

- TODD, R. & BRONNIMANN, P.: Recent Foraminifera and Thecamoebina from the Eastern Gulf of Paria. — *Cushman Found. Foram. Res., Spec. Publ.*, 3, 43 S., 7 Abb., 12 Taf., 5 Tab., Bridgewater, Mass. 1957.
- UHLIG, V.: Bau und Bild der Karpaten. — In: DIENER, C., HOERNES, R., SUESS, E. & UHLIG, V.: Bau und Bild Österreichs, S. 651—911, 139 Abb., 1 Bild, 1 tekton. K., Wien u. Leipzig (Tempeski/Freitag) 1903.
- VASIČEK, M.: Remarks on the microbiostratigraphy of the Magura Flysch in Moravia. — *Vestník. stat. geol. ústav. Č.S.R.*, 22, S. 235—256, Prag 1947.
- VOIGT, E.: Zur Temperatur-Kurve der oberen Kreide in Europa. — *Geol. Rundsch.*, 54/1, 1965, S. 270—317, 12 Abb., Stuttgart 1965.
- WEYL, R.: Beiträge zur Geologie El Salvadors. II. Lithogenetische Studien in den Mangroven der Pazifik-Küste. — *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.*, 1953, S. 202—218, 5 Abb., 3 Tab., Stuttgart 1953.
- WIESENER, H.: Zur Petrologie der Flyschgesteine des Wienerwaldes. — *Verh. geol. Bundesanst.*, 1962, S. 273—281, Wien 1962.
- ZEIL, W.: Fazies-Unterschiede in den kretazischen Teiltrögen der alpinen Geosynklinale Bayerns. — *Geol. Rundsch.*, 45, S. 134—143, 4 Abb., Stuttgart 1956.
- : Merkmale des Flysch. — *Abh. Akad. Wiss. Berlin, Kl. 3*, 1, 1960, S. 206—215, 6 Abb., Berlin 1960.
- ZUBER, R.: Über die Entstehung des Flysch. — *Z. prakt. Geol.*, 9, 1901, S. 283—289, Berlin 1901.

Zur Petrologie der ostalpinen Flyschzone

Von H. WIESENER, Wien *)

Mit 4 Abbildungen und 1 Tabelle

Zusammenfassung

Die Flyschzone bei Wien ist 2000—3000 m mächtig und besteht aus marinen Kreide-Paläozän- und Eozänablagerungen. Die oberkretazischen Kahlenberger- und Altenglbacher Schichten — sie entsprechen der Zementmergelserie bzw. der Mürbsandsteine führenden Oberkreide weiter im Westen — sind durch rhythmisch vertikal sortierte Psammit-Pelitschichtfolgen mit charakteristischen Sohlmarken und Lebensspuren, synsedimentären Deformationsstrukturen, Parallel- und Schrägschichtungen im Feinsand-Siltbereich gekennzeichnet. Die sedimentologischen Eigenschaften dieser Flyscheinheiten lassen sich zwanglos durch die Aktivität von Trübeströmen erklären. In der Unterkreide und im Eozän treten die sedimentologischen Charakteristika der Flyschfazies in den Hintergrund. Die mineralogische Zusammensetzung der Sandsteine weist auf ein aus Metamorphiten und Metaplutoniten bestehendes, von Perm- und Juraablagerungen teilweise bedecktes Liefergebiet. Autochthone Massive, heute von den Kalkalpen begraben, sind das wahrscheinliche Liefergebiet der Oberkreidesedimente. Die distributive Provinz des Eozäns liegt in der Böhmisches Masse.

*) Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. H. WIESENER, Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Wien, Wien-I, Dr.-Karl-Lueger-Ring 1.

Abstract

The Flysch zone near Vienna has a thickness of 2000—3000 m and consists of Cretaceous, Paleocene and Eocene marine sediments. Graded bedding, sole markings, convolute and current bedding are frequent in the Upper Cretaceous strata of Kahlenberg and Altlenzbach-Sievering which are to be correlated with the series of cement-marl respectively the Upper Cretaceous with sandstones further west. The sedimentological features of these parts of the flysch zone can be easily explained by the activity of turbidity currents. In Lower Cretaceous and Eocene the typical flysch facies is fading out. Quartz- and calcareous sandstones, silts, shales, marls and subordinated limestones (Neocom) compose the flysch zone. The mineralogical composition of the sandstones points to a distributive province of metamorphic and metaplutonic rocks, partly covered by sediments. Autochthonous massifs bordering the southern fringe of the flysch trough now buried by the Kalkalpen are the source area of the Upper Cretaceous flysch sediments. The Eocene sediments are mostly derived from the Bohemian Massif.

Résumé

La zone du Flysch aux environs de Vienne a une puissance de 2000—3000 m, elle est composée de couches marines de craie, de paléocène et d'éocène. Les couches de Crétacé supérieur de « Kahlenberg » et de « Altlenzbach » correspondent à la série de ciment et marne et au Crétacé supérieur avec grès qui se trouve plus loin à l'Ouest. Ces couches sont caractérisées par des grès granoclassés rythmiques; les grès fins et les silts à la partie supérieure des bancs sont très souvent stratifiés parallèles ou inclinés, il y a aussi des structures convolutes. Les qualités sédimentologiques de cette partie de la zone du Flysch sont expliquées par l'activité de courants de turbidité. Dans le Crétacé inférieur et dans l'éocène le faciès du Flysch diminue. Des quartz, des grès calcaires, des silts, des marnes, des argiles et des calcaires subordonnés composent la zone du Flysch. La composition mineralogique des grès montre une région d'origine composée de roches métamorphiques et metaplutoniques, dont quelques parties sont couvertes par des dépôts de perm et de jura. Des massifs autochtones au Sud du Flysch trog, qui aujourd'hui sont enterrés par les Alpes Calcaires, sont probablement la zone d'origine du Crétacé supérieur. La province distributive de l'éocène se trouve dans le massif Bohémien.

Краткое содержание

Были исследованы морские осадочные породы из флишевой зоны в районе Вены, принадлежащие меловому, палеоценовому и эоценовому периодам. Верхнемеловые слои Kahlenberger и Altlenzbacher состоят из псаммитовых и пелитовых отложений с признаками параллельной и косой слоистости. Автор объясняет образование этих структур подвижной средой потоков. Минералогический состав песчаников, по мнению автора, указывает на то, что область сноса состояла из метаморфитов, метаплутонитов и осадочных пород юрского и пермского периодов.

