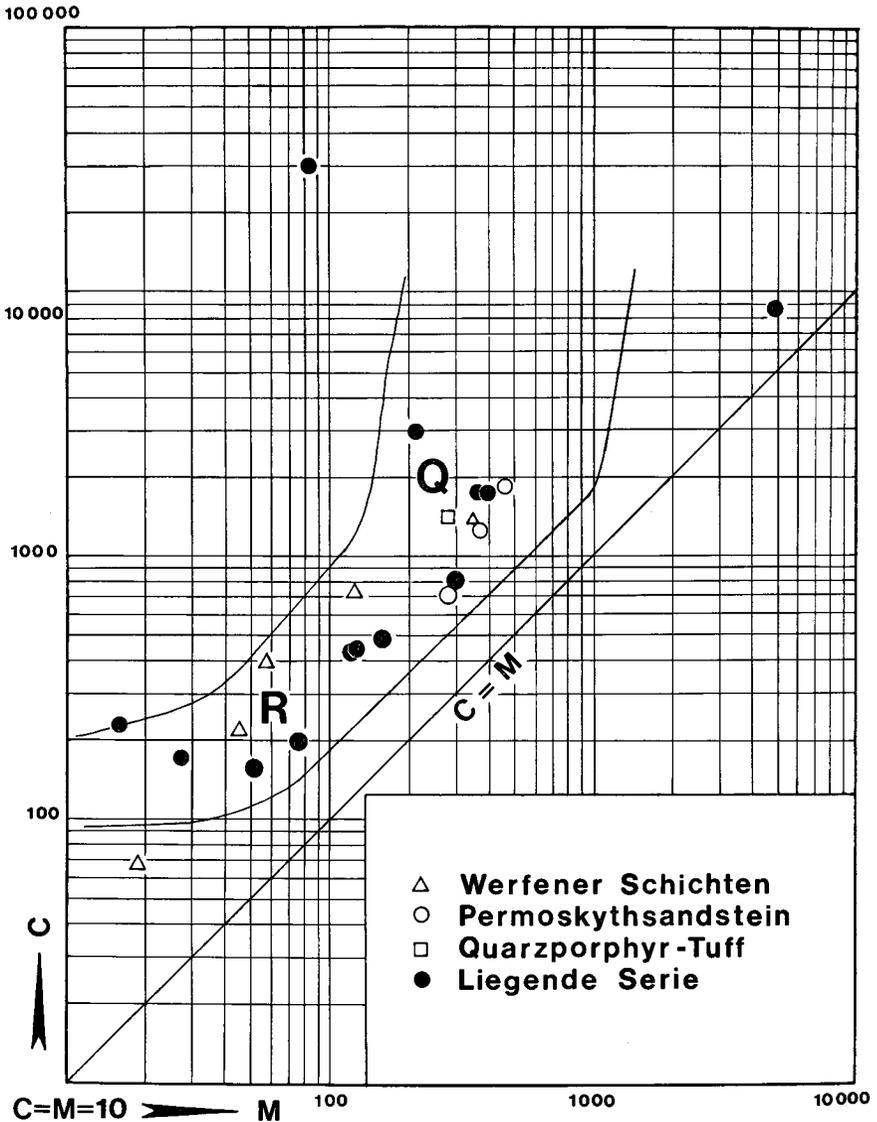


Abb. 2: CM-Diagramm der untersuchten Proben. Nach PASSEGA (1957) ist der Bereich Q für Sedimente aus Bodenfracht und der Bereich R für Ablagerung aus gleichförmigen Suspensionen charakteristisch.

Sedimente wahrscheinlich (KUKAL, 1971). Das gleiche Ergebnis liefern Diagramme mit drittem Moment einerseits und arithmetischem Mittel bzw. Standardabweichung andererseits nach den Angaben von FÜCHTBAUER und MÜLLER (1970). In letzterem Fall lassen sich die Proben der Werfener Schichten als zum Strandbereich gehörig von den übrigen Sedimenten abtrennen. Aus Platzgründen muß aber auf die Darstellung dieser Diagramme verzichtet werden. Ihr Aussagewert ist darüber hinaus auf Grund des erwähnten Matrixeffektes eher problematisch.

Berücksichtigt man alle bisher vorliegenden Daten, so sind die untersuchten Sedimente zwar ähnlich in bezug auf ihre detritische Komponente, geben aber infolge klimatischer und paläogeographischer Faktoren eine ganz bestimmte Entwicklungsgeschichte des Ablagerungsraumes wieder. Die Reliefenergie war zur Zeit der Ablagerung der Liegenden Serie zweifellos größer und die Transportweite auch gering, was mit der Einebnung des variszischen Reliefs und damit einhergehender Auffüllung intramontaner Becken und Täler durch größere Schuttfächer gut in Einklang zu bringen ist (RIEHL-HERWIRSCH, 1972).

Ob die erwähnten Karbonateinschaltungen marine Ingressionen oder limnische Bedingungen anzeigen, wird vielleicht durch die darin enthaltene Fauna entschieden werden können; diesbezügliche Angaben liegen derzeit noch nicht vor.

Der Quarzporphyrvulkanismus bzw. dessen Auswirkungen verursachten eine weitere Umstellung des schuttliefernden Hinterlandes. Das Relief wird sicher noch zusätzlich aufgefüllt, das Transportgefälle dadurch herabgesetzt. Der Permoskythsandstein zeigt bei vorherrschend größerem Korn bessere Rundung der Komponenten und gleichzeitig bessere Sortierung, was auf größere Transportweiten und mehrfache Umlagerung schließen läßt. Im Prinzip wird es sich aber auch dabei um fluviatile Schuttkörper handeln. Die dünnebankten und teils auch schräggeschichteten Sandsteine im Hangenden des Permoskythsandsteins entsprechen höchstwahrscheinlich schon dem marinen Strandbereich, einer Position, die den Werfener Schichten sicher zukommt. Diese zeigen einen Absatz aus gleichförmigen Suspensionen und teilweise auch Stillwasserbereich an.

Schwerminerale

Bei fossilarmen bzw. fossilfreien Gesteinsserien hat sich die Schwermineralanalyse bestens bewährt. Es war daher naheliegend, die Anwendbarkeit von Schwermineralanalysen zur Korrelation, zur Ermittlung von Zufuhrrichtungen und für paläogeographische Rekonstruktionen des post-variszischen Sedimentstapels zu testen. Schon die ersten Proben zeigten, daß damit eine weitere, recht brauchbare Methode zur Unterscheidung der betreffenden Sedimentserien gegeben ist (E. SCHERIAU-NIEDERMAYR und G. NIEDERMAYR, 1973). Bisher wurden an die 150 Proben aus den verschie-

densten Bereichen des Aufnahmegebietes zusätzlich einer Reihe von Vergleichsproben untersucht. Ausgezählt wurde die Fraktion von 0,0625 bis 0,125 mm, nachdem Vorarbeiten gezeigt hatten, daß in den größeren Fraktionen nur mehr sehr wenig durchsichtige Schwerminerale vorhanden seien. Gezählt wurde der opake Anteil, Biotit und Chlorit sowie der Gesamtanteil der übrigen (durchsichtigen) Schwerminerale auf 100 %. Letztere wurden dann ebenfalls wieder auf 100 % verrechnet. Der Gesamtschwermineralgehalt liegt immer unter 1 Gew.-Prozent, meist sogar unter 0,1 Gew.-Prozent der jeweiligen Probe.

Der opake Anteil wurde bisher nicht weiter aufgegliedert, umfaßt aber neben verschiedenen Fe-Hydroxiden Hämatit — hauptsächlich in der Liegenden Serie — Magnetit, Pyrit und Leukoxen. Pyrit tritt in Form von idiomorphen Kriställchen und als Erzkügelchen in den Sedimenten auf, und zwar überwiegend in den Werfener Schichten. Besonders häufig findet er sich in den Proben aus den höheren Anteilen der Simmerlacher Klamm.

Biotit und Chlorit sind in Schwermineralpräparaten auf Grund ihrer je nach Chemismus und Zersetzungserscheinungen variierenden Dichte im allgemeinen nicht quantitativ zu erfassen. Sie ergeben aber immerhin Richtwerte. So sind auch Biotit und Chlorit in der Liegendserie im Schnitt häufiger als im Permoskythsandstein und treten in den Werfener Schichten ebenfalls wieder in einzelnen Proben stärker in Erscheinung. Sie sind beide oft stark umgewandelt. Biotit wirkt häufig opak und ist ein fast regelmäßiger Gemengteil der dunkelroten Sandsteine der Liegenden Serie. Hier ist er oft in idiomorphen Blättchen zu beobachten, was bereits auf die Beteiligung vulkanischen Materials schließen läßt.

Bei den durchsichtigen Mineralen sind vor allem Granat, Zirkon, Turmalin, Rutil und Apatit zu nennen; sie machen zusammen mit nur wenigen Ausnahmen fast immer an die 95 % und darüber des durchsichtigen Schwermineralanteiles aus. Vereinzelt tritt in höheren Prozentsätzen Anatas auf. Daneben sind noch Titanit, Brookit, Epidot, Hornblende, Monazit, Pyroxen, Sphalerit, Xenotim und Zoisit zu beobachten. Nicht gezählt wurden Baryt, Magnesit und Siderit, da sie sicher größtenteils als Neubildungen anzusehen sind und darüber hinaus durch ihr gehäuftes Vorkommen eine irreführende Verzerrung des Schwermineralbestandes verursacht hätten. Baryt fand sich des öfteren in den Werfener Schichten, sowohl im Sediment selbst wie auch in gut entwickelten, tafeligen Kristallen in Hohlräumen von Sand- und Siltsteinen. Magnesit wurde überraschenderweise in einer einzigen Probe aus dem Permoskythsandstein des Dobratschsockels festgestellt — allerdings nicht in der von EISBACHER (1969) aus dem Tiroler Raum beschriebenen konkretionären Form, sondern als sparitische Matrix eines Sandsteins. Siderit ist in den grauen und graugrünen Sand- und Tonsteinen der Liegenden Serie relativ häufig und findet sich daher auch in den Schwermineralpräparaten dieser Gesteine nicht selten. Etwa 20 % der ausgezählten Proben erbrachten