Einleitung

Die Flyschforschung im Wiener Raum geht, wenn man von den Arbeiten vor der Jahrhundertwende absieht, im wesentlichen auf R. JÄGER (1914), K. FRIEDL (1920) und G. GÖTZINGER et al. (1954) zurück. Bei diesen Ar-

beiten standen stratigraphische und tektonische Fragen im Vordergrund, Sedimentologie und Sedimentpetrographie kamen kaum zu Wort. Eine Ausnahme bildet TH. FUCHS (1895), der in seiner Studie über Fukoiden und Hiroglyphen jenen Marken und Lebensspuren sein besonderes Augenmerk zuwandte, die für Flyschbildungen so typisch sind. Auch A. KIESLINGER (1937) sei erwähnt, der eine bodenphysikalische Deutung der „Gefleißmarken“, besser bekannt als Fließmarken oder flute casts, versuchte.

Vor etwa 6 Jahren begann eine Arbeitsgruppe, A. GOHRBANDT et al. (1960) und H. KÜPPER et al. (1962), mit Untersuchungen in den Flyschablagerungen bei Triest, in Istrien und im Wiener Wald, wobei der sedimentpetrographischen Durcharbeitung des Materials die gleiche Aufmerksamkeit zugewendet wurde wie den paläontologisch-stratigraphischen Fragen.

Die Aufschlüsse in der Flyschzone der Umgebung Wiens sind schlecht. Die Steinbrüche, die den als Wiener Sandstein bekannten und zu unrecht als besonders verwitterungsempfindlich verrufenen Baustein lieferten, verfallen langsam. Es war daher sehr zu begrüßen, daß die durch den Bau der Westautobahn vorübergehend entstandenen Reihenaufschlüsse durch Doktoranden der hiesigen Universitätsinstitute genau untersucht wurden. Ebenso haben die Tiefbohrungen der Erdölfirmen, die die Flyschablagerungen durchörterten und unter der überfahrenen Molasse, das teilweise mit Mesozoikum überlagerte Kristallin anfahren, wesentlich zur Erforschung der Flyschzone beigetragen. Im nördlichen Wiener Becken haben 567 Bohrungen den Flyschuntergrund erreicht; Linenberg 2 durchfuhr 4113 m Flysch, ohne ihn zu durchteufen. Aus dieser Tatsache geht hervor, daß die Mächtigkeit der Flyschablagerungen von Wien nach NE zu an Mächtigkeit gewinnen.

Der derzeitige Stand unserer Kenntnisse von der Stratigraphie der Flyschzone ist mit einigen zusätzlichen Angaben in der nachstehenden Tabelle (nach GRILL, KÜPPER und PREY, 1962) wiedergegeben. Die tektonische Gliederung der Flyschzone, K. FRIEDL (1920), wurde im wesentlichen von G. GÖTZINGER (1954) übernommen, seine Karte ist nach den Ergebnissen der mikropaläontologischen Untersuchungen revisionsbedürftig, stellt aber doch die zur Zeit beste kartenmäßige Darstellung der geologischen Verhältnisse der Flyschzone bei Wien dar.

Zur Sedimentologie

Schon aus der stratigraphischen Tabelle ist ersichtlich, daß rhythmische Vertikalsortierungen in den Kahlenberger- und in den Altlenzbacher Schichten verbreitet auftreten. Im Westen entspricht noch die Zementmergelschicht (S. PREY und H. KÜPPER et al. 1962) den Kahlenberger Schichten und die Mürbsandsteine führende Oberkreide den Altlenzbacher—Sieveringer Schichten. Wir bevorzugen diesen deskriptiven Terminus gegenüber der genetischen Bezeichnung „Turbidite“. Die sorgfältigen Profilaufnahmen von W. GRÜN et al. (1964) und G. NIEDERMAIR (1966) entlang der Autobahntrasse ermöglichen einen guten Einblick in die Sedimentationsvor-

Tab. 1. Stratigraphie, Lithologie und Typlokalitäten der Flyschzone bei Wien nach G. GÖTZINGER, R. GRILL, H. KÜPPER und S. PREX.

Zeitgliederung	Greifensteiner Decke	Kahlenberger Decke	„Hauptklippenzone“	Laaber Decke
Paläozän Eozän	Wemmelien, Ledien Lutet Cuisien Ilerdien	Greifensteiner Sandstein Höflein, Steinbruch des Strombauamtes	Gablitzer Schichten Sandsteine u. Quarzite Bunte Schiefertone	Laaber Schichten Schieferone, Sandsteine, Steinbrüche N Laab a. Walde; Sandsteine SE und S St. Corona
Obere Kreide	Dan Maastricht Campan Santon Coniac Turon Cenoman	Altlenbacher Schichten Geopetalrhythmite, Steinbruch in Nest S St. Christophen	Altlenbacher und Sieveringer Schichten Geopetalrhythmite Steinbruch Gspöttgraben in Sievering Kahlenberger Schichten Geopetalrhythmite Steinbrüche bei Kahlenbergendorf	Schwarze Schieferone, Glaukonitquarzite, Glaukonitsandsteine Kahlenberger Schichten Geopetalrhythmite Kaumberger Schichten Sandsteine, Kieselkalke, bunte Schieferone, Aufschlüsse im Triestingbach N Bahnhof
Untere Kreide	Gault Neocom	Quarzite, Schieferone, Hornsteinkalke	Stollenberger Schichten, Graben SE Nutzhof	

gänge. Der Sandgehalt wechselt in den einzelnen Profilen, er beträgt in den etwa 600 m mächtigen Kahlenberger Schichten 35—50% und steigt in den ungefähr gleich mächtigen Altlenzbacher—Sievinger Schichten von 50—80% an.