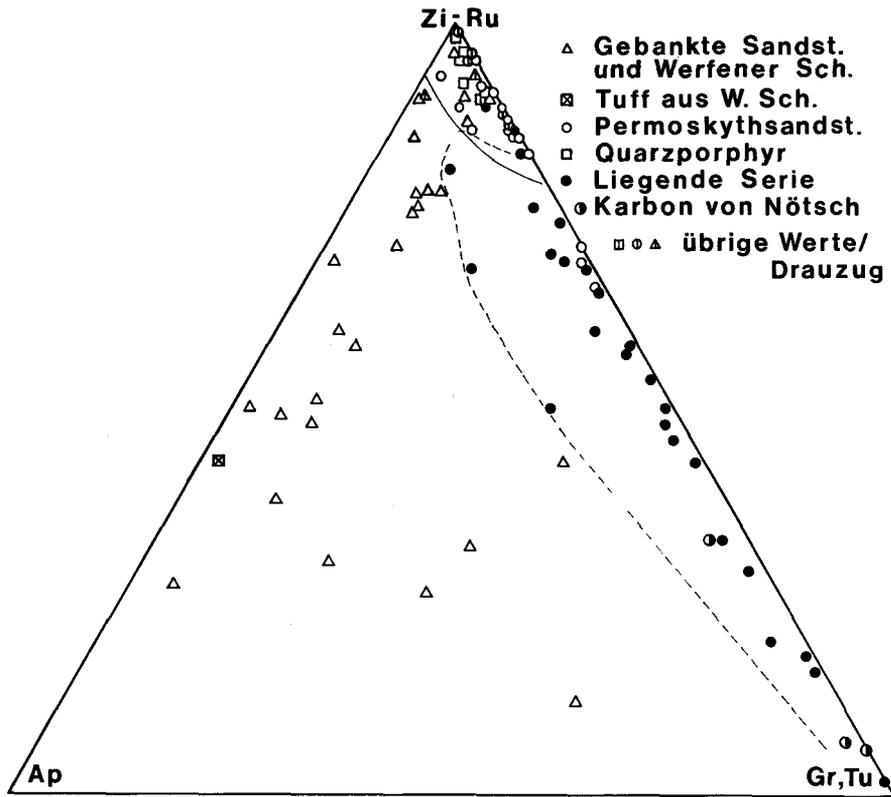


Abb. 3: Schwermineralverteilung der untersuchten Proben im Konzentrationsdreieck Zirkon, Rutil (Zi-Ru) — Apatit (Ap) — Granat, Turmalin und übrige SM (Gr-Tu). Die Vergleichswerte aus dem übrigen Drauzug sind gesondert gekennzeichnet.

einen zu geringen Anteil an durchsichtigen Schwermineralien um diese statistisch einwandfrei erfassen zu können.

Da auf Grund der großen Analysenzahl eine gelistete Aufzählung aller Proben zu unübersichtlich wäre, wurde eine Dreiecksdarstellung zur Veranschaulichung der Schwermineralverteilung gewählt. Die Besetzung der Projektionspunkte erfolgte so, daß den stabilen Mineralen Zirkon und Rutil einerseits Apatit und andererseits die für Metamorphite charakteristische Schwermineralassoziation Granat und Turmalin sowie die restlichen Komponenten gegenübergestellt wurden. Grundgedanke dieser Darstellungsart war, daß damit dem an Zirkon reichen Permoskythsandstein die aus den Abtragungsprodukten eines kristallinen Hinterlandes aufgebaute und damit durch eine für Metamorphite charakteristische Mineralgesellschaft ausgezeichnete Liegende Serie einerseits und andererseits die an Apatit außerordentlich reichen Werfener Schichten gegenübergestellt werden können.

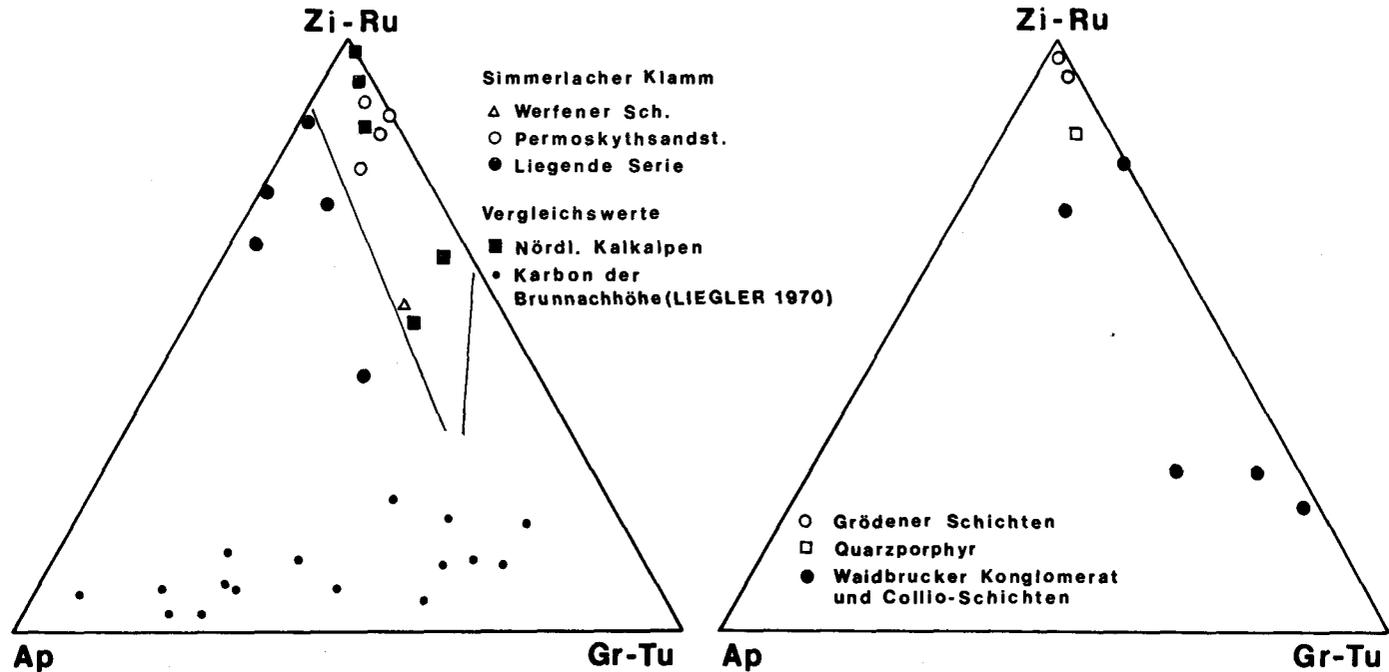


Abb. 4 a: Schwermineralverteilung des Permoskyths der Simmerlacher Klamm, E Oberdrauburg mit Vergleichswerten aus den Nördlichen Kalkalpen (Fieberbrunn, Abtenau und Hochschwab) und dem Oberkarbon der Brunnachhöhe, Kärnten (Werte umgerechnet nach K. L. LIEGLER, 1970). Darstellung wie Abb. 3.

Abb. 4 b: Schwermineralverteilung aus permischen Sedimenten Südtirols und den Bergamasker Alpen. Darstellung wie Abb. 3.