Die sedimentologische Einheit der Geopetalrhythmiten ist die vertikal sortierte Bank. Die Kahlenberger Schichten bestehen nach unseren Schät-

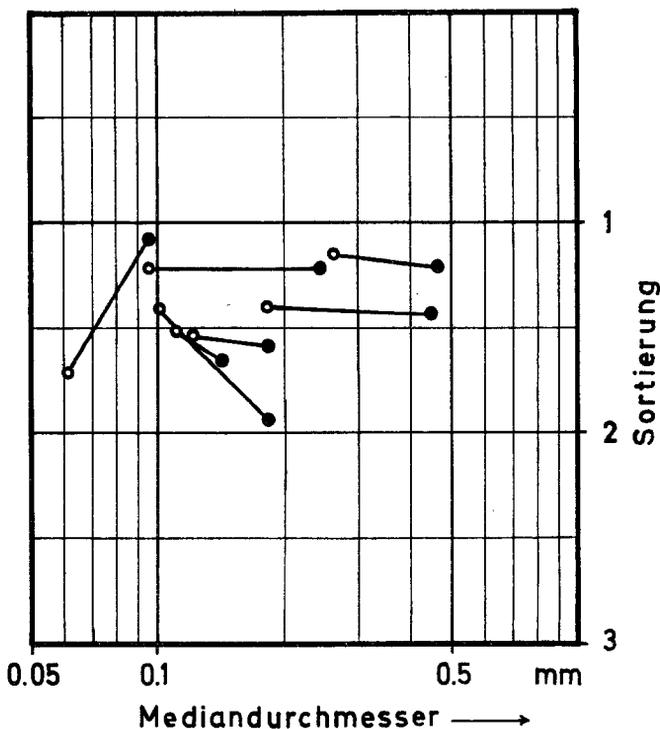


Abb. 1. Sortierung (So nach TRASK) versus Mediandurchmesser.
Ringe = Oberseite, Punkte = Unterseite einer Bank.

zungen aus 500—700 Zyklen, die Altlenzbacher Schichten aus etwa der gleichen Anzahl. Die Mächtigkeit der Einzelbank schwankt von wenigen Zentimetern bis zu etwa 2 Metern. Die Korngrößen und Korngrößenverteilung wurden von H. WIESENER (1962) und G. NIEDERMAYR (1966) studiert. Die starke Verfestigung der Sedimente verlangt die umständliche Korngrößenanalyse in Dünnschliffen, die nach der Methode von MÜNZNER und SCHNEIDERHÖHN (1953) durchgeführt wurde. Abb. 1 läßt erkennen, daß der Mediandurchmesser von der Unterseite bis zur Oberseite einer Bank durchschnittlich um eine halbe Größenordnung abnimmt. Die Sortierung zeigt im allgemeinen abnehmende Tendenz.

Im Flyschgebiet des Wiener Waldes sind fast alle für Flyschablagerungen typischen sedimentären Strukturen vertreten, sie sind bei H. WIESEN-

EDER (1962) abgebildet. An der Basis der vertikalsortierten Bänke finden sich, und zwar meist die ganze Unterseite überziehend, Fließmarken, von PH. H. KUENEN (1957) als *flute casts* bezeichnet. Die Form dieser Gebilde spricht auch hier für die allgemein geltende Auffassung, daß es sich um Auskolkungsformen in dem liegenden Pelit handelt, die mit Sedimentmaterial ausgefüllt sind. Die Größe dieser ovalen oder dreieckigen Körper hängt mit der Korngröße des ausfüllenden Sandes zusammen. 1,5 m Länge und 0,3—0,5 m Breite wurden in den Sievinger Schichten (Steinbruch Sievering) an den Kolkmarken gemessen, die mittlere Korngröße des Sandes beträgt 0,5 mm. Am Exelberg sind die Fließmarken nur 5 cm lang, 2,5 cm breit und 1 cm hoch, die mittlere Korngröße des ausfüllenden Sandes beträgt 0,05 mm. Die durchgeführten Messungen der Orientierung der Fließkörper, H. WIESENER (1962), W. GRÜN et al. (1962) sprechen für trogparallele Strömungen aus NE. Schleifmarken (*drag marks*) sind ebenfalls von der Autobahntrasse und von der Steinernen Lahn bei Hütteldorf bekannt geworden. Die Rillen überziehen ganze Flächen, sind 5—10 mm breit und einige mm tief. Gewöhnlich kreuzen sich 2—3 parallele Scharen im spitzen Winkel. Ihre Orientierung entspricht der der Fließmarken. Die genetische Deutung der Schleifmarken bereitet immer noch Schwierigkeiten. An einer Probe von der Autobahn bei Preßbaum, hinterlegt im Institut für Geologie der Universität Wien und abgebildet bei H. WIESENER (1962) finden sich am Ende einzelner Rillen Geröllchen, die offensichtlich vor ihrer endgültigen Ablagerung diese Furchen zogen. Daneben scheint aber auch die Annahme, daß suspendierte Tongerölle die Einkerbungen geschaffen haben, DZULINSKI und RADOMSKI (1955) wahrscheinlich, zumal Tongerölle wiederholt in den Sandsteinen beobachtet wurden. Weniger überzeugend ist die Vermutung TEN HAAFS (1959), der annimmt, daß es die von einem Suspensionsstrom passiv über den Boden bewegten Organismen sind, die diese Schleifspuren erzeugen. Die von uns beschriebene Entstehung der *drag marks* durch Gerölle hat bereits R. R. SHROCK (1948), gestützt auf ältere Literatur, in Betracht gezogen. Unregelmäßige Sandkörper, die als Auflastmarken gedeutet werden, wurden vielfach beobachtet, sie gehen teilweise in Fließmarken über. Bis zum oberen Drittel sind die Sandbänke im allgemeinen ungeschichtet. Die obersten Sandlagen sind meist übersät mit Glimmer und Pflanzenhäcksel. Auch diese Erscheinung gehört in den Zyklus der Vertikalsortierung und hat nichts mit Spülsäumen zu tun. Wir erklären diese Art der Glimmer- und Pflanzenhäckselanreicherung mit dem langsamen Absinken der blättchenförmigen und leichten Bestandteile in einer Schlammsuspension.

Nicht selten folgt über den glimmerreichen Lagen eine 20—30 cm mächtige synsedimentär gefaltete Schicht (*convolute bedding*). Besonders auffällig ist die zu beobachtende Parallelität der oberen und unteren Grenzschicht. Nach den vorgenommenen Messungen stehen die Achsen dieser synsedimentären Deformationsfaltungen senkrecht auf die Längsrichtung der Fließmarken, d. h., daß es sich um Gleitungen mit Faltenbildung auf geneigtem Untergrund handelt. Es sei hier angemerkt, daß sich ähnliche Erscheinungen auch im Molassebereich finden. Diese Strukturen sind aus

den Steinbrüchen bei Kahlenbergdorf, Grinzing und Sievering sowie von den Aufschlüssen an der Autobahn bei Preßbaum bekannt. Über der Fließfaltenschicht, seltener darunter, folgen parallel- und schräggeschichtete Siltsteine. Es ist besonders hervorzuheben, daß die Parallel- und Schrägschichtungen im Flysch des Untergrundes des Wiener Beckens herrschend werden, so daß man von Sandstreifenflysch sprechen kann. Eine ganz ähnliche Entwicklung zeigen Helvet und Burdigal der Molassezone (Sandstreifenschlier).

Grauwacken in der Flyschzone?

Bei der Diskussion der Petrologie der Flyschgesteine wird bei vielen Autoren die Assoziation Flysch—Grauwacken—turbidity-currents erweckt. Die Verhältnisse in den Ostalpen sind jedoch komplexer, um mit dieser einfachen Formel charakterisierbar zu sein. Wenn es auch hier nicht möglich ist, die verwirrende Geschichte des wechselnden Gebrauchs des Wortes Grauwacke zu geben, so sei doch darauf hingewiesen, daß diese aus dem Harz stammende Gesteinsbezeichnung ursprünglich für dunkle, stark verfestigte paläozoische Sandsteine verwendet wurde. Der Begriff hat Eingang in die amerikanische Sedimentpetrographie gefunden und dort eine in der internationalen Literatur weitgehend angenommene Neuformulierung erfahren. Folgen wir F. J. PETTIJOHN (1957), so sind Grauwacken Gesteine mit mehr als 25% Feldspäten oder (und) instabilen Gesteinsfragmenten und mehr als 15% primärem Zwischenmittel. Diese von uns mit einigen Veränderungen übernommene Definition, H. WIESENER (1961), ist von H. G. HUCKENHOLZ (1963) dahingehend kritisiert worden, daß die Verwendung von Mineralbestand und Matrix als Parameter der Klassifikation, Korngrößenverteilung und mineralogischen Zusammensetzung in unzulässiger Weise miteinander vermengt. Jedoch ist eine nur auf den Mineralbestand aufgebaute Klassifikation unzureichend, da Korngröße, Korngrößenverteilung und Mineralbestand gleichwertige Elemente der Sandsteinklassifikation sind. Für Grauwacken ist eben schlechte Sortierung (So nach TRASK $> 2,5$)¹⁾ charakteristisch. Da es vielfach nicht möglich ist, die Korngröße $< 0,02$ mm nach dem Mineralbestand aufzugliedern, wurde es als zweckmäßig empfunden, diese als Matrix zusammenzufassen. Ein sehr wichtiges negatives Merkmal der Grauwacken an der Typlokalität ist das Fehlen oder starke Zurücktreten von Karbonaten. Gerade mit Rücksicht auf die untersuchten Flyschgesteine der Ostalpen sei daher vorgeschlagen, nur solche Gesteine als Grauwacken zu bezeichnen, die neben der angegebenen Charakteristik weniger als 10% Karbonat enthalten. Auch ein besonders starker Verfestigungsgrad mit Rekristallisation der Matrix ist für Grauwacken typisch. Für schlecht sortierte Psammite und Psephite im allgemeinen wird sich die von G. FISCHER (1933) vorgeschlagene Bezeichnung Wacke, die auch Eingang in die amerikanische Literatur gefunden hat, empfehlen. Auf diese Frage soll jedoch ausführlicher in einem anderen Zusammenhang eingegangen werden.

¹⁾ Vorschlag des Verfassers.

Aus den bisherigen Untersuchungen ergibt sich unter Beachtung obiger Hinweise, daß die Psammite der Flyschzone im allgemeinen nicht unter den Begriff „Grauwacke“ fallen, sondern als Sandsteine oder Arenite zu bezeichnen sind.

Gesteine der Flyschzone

Für das Neocom sind neben Schiefertonen Kalksteine und Hornsteinkalke leitend; es handelt sich vorwiegend um Gesteine reich an benthonischen Foraminiferen mit rekristallisierter pelitischer Matrix. Vereinzelt Glaukonitkörner, authigener Albit sowie wenige detritäre Quarzkörner sind zu beobachten. Neben diesen Biocalciliten treten auch Quarz-Lithocalcarenite (Korngröße 0,2—0,5 mm) auf. Als Komponenten sind Quarz, Hornsteinbruchstücke, Quarzite sowie vereinzelt auch Graphitphyllite vertreten. Die Hornsteinknollen bestehen aus Chalcedonfasern, die diffus mit dem Kalzitgrundgerüst des Gesteines verbunden sind. Nach G. WOLETZ (1950) und eigenen Untersuchungen weisen diese Gesteine nur geringe Schwermineralgehalte auf; Zirkon, Turmalin, Rutil könnten aus aufgearbeiteten Perm- und Jurasandsteinen stammen.

Kieselige, grüne und dunkle Glaukonitsandsteine, auch als Glaukonitquarzite oder „Ölquarzite“ beschrieben, sind für das Gault charakteristisch. Die Komponenten dieser Gesteine bestehen zu mehr als 90% aus splittrigen Quarzkörnchen, die bis 1 mm Durchmesser erreichen. Die wenigen Feldspäte sind teilweise in Kalzit umgewandelt, wiewohl dieses Mineral den Gesteinen sonst fehlt. Der zwischen den locker gepackten Körnern freie Raum ist mit einer braunen kieseligen von Glaukonitkörnchen und Verunreinigungen durchsetzten kieseligen Matrix erfüllt. Dieses Mineralgefüge macht es wahrscheinlich, daß Komponenten und kieselige Matrix simultan abgelagert wurden. Vermutlich herrschte im Rückland des Flyschtroges lateritische Verwitterung, so daß Kieselsäure in größerem Maße frei wurde. Auch die begleitenden roten Schiefertone, bestehend aus Quarz, Illit, Chlorit, Kaolinit und Hämatit, weisen auf ein Roterdeklima im Liefergebiet. Petrographisch ähnliche Gesteine finden sich auch in den Kaumberger Schichten und im Eozän, ein Anzeichen für die Wiederholung ähnlicher klimatischer Bedingungen.

Die dunklen Kahlenberger Sandsteine (Santon/Campan) bestehen am locus typicus (Donauwarte, Kahlenbergerdorf) aus etwa 50% detritärem und authigenem Karbonat, 10—25% Mikroklin und Plagioklas (meist Oligoklas), Quarz, Biotit, Muskovit, Chlorit und den Akzessorien Granat, Turmalin, Zirkon, Apatit, Rutil sowie Erzen. Die Schwermineralassoziationen sind durch ausgeprägte Granatmaxima gekennzeichnet (Abb. 3).