Diese Gliederung hat sich bereits bei den ersten Untersuchungen ergeben und konnte in der Folgezeit im wesentlichen auch weiterhin bestätigt werden (Abb. 3). Die Vergleichsproben aus dem Drauzug stimmen entsprechend ihrer stratigraphischen Stellung damit gut überein.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch der Vergleich mit Proben gleicher stratigraphischer Position aus anderen Bereichen des alpinen Raumes. Interessant sind hierfür insbesondere die Dolomiten, denen in petrologischer Hinsicht die untersuchten Sedimente aus dem Bereich von Kötschach recht ähnlich sind (RAU und TONGIORGI, 1972). Es standen zwar nur wenige Proben für eine derartige Betrachtung zur Verfügung, diese stimmen aber hinsichtlich ihres Schwermineralbestandes auffallend mit den Sedimenten aus Kötschach überein (Abb. 4 b). In Abbildung 4 a sind die übrigen Vergleichsproben eingetragen. Bei einigen konnte eine genaue stratigraphische Einstufung nicht ermittelt werden, eine Aussage ist daher hier nur bedingt möglich. Dies betrifft vor allem die Proben aus den nördlichen Kalkalpen.

Auffallend anders verhalten sich hingegen die Proben aus dem Permoskyth des Drautales, aus dem Profil der Simmerlacher Klamm. Sie sind in mehrfacher Hinsicht mit den Permoskythspektren der Gailtaler Alpen nicht vergleichbar. Rein lithologisch konnte zwar auch hier eine Unterteilung in Liegende Serie, Permoskythsandstein und Äquivalente der Werfener Schichten getroffen werden. Letztere sind nach MOSTLER (1972) näher präzisiert und stratigraphisch fixiert. Der Permoskythsandstein ist gegenüber dem Gailtal deutlich reduziert, zeigt aber auch hier die typischen Quarzporphyrgerölle. In seinem Liegenden ist eine etwa 30 m mächtige Folge von Ruditen und Areniten entwickelt, die der Liegenden Serie entspricht. Ihr Schwermineralgehalt zeigt Zirkon, meist gut verrundet und oft angeätzt, Rutil und Apatit sowie Granat und Turmalin. Bedeutsam erscheint mir, neben den relativ hohen Apatitgehalten (13—31 %) dieser Folge, der Umstand, daß sowohl Apatit wie auch Granat in frischen, von Verwitterungseinflüssen kaum geprägten Körnern, wenn auch nicht in idiomorphen Kristallen, vorliegen. Diese Fakten sind wesentliche Unterschiede zur Liegenden Serie des Gailtales, die wenig Apatit aufweist (nur ausnahmsweise bis 10 %), und wo darüber hinaus Apatit und Granat starke Atzerscheinungen zeigen, die bis zu Skelettformen führen können. Mit Einsetzen des Permoskythsandsteins ändert sich dieses Bild nur insofern, als nun Apatit und Rutil stark zurücktreten und die für Porphyre typischen Zirkone mit einfachen Flächenkombinationen und meist mehr oder weniger häufigem Zonarbau deutlich in Erscheinung treten.

Obwohl eine Umstellung der Sedimentation als Ausdruck der Werfener Entwicklung im Hangenden des Permoskythsandsteins einsetzt, ändert sich in den Schwermineralspektren nichts. Die Körner von Apatit und Granat sind weiterhin frisch, wenn sich auch beim Apatit stärkere Verrundung bemerkbar macht. Dies ist nun wieder ein gravierender Unterschied zu der Werfener Sedimentation in den Gailtaler Alpen, wo das Spektrum

beginnend mit den dünngebankten Sandsteinen im Hangenden des Permoskythsandsteins durch eine rapide Zunahme des Apatitgehaltes bis über 60 % charakterisiert ist.

Der Grund der großen lithologischen Differenzen der permoskythischen Gesteine nördlich und südlich der Drau, auf die erstmals schon ANGER (1965) auch in bezug auf die anisischen Serien hingewiesen hat, wird zu diskutieren sein.

Zirkonuntersuchungen

HOPPE (1963) hat die Verwendbarkeit morphologischer Erscheinungen an akzessorischen Zirkonen für petrogenetische Auswertungen von Gesteinen klar herausgearbeitet und in einer ganzen Reihe von weiteren Arbeiten an Detailproblemen getestet. Unter anderem war damit auch die große Rolle des oberkarbonen und permischen Vulkanismus am Aufbau der entsprechenden Sedimentserien im europäischen Raum nachzuweisen (HOPPE u. SCHWAB 1964, HOPPE u. MASEK 1967, STÖFFLER 1963 etc.). Es war daher naheliegend, auch diese Methodik bei den vorliegenden Sedimenten anzuwenden. Dies um so mehr, als die Schwermineralassoziation der permischen Quarzporphyre sehr einheitlich ist und neben Zirkon (immer > 90 %) nur Granat (in relativ großen, immer frischen, splittrigen Körnern!), auffallend wenig Apatit und einige andere Minerale aufweist. Es war zu erwarten, daß der Permoskythsandstein auf Grund der im Gelände sehr auffälligen Quarzporphyrgeröll-Führung sehr reich an Porphyrzirkonen, auch in der Feinfraktion, sein müßte.

Die Zirkone der bisher untersuchten Quarzporphyre, inklusive eines Vorkommens aus der Gegend von Waidbruck und einschließlich von im Permoskythsandstein eingestreuten Porphyrgeröllen, sind samt und sonders gleichartig ausgebildet. Vorherrschende Trachtvarianten sind (100)+(111), (100)+(110)+(111) und (110)+(111). Kristalle mit letzterer Tracht zeigen häufig Zonarbau und metamikte Kernzonen und werden damit gewissen Typen der Zentralgneise der Hohen Tauern recht ähnlich. Die steile Bipyramide (311) tritt, wenn vorhanden, sehr stark zurück, fehlt aber meist. Leicht angerundete Formen sowie runde Körner ohne erkennbare Flächen sind nur sehr untergeordnet vertreten. Die Elongationshistogramme zeigen einen relativ breiten, nahezu symmetrischen Verlauf mit einem Maximum im Bereich von 2,0—2,2, was damit auch der durchschnittlichen Elongation der bisher untersuchten Proben entspricht.