Die Altlenzbacher—Sieveringer Sandsteine (Maas-tricht) sind in ihrer Zusammensetzung ähnlich, jedoch ärmer an Karbonat (etwa 10%). In den Schwermineralassoziationen tritt der Zirkon bereits deutlich hervor.

In der mineralogischen Zusammensetzung der vertikal sortierten Sandsteine zeigen sich von unten nach oben charakteristische Unterschiede. Die Zunahme des Kalzitgehaltes mit sinkender Korngröße ist schon von F. BRIX (mündliche Mitteilung) vor Jahren festgestellt worden und hat sich durch weitere Untersuchungen bestätigt. Es kommen lithische Komponenten, Mikrofossilien, Megafossilbruchstücke und authigener Kalzit in wechselnden Mengen vor.

Die Kahlenberger Sandsteine der Laaber Decke (Hütteldorf, Dammachtal) sind zum Teil als Quarz-Biocalciarenite ausgebildet. Die die Sand-

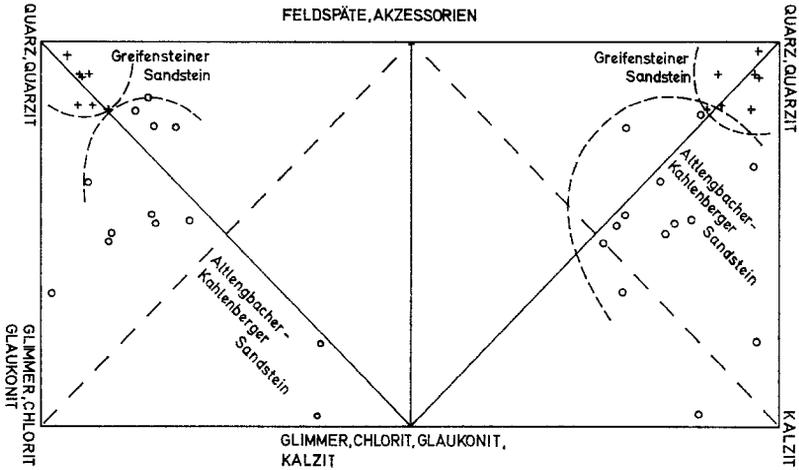


Abb. 2. Hauptgemengteile von Flyschsandsteinen im Konzentrationstetraeder.

steinlagen trennenden „Zementmergel“ bestehen nach der chemischen Analyse, H. WIESENER (1962), aus 75 Gew.-% Karbonat. Die Dünnschliffanalysen ergaben ein sehr feinkörniges Gefüge von Kalzitkriställchen ohne Anzeichen bioklastischer oder lithischer Elemente, so daß wir diese Gesteine für chemische Präzipitate halten möchten. Die pelitischen Zwischenlagen der Altlengbacher Schichten sind so wie diese selbst ärmer an Karbonaten.

Eine Sortierung in vertikaler Richtung zeigen auch die Schwerminerale. Die graphische Darstellung der von G. NIEDERMAYR (1966) Abb. 3/4 angegebenen Daten läßt die Abnahme des Granats und die Zunahme des Zirkons innerhalb einer gradierten Bank von unten nach oben erkennen. Auch diese Erscheinung läßt sich, so wie die Abnahme des Gesamtschwermineralgehaltes in der gleichen Richtung, durch die Sedimentation aus einer Schlammsuspension erklären.

Ein besonders charakteristisches Gestein der nördlichen Greifensteiner Decke ist der paläozäne-untereozäne Greifensteiner Sandstein. Bei Höflein kommen in Konglomeratlagen Quarz-, Phyllit-, Neocomkalk- und Granitgerölle vor. Der Quarzgehalt (Abb. 2) der Sandsteine liegt zwi-

schen 91 und 75% der Feldspatgehalt unter 10%, es handelt sich somit um reine Quarzsandsteine. Das sekundäre Bindemittel ist kalkig, seltener kieselig. Glaukonit ist verbreitet und füllt Porenräume xenomorph aus. Das Mineral wurde daher im plastischen Zustand mit den Sandkörnern eingebettet und ist wahrscheinlich in unmittelbarer Nähe entstanden. Zirkon in mannigfacher Form ist vorherrschendes Schwermineral, begleitet von Monazit, Granat, Rutil, Apatit, Magnetit und Ilmenit. Gerölle mit 5—6 cm Durchmesser sprechen unseres Erachtens für eine ufernahe Bildung geringer Tiefe, da Schlammuspensionen solche Gerölle kaum längere Zeit

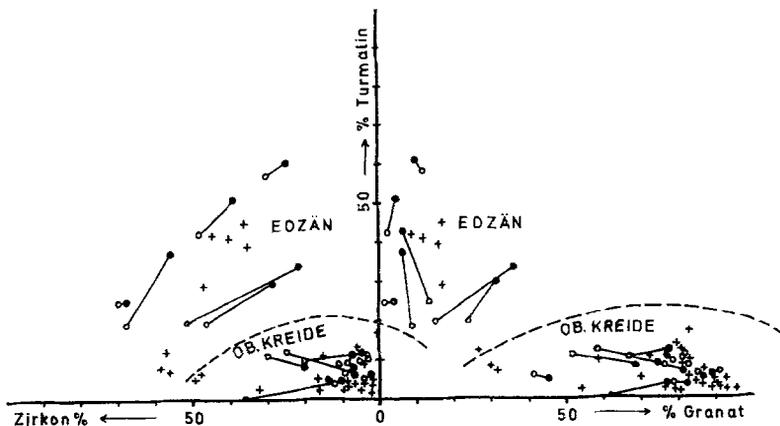


Abb. 3. Durchsichtige Schwerminerale in Flyschsandsteinen. Zirkon, Granat, versus Turmalin. Ringe = Oberseite, Punkte = Unterseite einer Bank, Kreuze = Proben an beliebiger Stelle.

in Schwebelage zu halten vermögen. In die gleiche Richtung weist ein 5 cm mächtiges über 15 m in der Horizontalen verfolgbares Kopalitvorkommen (Höbersbach). Auch dies ist als Seichtwasserbildung einfacher zu erklären als durch einen Ferntransport.