In Tabelle 2 sind die verschiedenen Zirkonformen aus Liegendserie, Permoskythsandstein und Werfener Schichten angeführt. Unterschieden wurde zusätzlich zwischen idiomorphen und angerundeten Individuen, da bei stärkerer Rundung der Kristalle die Fehleinschätzung der Trachtvarianten steigt, was naturgemäß bei derartigen Auswertungen zu berücksichtigen ist. Stark gerundete und oft auch korrodierte Zirkone wurden eigens ausgeschieden. Zusätzlich angeführt ist der Formfaktor E/K (Anzahl der

Tabelle 2: Verteilung der Zirkonformen in den untersuchten Sedimentproben

| Probe | Tracht (100)+(110)+(111)+(311) „komplexe Flächenkombinationen“ | | | Tracht (100)+(111)+(110) und (110)+(111)+(100) „einfache Flächenkombinationen“ | | | Zonarbau | korrodierte und runde Körner | Zirkon- Formfaktor E/K |
|---|---|-------------------------|--------------------------|--|-------------------------|--------------------------|----------|---------------------------------|------------------------------|
| | gesamt | idiomorphe Kristalle | angerundete Kristalle | gesamt | idiomorphe Kristalle | angerundete Kristalle | | | |
| Liegende Serie | | | | | | | | | |
| 127 | 6 | — | 6 | 25 | 5 | 20 | 1 | 69 | 4,3 |
| 168 | 1 | — | 1 | 8 | 1 | 7 | 1 | 91 | 8,1 |
| 115 | 84 | 22 | 62 | 12 | 12 | — | 9 | 4 | 0,2 |
| 21 | 11 | — | 11 | 47 | 16 | 31 | 4 | 42 | 4,3 |
| 129 | 4 | 2 | 2 | 81 | 65 | 16 | 31 | 15 | 19,0 |
| 174 | 1 | — | 1 | 72 | 55 | 17 | 28 | 27 | 99,0 |
| Liegende Serie der Simmerlacher Klamm | | | | | | | | | |
| 153 | 7 | 1 | 6 | 41 | 5 | 36 | 6 | 52 | 5,7 |
| 156 | 2 | — | 2 | 9 | 2 | 7 | 4 | 89 | 4,6 |
| Vulkanithorizont | | | | | | | | | |
| 3 | — | — | — | 96 | 92 | 4 | 10 | 4 | 100,0 |
| 8 | — | — | — | 98 | 93 | 5 | 14 | 2 | 100,0 |
| 66 | — | — | — | 99 | 95 | 4 | 14 | 1 | 100,0 |
| Permoskythsandstein | | | | | | | | | |
| 5 | 11 | 9 | 2 | 24 | 21 | 3 | 13 | 65 | 2,2 |
| 24 | 13 | 3 | 10 | 61 | 28 | 33 | 13 | 26 | 4,3 |
| 82 | 14 | 9 | 5 | 33 | 25 | 8 | 20 | 53 | 1,6 |
| 102 | 18 | 14 | 4 | 34 | 32 | 2 | 18 | 48 | 1,8 |
| Hangende Serie der Simmerlacher Klamm | | | | | | | | | |
| 157 | 4 | 1 | 3 | 72 | 58 | 14 | 21 | 24 | 19,0 |
| Dünnebankte Sandsteine und Werfener Schichten | | | | | | | | | |
| 16 | 10 | 5 | 5 | 9 | 4 | 5 | 4 | 81 | 0,9 |
| 126 | 22 | 6 | 16 | 18 | 1 | 17 | 1 | 60 | 0,8 |
| 138 | 24 | 5 | 19 | 19 | 3 | 16 | 5 | 57 | 0,8 |
| 32 | 14 | 3 | 11 | 5 | 2 | 3 | 1 | 81 | 0,4 |
| Tuff aus den Werfener Schichten (N Lanz) | | | | | | | | | |
| 99 | 10 | 8 | 2 | 90 | 84 | 6 | 23 | — | 9,0 |

Zirkone mit einfachen Flächenkombinationen/Anzahl der Zirkone mit komplexen Flächenkombinationen).

Wesentlich und auf den ersten Blick überraschend ist die Abnahme des Zirkon-Formfaktors vom Liegenden ins Hangende der Schichtfolge. Überraschend deshalb, da im an der vulkanischen Komponente offenbar reichen Permoskythsandstein ein höherer Anteil von Porphyrzirkonen zu erwarten gewesen wäre. Statt dessen weisen die Proben der Liegendserie einen höheren Formfaktor auf, obwohl sich eine vulkanische Beeinflussung so ohne weiteres nicht feststellen läßt. Daß dies nur bedingt richtig ist, und eine Beteiligung vulkanoklastischen Materials am Aufbau der Liegendserie durchaus anzunehmen ist, wurde bereits früher dargelegt. Zu einem ähnlichen Schluß kommt im übrigen auch RIEHL-HERWIRSCH (1965) für den Ostkärntner Raum, auf Grund ähnlicher lithologischer Kriterien. Unterschiede ergeben sich zu seinen Ergebnissen nur hinsichtlich des Apatitgehaltes, der in den Vulkaniten und in den Sedimenten der Liegenden Serie im Raum Kötschach nicht sehr hoch ist. Klimatische Faktoren könnten hier eine Rolle gespielt haben, wahrscheinlicher scheint mir aber ein andersgeartetes Einzugsgebiet.