Kollege SEILACHER machte mich freundlicherweise aufmerksam, daß das Auftreten von Paläodictyon im Greifensteiner Sandstein nach seinen Untersuchungen für eine große Ablagerungstiefe spricht. Da diese Lebensspur aber auch in tortonen Flachwasserablagerungen bei St. Wolfgang in der Südsteiermark (heute Jugoslawien) bei Kartierungsarbeiten der Rohölgewinnungs AG gefunden wurde (Bestimmung von V. SCHORS und A. PAPP), ist der bathymetrische Aussagewert der genannten Lebensspur zweifelhaft. Die Proben befinden sich im Archiv der Rohölgewinnungs-AG in Wien und wurden von Herrn Dir. Dr. R. JANOSCHEK freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

Die nur in wenigen Proben untersuchten Gablitzer und Laaber Schichten zeigen in sedimentpetrographischer Hinsicht Ähnlichkeit mit dem Greifensteiner Sandstein.

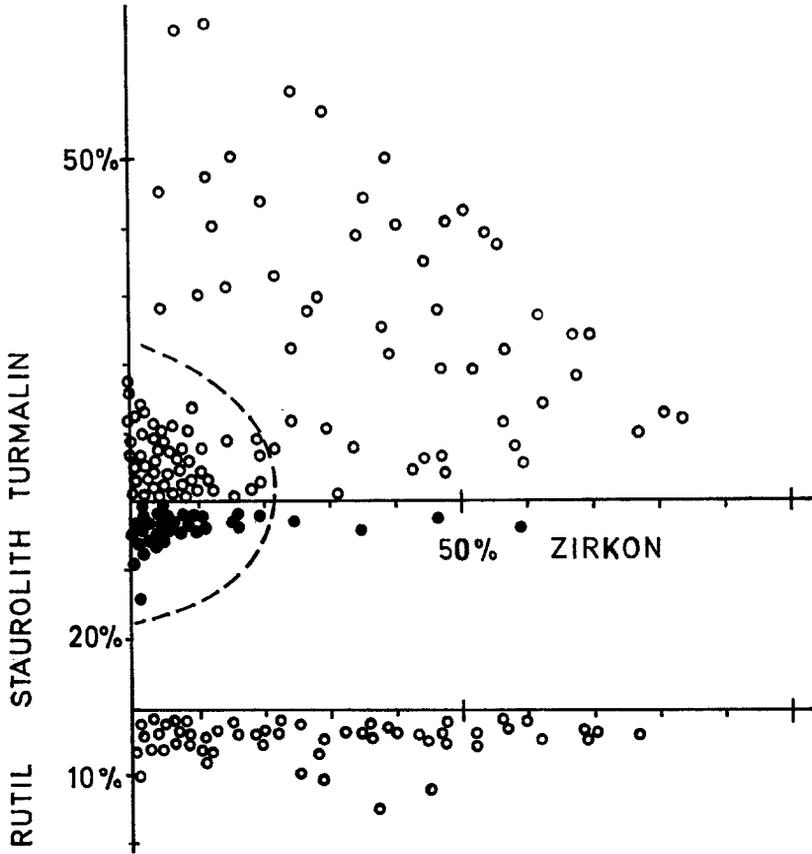


Abb. 4. Durchsichtige Schwerminerale in Flyschsandsteinen, Turmalin, Staurolith, versus Zirkon.

Schlußfolgerung

Nach unseren Beobachtungen in verschiedenen Gebieten läßt sich der Begriff „Flysch“ als eine zeitlich nichtgebundene Lithofazies beschreiben. Vertikal sortierte Psammitrhythmite mit den charakteristischen Sohlmarken und Lebensspuren, synsedimentäre und fröhdiagenetische Deformationsstrukturen, Parallel- und Schägsschichtungen im Feinsand-Siltbereich sind für Flyschablagerungen typisch. Die ostalpine Flyschzone in Österreich enthält alle diese Elemente, und die Mitarbeiter unserer Arbeitsgruppe stimmten überein, daß die von PH.H. KUENEN (1953) zur Erklärung des Phänomens Flysch vorgeschlagene turbidity-current-Hypothese zwanglos die geschilderten Erscheinungen zu erklären vermag. Dies gilt besonders für die Vertikalsortierung der Korn-

größen und Minerale. Die Sedimentation aus Trübeströmen ist dem Absatz eines polydispersen Systems in einem Schlammzylinder ähnlich, d. h., daß die Sortierung mit sinkendem Mediandurchmesser zunimmt, wie dies auch an den untersuchten Schichtfolgen gezeigt werden konnte. Zur Entwicklung der Flyschfazies sind aber auch große Mengen kristallinen Schuttes erforderlich, wie sie von tief verwitterten kristallinen Massiven geliefert werden können.

Trübestrome entstehen nach PH. H. KUENEN (1959) nur bei beträchtlichen Meerestiefen, die von einzelnen Autoren für das Flyschmeer bezweifelt werden. Bedenkt man aber, daß der ostalpine Flyschtrog 500 km lang und mindestens 100 km breit war, so darf man dem Flyschmeer eine Tiefe von einigen hundert Metern gewiß zubilligen, ist doch der Bodensee an seiner tiefsten Stelle auch 252 m tief.

Allerdings wird man dem Flyschmeer auch Uferzonen zugestehen müssen. Für das Gebiet des Wienerwaldes kommt die feinkonglomeratische „Kreide des Klippenraumes“ und für das Paläozän-Eozän der Greifensteiner Sandstein als ufernahe Seichtwasserbildung in Frage.

Die oft zitierte Fossilarmut der Flyschablagerungen ist nicht so allgemein, wie man nach dem Studium der Literatur glauben könnte. Schon die Kahlenberger Schichten der Laaber Decke bestehen in einzelnen Aufschlüssen vorwiegend aus organogenem Detritus. In den Flyschablagerungen des Adriagebietes wies GOHRBANDT (1960) reine Globigerinenfaunen nach, die nach diesem Autor nur mit größerer Wassertiefe erklärbar sind. Trotz mancher Konvergenzerscheinungen unterscheidet sich die mineralogische Zusammensetzung der Flyschgesteine in kennzeichnender Weise von der der Molasseschichten. Es hängt dies damit zusammen, daß dem Flyschtrog noch kein Detritus aus den kalkalpinen Zonen zugeführt wurde. Besonders auffällig ist das Fehlen der in der alpinen Trias verbreiteten Dolomite in den Flyschsandsteinen. Geröllstudien, die petrographische Untersuchungen der Sandsteine und Pelite sowie Schwermineraluntersuchungen (CH. EXNER und G. GÖTZINGER, 1953, G. NIEDERMAYR, 1965, H. WIESENER, 1962 und G. WOLETZ, 1950, 1962) weisen auf ein aus metamorphen und plutonischen bzw. metaplutonischen Gesteinen bestehendes Liefergebiet.