In den der Liegendserie vergleichbaren Sedimenten der Süd- und Westalpen, aber auch des mitteleuropäischen Raumes, finden sich im Karbon und Perm immer wieder Einschaltungen saurer bis intermediärer, bisweilen auch basischer Vulkanite (FALKE, 1972; RAU und TONGIORGI, 1972). Das Auftreten von für diese Eruptiva typischen akzessorischen Zirkonen in den sie begleitenden Sedimenten ist deshalb leicht verständlich. Es kann daher auch im gegenständlichen Fall eine Beteiligung von saurem bis intermediärem vulkanoklastischen Material am Aufbau der Liegendserie angenommen werden. Hingegen konnten bisher keine Hinweise gefunden werden, daß sich die beobachteten — den Porphyren ähnlichen — Zirkone auf die die Karbon- bis Unterrotliegend-Sedimente hauptsächlich beliefernde Kristallinbasis beziehen lassen, wovon sich dafür aber die Hauptmasse der meist kleinen, größtenteils schlecht terminisierten und verrundeten Zirkonkörner herleiten lassen.

Die dem Quarzporphyrvulkanismus nachfolgende Permoskythsandstein-sedimentation ist aber auch auf Grund der Korngrößenanalysen durch oftmalige Umlagerung und größere Transportweiten und damit auch durch einen stärkeren Einfluß des Hinterlandes charakterisiert. Die Abnahme des Zirkon-Formfaktors, d. h. Zunahme porphyrfremder Zirkone, wäre damit erklärbar. Dieser sinkt in den Werfener Schichten noch weiter ab — hier überwiegen bereits Zirkone mit komplexen Flächenkombinationen; gleichzeitig nehmen angerundete und runde Zirkone enorm zu, was wieder darauf hindeutet, daß neue, weiter entfernt liegende Einzugsgebiete für die Auffüllung der skythischen Sedimentationsbereiche erschlossen werden. Dies wieder paßt ausgezeichnet mit der einsetzenden Schüttung von Apatit zusammen, der durch entsprechende klimatische Faktoren offenbar geschützt, durch Transportwirkung aber meist stärker verrundet sedimentiert wird. Beide Komponenten, Zirkon mit komplexen Flächen und Apatit, könnten auf eine zunehmende Abtragung von Gneisen und Hybridgraniten hinweisen.

Auffallend sind starke Ätzerscheinungen an den gerundeten Zirkonen der Liegendserie. Nach den Ergebnissen von CARROLL (1953) weist dies

auf stark alkalische, lateritische Verwitterung und damit auf ein humides bis semihumides Klima zur Zeit der Ablagerung der unter dem Permoskythsandstein liegenden Sedimente hin.

Diskussion

Eine Auswertung des bisherigen Datenmaterials wurde schon in den voranstehenden Abschnitten bei der Besprechung der Einzelergebnisse gegeben. Zieht man Schlußfolgerungen aus den Untersuchungen der Korngrößen, der durch röntgenographische Methoden ergänzten Dünnschliffauswertung und der Schwermineralanalysen, so kommt man unter Heranziehung des Geländebefundes zu einer sehr klaren und zwingenden Sedimentationsgeschichte der postvariszischen Basisbildungen der westlichen Gailtaler Alpen vom Oberkarbon bis ins Skyth, wobei klimatische und paläogeographische Faktoren in ganz entscheidender Weise die Sedimentation dieser Serien beeinflußt haben.

Zu ganz ähnlichen, wenn auch in einzelnen Details vermutlich auf Grund der paläogeographischen Position etwas abweichenden Ergebnissen kommt RIEHL-HERWIRSCH (1965) im Mittelkärntner Raum. Vor allem in der Liegenden Serie ergeben sich dort meines Erachtens stärkere Bindungen zu Permokarbonvorkommen am N- und NW-Rand der Gurktaler Masse. Die von LIEGLER (1971) mitgeteilten Daten aus dem Oberkarbon der Brunnachhöhe — vor allem im Schwermineralbestand durch mittlere bis hohe Apatitführung ausgezeichnet — würden sich sehr gut mit den von RIEHL-HERWIRSCH angeführten Ergebnissen decken. Bemerkenswert scheint mir, daß auch die Entwicklung der Simmerlacher Klamm in dieser Zeitperiode ebenso in diese Richtung deutet. Auch hier ist ein der Liegendserie des Drauzuges nicht vergleichbarer, relativ hoher Apatitgehalt festzustellen. Eine Verbindung — zumindest was das Einzugsgebiet betrifft — zu den Vorkommen des Mittelkärntner Raumes scheint mir durchaus denkbar. Auf Faziesdifferenzen zwischen Drautaltrias und Mesozoikum des Drauzuges hat schon ANGER (1965) hingewiesen. Es kann daher als sicher angenommen werden, daß diese Permoskythentwicklung (eine stratigraphische Fixierung der Untergrenze der Schichtfolge ist auf Grund des Fehlens von Fossilfunden derzeit nicht möglich) in bezug auf den Drauzug ein fremdes Element darstellt. Ihre Einordnung in andere Sedimentationsbereiche des postvariszischen Schichtstapels wird zu diskutieren sein.

Wie schon BRANDNER (1972) vermerkte, steht den deutlich terrigen beeinflussten anischen Sedimenten des westlichen Drauzuges in den Karnischen Alpen ein im wesentlichen pelagischer Sedimentationsraum gegenüber. BRANDNER hebt die Ähnlichkeit dieser Sedimente mit deren stratigraphischen Äquivalenten in den Olanter- und Prager Dolomiten hervor. Ebenso hat die Permokarbon-Folge der westlichen Gailtaler Alpen keine äquivalente Entwicklung in den südlich anschließenden Karnischen Alpen, wenn man von einer kurzzeitigen „Grödener“-Entwicklung in diesen absieht. Hingegen finden sich ähnliche Gesteine am Westrand der von

BOSSELINI (1965) im Rahmen einer für den Zeitraum Perm-Trias schematisierten paläogeographischen Rekonstruktion der Südalpen angeführten Bozener Hochzone. Die Schwermineralspektren stimmen sehr gut überein — besser jedenfalls als mit dem übrigen Kärntner Raum. So gesehen mag es kein Zufall sein, daß die lithologische Entwicklung der Liegenden Serie von Kötschach in vielen Fakten Ähnlichkeiten mit Beckensedimenten der lombardischen Senke, etwa den Collio-Schichten (CASSINIS, 1966; RAU u. TONGIORGI, 1972), bei allerdings reduzierter Mächtigkeit aufweist.