In der Unterkreide ist von diesem Kristallin noch wenig zu bemerken. Die geringen Gehalte von Zirkon, Turmalin und Rutil lassen sich aus Perm- und Jurasedimenten, die das Kristallin zu dieser Zeit noch verdeckten, ableiten. Erst die Oberkreide (Kahlenberger—Altengbacher Schichten) ist zum größten Teil aus kristallinem Detritus aufgebaut. Das verbreitete Auftreten von Feldspäten, die Schwermineralassoziationen Granat, Staurolith, Rutil, Zirkon weisen auf ein aus Gneisen und Granatglimmerschiefern zusammengesetztes Kristallin hin. Paläogeographische Gründe sprechen dafür, daß dieses Kristallin den Flyschtrog im Süden begrenzte. Schon F. E. SUESS (1929) hat darauf hingewiesen, daß die gemeinsame Abstammung von einem kristallinen Grundgebirge den Flyschablagerungen ungleicher Meeresräume und Meerestiefen ihren einheitlichen Charakter verleiht. Dieses Kristallin, heute unter den Decken der nördlichen Kalkalpen begraben, ist in seiner

Position den autochthonen Massiven der Westalpen zu vergleichen. Die Zusammensetzung des Greifensteiner Sandsteins weist dagegen auf eine Schüttung aus einem Granitgebiet der Böhmisches Masse.

Vulkanische Gesteine, Pikrite und Diabase, R. JANOSCHEK et al. (1956), sind auf den Südrand der Flyschzone beschränkt, sie wurden in gleicher Position im Flysch des Untergrundes des Wiener Beckens, H. WIESENER und E. ZIRKL (1955), nachgewiesen. Hier konnte sie auch zeitlich eingeordnet werden.

Geosynklinale Gesteinsserien unterscheiden sich durch ihre größere Mächtigkeit, durch ihre Faltung und ihre laterale Ausdehnung von den gleichalten Schichtfolgen der Vorländer. So gesehen ist eine lithologische Charakteristik geosynklinaler Sedimente nur schwer möglich, da in den Alpen die mesozoischen Metasedimente des Penninikums (vorwiegend Kalkphylite), die ostalpinen mesozoischen Schichtfolgen (vorwiegend Karbonatgesteine) und der Flysch der obigen Charakteristik entsprechen.

Literatur

- ABERER, F. & BRAUNMÜLLER, E.: Über Helvetikum und Flysch im Raume nördlich Salzburg. — *Min. Geol. Ges.*, Wien, **94**, 1—59, 1956.
- BOUMA, A. H.: *Sedimentology of some Flysch deposits.* — Elsevier Co., Amsterdam—New York 1962.
- BAUMA, A. H., und BROUWER, A.: *Turbidites.* — Elsevier Co., Amsterdam—London—New York 1964.
- BRIX, F. & GÖTZINGER, K.: Die Ergebnisse der Aufschlußbohrungen der ÖMVAG in der Molassezone Niederösterreichs in den Jahren 1957—1963 (Teil 1). — *Erdöl-Zeitschrift Wien—Hamburg*, 57—76, 1964.
- DZULYNSKI, S. & RADOMSKI, A.: Origin of groove casts in the light of turbidity currents hypothesis. — *Acta Geol. Polonica*, **5**, 47—66, 1955.
- FISCHER, G.: Die Petrographie der Grauwacken. — *Jb. d. Preuß. Geol. Landesanst.*, Berlin, **54**, 320—343, 1933.
- FRIEDL, K.: Stratigraphie und Tektonik der Flyschzone des östlichen Wienerwaldes. — *Mitt. Geol. Ges.*, Wien, **13**, 1—80, 1920.
- FUCHS, TH.: Studien über Fucoiden und Hieroglyphen. — *Denkschr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl.* **62**, 369—448, 1895.
- FÜCHTBAUER, H.: Zur Nomenklatur der Sedimentgesteine. — *Erdöl und Kohle, Hamburg*, **12**, 605—613, 1959.
- GOHRBANDT, K., KOLLMANN, K., KÜPPER, H., PAPP, A., PREY, S., WIESENER, H. & WOLETZ, G.: Beobachtungen im Flysch von Triest. — *Verh. Geol. Bundesanst.*, Wien, 162—196, 1960.
- GÖTZINGER, G. & EXNER, Ch.: Kristallingerölle und -scherlinge des Wienerwaldflysches und der Molasse südlich der Donau. — *Kober Festschrift, Hollineke, Wien* 1953, 81—106.
- GÖTZINGER, G., GRILL, R., KÜPPER, H., & VETTERS, H.: Geologische Karte der Umgebung von Wien 1 : 75 000. — *Geol. Bundesanstalt, Wien* 1952.
- GÖTZINGER, G., GRILL, R., KÜPPER, H., LICHTENBERGER, E. & ROSENBERG, G.: Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Wien 1 : 75 000. — *Geol. Bundesanstalt, Wien* 1954.
- GRILL, R.: Der Flysch der Waschbergzone und das Jungtertiär um Ernstbrunn (Niederösterreich). — *Jb. Geol. Bundesanst.*, Wien, **96**, 65—116, 1953.
- GRÜN, W., NIEDERMAYR, G. & SCHMID, M. E.: Untersuchungen an der Autobahn (Westeinfahrt km 281,985—282,350) SW Dürnwien (Flysch, Kahlenberger

- Decke). — Mitt. d. Ges. d. Geologie- u. Bergbaustudenten, **12**, 105—112, 1960.
- GRÜN, W., LAUER, G., NIEDERMAYR, G. & SCHNABEL, W.: Die Kreide-Tertiär-Grenze im Wienerwaldflysch bei Hochstraß. — X Verh. Geol. Bundesanst., Wien, 226—282, 1964.
- HESSE, R.: Herkunft und Transport der Sedimente im bayrischen Flyschtrog. — Verh. Geol. Bundesanst., Wien, Sonderheft G, 147—170, 1965.
- HUCKENHOLZ, H. G.: Der gegenwärtige Stand der Sandsteinklassifikation. — Fortschr. Miner. Stuttgart, **40**, 151—192, 1963.
- JÄGER, R.: Grundzüge einer stratigraphischen Gliederung der Flyschablagerungen des Wienerwaldes. — Mitt. Geol. Ges., Wien, **7**, 122—172, 1914.
- JANOSCHEK, R., KÜPPER, H. & ZIRKL, E. J.: Beiträge zur Geologie des Klippenbereiches bei Wien. — Mitt. Geol. Ges., Wien, **47**, 235—308, 1954.
- JANOSCHEK, W.: Geologie der Flyschzone und der helvetischen Zone zwischen Attersee und Traunsee. — Jahrb. Geol. Bundesanst., Wien, **107**, 161—214, 1964.
- KIESLINGER, A.: Bodenphysikalische Betrachtung von Gefießmarken. — Senkenbergiana, **19**, 127—138, 1937.
- KRAUS, E. C.: Ergebnisse der nordalpinen Flyschforschung. — Geol. Rundschau, **32**, 288—303, 1941.
- : Flyschprobleme im Allgäu. — Max-Richter-Festschr., Clausthal-Zellerfeld 1965, 23—28.
- KUENEN, Ph. H.: Turbidity currents a major factor in flysch deposition. — *Eclogae geol. Helv.*, Basel, **51**, 1009—1021, 1958.
- : Sole markings of graded graywacke beds. — *The Journal of Geology*, **65**, 231—258, 1957.
- KAPONEK, J., KÖLBL, L. & WEINBERGER, F.: Results of new exploration in the basement of the Vienna Basin. — *Proceedings of the Sixth W.P.C. Section I paper 2*, 205—227, 1963.
- KÜPPER, H., GRILL, R., PREY, S., WOLETZ, G., WIESENER, H. & PAPP, A.: Beobachtungen im Flysch des Wienerwaldes. — Verh. Geol. Bundesanst., Wien, 162—196, 1962.
- KÜPPER, H., PREY, S., PAPP, A., STRADNER, H., KOLLMANN, K., GOHRBANDT, G., WIESENER, H. & WOLETZ, G.: Beobachtungen im Flysch von Istrien. — Verh. Geol. Bundesanst., Wien, 163—245, 1962.
- KÜPPER, H.: Geologie von Wien. — Hollinek, Wien; Bornträger, Berlin 1965.
- MÜNZNER, H. & SCHNEIDERHÖHN, P.: Das Sehnenschnittverfahren. — *Heidelberger Beitr. Min. u. Petr.*, **3**, 465—471, 1953.
- NIEDERMAYR, Q.: Beiträge zur Sedimentpetrographie des Wienerwald-Flysches. — Dissertation, Wien 1965.
- PREY, S.: Geologie der Flyschzone im Gebiet des Pernecker Kogels westlich Kirchdorf a. d. Krems (Oberösterreich) 1951.
- : Gedanken über Flysch und Klippenraum in Österreich. Anlässlich einer Exkursion in die polnischen Karpaten. — Verh. Geol. Bundesanst., Wien, 197—214, 1960.
- PETTIGREW, F. J.: *Sedimentary Rocks*. — Harper and Brothers, New York 1957.
- RAD, U. V.: Die Flyschzone des östlichen Allgäus zwischen Iller und Lech. — *J. Ber. u. Mitt. Oberrhein, Geol. Ver. N. F.*, **44**, 31—42, Stuttgart 1962.
- SHROCK, R. R.: *Sequence in layered rocks*. — McGraw Hill Book Co., New York—Toronto—London 1948.
- SUËSS, F. E.: Grundsätzliches zur Entstehung der Landschaft von Wien. — *Z. Dtsch. Geol. Ges.*, Berlin, **81**, 177—186, 1929.

- TEN HAAF, E.: Graded beds of the Northern Appenines. — Dissertation, Groningen 1959.
- WIESENER, H. & ZIRKL, E.: Ein Diabas im Untergrund des Wiener Beckens. — Verh. Geol. Bundesanst., Wien, 1956, 177—180, 1955.
- WIESENER, H.: Über die Gesteinsbezeichnung Grauwacke. — Tschem. Min. Petr. Mitt., Wien, 451—454, 1961.
- : Zur Deutung sedimentärer Strukturen in klastischen Sedimenten. — Mitt. Geol. Ges., Wien, 54, 249—260, 1962.
- WOLETZ, G.: Schwermineralanalysen von klastischen Gesteinen aus dem Bereich des Wienerwaldes. — Jahrb. Geol. Bundesanst., Wien, 94, 167—194, 1950.
- ZEIL, W.: Fazies-Unterschiede in kretazischen Teiltrögen der alpinen Geosynklinalen Bayerns. — Geol. Rundschau, 45, 134—143, 1956.
- : Merkmale des Flysch. — Abh. dtsh. Akad. Wiss. Berlin, Kl. III, 206—215, 1960.

Formations et faciès dans la zone du Flysch des Carpates Orientales Roumaines

Par LORIN R. CONTESCU, Bucarest*)

Avec 9 figures et 2 tableaux

Zusammenfassung

Nach einem kurzen Blick über den strukturellen Rahmen und über die tektonischen Einheiten der rumänischen Ostkarpaten beschreibt der Verfasser die Haupttypen der geosynklinalen Bildungen, die sich in diesem Gebiet befinden.

Es werden zwei Kategorien von Formationen unterschieden: die vordiastrrophischen (die Kalk- und Tonschiefer-Formationen) und die syndiastrrophischen (Präflysch, Flysch, Postflysch und Molasse). Es wird eine Detailbeschreibung der der Ostkarpatischen Flyschzone angehörenden Bildungen und Fazien gegeben.

In einem letzten Kapitel skizziert der Verfasser ein Bild des Werdeganges der geosynklinalen Sedimentation in der Flyschzone und analysiert die gegenseitigen Verhältnisse zwischen Diastrophismus und Sedimentation, sowie die in Raum und Zeit existierenden Beziehungen zwischen den verschiedenen Bildungen und Fazien.

Abstract

After a brief look at the structural framework and the tectonic units of the Romanian Eastern Carpathians, the author describes the principal types of geosynclinal deposits from this area: Two categories of formations are distinguished: the prediastrophic limestone and shaly formations and the syndiastrophic Präflysch, Flysch, Postflysch and Molasse formations.

A detailed description of the formations and facies belonging to the Flysch zone of the Eastern Carpathians is given.

*) Anschrift des Verfassers: Dr.-Ing. LORIN CONTESCU, Institut de Géologie de l'Académie de la République Socialiste de Roumanie, Soseaua Kiscleff Nr. 55, Bucarest-3, R. S. Roumanie.