DE JONG (1966) hat auf Grund paläogeographischer und paläomagnetischer Überlegungen eine Seitenverschiebung entlang der periadriatischen Naht zur Diskussion gestellt. Vieles spricht nun dafür, daß eine derartige Verstellung tatsächlich stattgefunden hat. Um den Bereich von Kötschach auf den Meridian von Bozen zu bringen benötigt man etwa 120 Kilometer — ein Betrag, der, gemessen an geologischen Maßstäben, vergleichsweise kaum ins Gewicht fällt. Derartige Zahlenangaben mögen spekulative Spielereien darstellen, aber es scheint mir nicht uninteressant, daß der vorhin aus anderen Überlegungen geforderte Verstellungsbetrag das durch seine Vulkaniteinschaltungen an die Südalpen gemahnende Dobratschmassiv ca in den Meridian von Cortina befördern würde und so eine direkte Verbindung zum ladinischen Vulkanismus dieses Bereiches herstellen könnte. Gleiches gilt natürlich für die von BRANDNER (1972) beschriebenen terrigen beeinflussten Anissedimente des Drauzugs.

Denkt man sich somit Norditalien entlang der periadriatischen Linie um etwa 120 km nach E verschoben, so würden sich zumindest in den permokarbonen und untertriadischen Schichten in vieler Hinsicht ähnliche Sedimentationsräume zu beiden Seiten der Naht gegenüberstehen. Auf Grund paläomagnetischer Daten wird für die Südalpen-Poebene-Masse im Laufe der erdgeschichtlichen Entwicklung in bezug auf die heutige Pollage eine Drehung von einer prämesozoischen NE-SW- auf die heutige NW-SE-Richtung angenommen (McELHINNY, 1973). In die gleiche Richtung weist auch der von DE JONG (1966) angeführte Magnetisierungsfaktor permischer Gesteine Norditaliens. Ein entsprechender „Drehpunkt“ müßte auf alle Fälle nahe der alpin-dinarischen Linie gelegen sein — einer „Drehung“ Südtaliens in diesem Sinne von W nach E würde dann eine Verschiebung Norditaliens gegenüber dem euroasiatischen Block, wenn auch in weit geringerem Ausmaß, von E nach W gegenüberstehen. Eine Trennung der ursprünglich zusammenhängenden Sedimentationsräume entlang dem periadriatischen Lineament entsprechend der vorhin skizzierten Vorstellung wäre damit gegeben.

Über den Zeitablauf dieser Bewegung kann auf Grund der hier vorgelegten Daten natürlich nichts ausgesagt werden. Dahingehende Überlegungen machen aber — bei Vorbehalt der Mehrphasigkeit dieses Geschehens, entsprechend den unterschiedlichen Driften der beteiligten Kontinentalplatten — ein eher junges Alter in Verbindung bzw. im Anschluß an die alpidischen Hauptfaltungsphasen wahrscheinlich (GÜNTHER, 1973).

Danksagungen

Die vorliegende Arbeit ist Teil eines in Zusammenarbeit mit dem Geologischen Institut der Technischen Hochschule Wien in Angriff genommenen und vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung finanzierten Projektes zur Untersuchung der Karbon-Perm-Skyth-Ablagerungen der Gailtaler Alpen und Lienzer Dolomiten (Projekt-Nr. 1662).

Danken muß ich allen Kollegen, nicht zuletzt meiner Frau, die durch ihre Hilfe, sei es bei der Probenaufsammlung, deren Aufbereitung sowie deren Auswertung, und durch viele Diskussionen die bisherigen Arbeiten erst ermöglicht haben. Besonderer Dank gilt Herrn Prof. DDr. Dipl.-Ing. H. WIESENER und Herrn Prof. Dr. J. ZEMANN, die die Benützung der Geräte ihrer Institute gestatteteten, Herrn Prof. Dr. A. SEILACHER für die Bestimmung der fossilen Kriechspuren und den Kollegen Dr. H. W. J. van AMEROM und Dr. M. BOERSMA, die die Bestimmung der aufgesammelten Pflanzenreste übernommen haben.

Literatur

- ANGER, H., mit einem Beitrag von W. KLAUS: Zur Geologie der Gailtaler Alpen zwischen Gailbergsattel und Jauken (Kärnten). — Sitzber. d. Öst. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Kl., Abt. I, 174, 79—84 (1965).
- BALOGH, K., u. A. BARABAS: The Carboniferous and Permian of Hungary. — Acta Miner. Petr., Szeged 20, 191—207 (1972).
- BOSSELINI, A.: Lineamenti strutturali delle Alpi meridionali durante il Permo-Trias e alcune considerazioni sui possibili rapporti con la tettonica alpidaica. — Mem. Mus. St. Nat. Venezia Trid. 15, 1—72 (1965).
- BRANDNER, R.: „Südalpinen“ Anis in den Lienzer Dolomiten (Drauzug). — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. 21, 143—162 (1972).
- BULL, W. B.: Recognition of alluvial-fan deposits in the stratigraphic record. — In: Recognition of ancient sedimentary environments. Ed. J. K. RIGBY und Wm. K. HAMBLIN. Soc. Econ. Paleont. Miner., Spec. Publ. Nr. 16, 63—83 (1972).
- CARROLL, D.: Weatherability of zircon. — J. Sediment. Petrol. 23, 106—116 (1953).
- CASSINIS, G.: La formazione di Collio nell'area-tipo dell'alta Val Trompia (Permiano inferiore bresciano). — Riv. Ital. Paleont. 72, 507—588 (1966).
- CLAR, E.: Eindrücke aus Besichtigung und Diskussion Wien — St. Johann (Zusammenfassende Einleitung zur Diskussion in Mayrhofen am 19. 9. 1969). — Verh. Geol. B.-A., 181—182 (1972).
- EISBACHER, G. H.: Neue Beobachtungen zur Deutung der knolligen Magnesite im Ton-schieferkomplex des alpinen Buntsandsteins der Nördlichen Kalkalpen. — Mineral. Deposita (Berlin) 4, 219—224 (1969).
- FALKE, H.: Vergleich zwischen den Ablagerungen des Verrucano in den Westalpen und des Rotliegenden in Süddeutschland und Frankreich. — Verh. Geol. B.-A., 11—32 (1972).
- FAUPL, P., R. FISCHER u. W. SCHNABEL: Programm zur Berechnung sedimentologischer Parameter aus verfestigten klastischen Sedimenten. — Verh. Geol. B.-A., 648—654 (1971).
- FOLK, R. L., u. W. WARD: Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. — J. Sediment. Petrol. 27, 3—26 (1957).
- FÜCHTBAUER, H., u. G. MÜLLER: Sedimente und Sedimentgesteine. — Sediment-Petrologie. 2. Schweizerbart, Stuttgart, 726 S. (1970).
- GÜNTHER, K.: Ergebnisse meeresgeologischer und geophysikalischer Untersuchungen in der nördlichen Tyrrhenis und im Ligurischen Meer und ihre Konsequenzen für die Deutung der Orogenese des Nordapennins. Teil 1 und 2. — N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 142, 191—264 und 265—296 (1973).
- HOPPE, G.: Die Verwendbarkeit morphologischer Erscheinungen an akzessorischen Zirkonen für petrogenetische Auswertungen. — Abh. deutsch. Akad. Wiss., Kl. Bergb. Hüttenw. Montageol. 1, 130 S. (1963).
- HOPPE, G., u. J. MASEK: Zirkone aus pyroklastischen und klastischen Gesteinen des Kohlenbeckens von Kladno-Slany-Rakovnik (mittelböhmisches Oberkarbon). — Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., B, Miner. Lagerstättenf. 12, 145—164 (1967).

- HOPPE, G., u. M. SCHWAB: Zirkone aus Gesteinen des mitteldeutschen Permokarbons. I. Zirkone aus Sedimenten und Tuffen der Umgebung von Wettin (Hallescher Permokarbonkomplex). — *Geologie* 13, 1059—1079 (1964).
- INMAN, D. L.: Measures for describing the size distribution of sediments. — *J. Sediment. Petrol.* 22, 125—145 (1952).
- JONG, K. A. de: Paläogeographie des ostalpinen oberen Perms, Paläomagnetismus und Seitenverschiebungen. — *Geol. Rdsch.* 56, 103—115 (1967).
- KATZUNG, G.: Stratigraphie und Paläogeographie des Unterperms in Mitteleuropa. — *Geologie* 21, 570—584 (1972).
- KUKAL, Zd.: *Geology of recent sediments.* — Academic Press, London and New York, 490 S. (1971).
- LIEGLER, K. L.: Das Oberkarbon-Vorkommen der Brunnachhöhe NW Bad Kleinkirchheim/Kärnten. — *Carinthia* II 80, 27—44 (1970).
- MCLENNAN, M. W.: *Palaeomagnetism and Plate Tectonics.* — University Press, Cambridge, 358 S. (1973).
- MOSTLER, H.: Die permoskythische Transgressions-Serie der Gailtaler Alpen. — *Verh. Geol. B.-A.*, 143—149 (1972).
- MÜNZNER, H., u. P. SCHNEIDERHÖHN: Das Sehnenschnittverfahren. — *Heidelb. Beitr. Min. Petrogr.* 3, 456—471 (1953).
- PASSEGA, R.: Texture as a characteristic of elastic deposition. — *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.* 41, 1952—1984 (1957).
- RAU, A., u. M. TONGIORGI: The Permian of Middle and Northern Italy. — In: *Rotliegend. Essays on European Lower Permian.* Ed. H. FALKE. — *Internat. Sediment. Petrogr. Series* 15, 216—280 (1972).
- RICHTER, R.: Marken und Spuren aus alten Zeiten. I: Wühlgefüge durch Kotgefüllte Tunnel (*Planolites montanus* n. sp.) aus dem Ober-Karbon der Ruhr. — *Senckenbergiana* 19, 150—159 (1937).
- RIEHL-HERWIRSCH, G.: Die postvariszische Transgressionsserie im Bergland östlich vom Magdalensberg (Umgebung des Christofberges), Kärnten — Österreich. — *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.* 14—15, 229—266 (1965).
- RIEHL-HERWIRSCH, G.: Vorstellung zur Paläogeographie — Verrucano. — *Verh. Geol. B.-A.*, 97—106 (1972).
- SCHERIAU-NIEDERMAYR, E., u. G. NIEDERMAYR: Vorläufiger Bericht über die, durch neue Pflanzenfunde belegte, postvariszische Transgressions-Serie aus dem Raum Kötschach in den Gailtaler Alpen, Kärnten. — *Ann. Naturhist. Museum Wien*, 77, 115—123, (1973).
- STÖFFLER, D.: Neuere Erkenntnisse in der Tonsteinfrage auf Grund sedimentpetrographischer und geochemischer Untersuchungen im Flöz Wahlschied der Grube Enseldorf (Saa.). — *Heidelb. Beitr. Miner. Petrogr.* 9, 285—312 (1963).
- TRASK, P. D.: Origin and environment of source sediments of petroleum. — *Gulf, Houston*, 323 S. (1932).
- WIESENEDER, H.: Klassifikation und Entstehung terrigener und karbonatischer Sedimentgesteine. — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 64, 219—236 (1972).

Bei der Schriftleitung eingelangt am 21. Jänner 1974.