

# Die Nummuliten-Breccien im Flyschbecken von Ajdovšvina in Slowenien als Beispiel karbonatischer Turbidite

Von WOLFGANG ENGEL, Göttingen \*)

Mit 5 Abbildungen

## Inhalt

Zusammenfassung

Summary

Povzetek

Einleitung

Das Flyschbecken von Ajdovšvina

Aufbau der Nummuliten-Breccien

Unterschiede zu silikatischen Turbiditen

Das Liefergebiet

Erosion von Fremdmaterial

Schluß

Literatur

## Zusammenfassung

Nummuliten-Breccien sind gradierte detritische Kalke, die zahlreiche Großforaminiferen enthalten und mit Flyschgesteinen wechsellagern. Einzelbänke weisen eine charakteristische Dreiteilung in ein Konglomerat (Zone I), einen Kalkarenit (Zone II) und einen Mergel (Zone III) auf. Im Flyschbecken von Ajdovšvina erlaubt die Parallelisierung einzelner Bänke über eine größere Entfernung Aussagen über die räumliche Ausbildung der Nummuliten-Breccien. In der Schüttungsrichtung treten Änderungen des Bankaufbaus verbunden mit einer Abnahme der Mächtigkeit und maximalen Korngröße durch Ausfall der unteren Zonen auf.

Die Nummuliten-Breccien werden als Sedimente von turbidity currents gedeutet. Unterschiede zu silikatischen Turbiditen bestehen vor allem in der viel weniger deutlichen Ausbildung von Internstrukturen. Dieser Befund wird auf ein vollständig ausgebildetes Korngrößen-Spektrum im Liefergebiet zurückgeführt. Die häufig in silikatischen Turbiditen auftretenden Sedimentstrukturen scheinen dagegen durch Defizite im Korngrößen-Spektrum des Ausgangsmaterials verursacht zu sein.

\*) Anschrift des Autors: Dipl.-Geol. WOLFGANG ENGEL, D-34 Göttingen, Geologisch-Paläontologisches Institut, Berliner Straße 28.

## Summary

Nummulitic breccias are graded detrital limestones, rich in foraminifera and interstratified with flysch-rocks.

Individual beds show a characteristic division into three parts. The bottom part consists of an indistinctly graded conglomerate of light coloured limestone pebbles with embedded contorted fragments of flysch layers. The following distinctly graded arenitic limestone contains in its lower part imbricated flat pebbles. Internal structures (lamination, cross bedding, convolute lamination) occur sometimes in the upper part. Towards the top, the limestones grade into marl. The contact between the turbidite bed and the overlying pelagic sediments is sharp, due to differences of material.

The ideal zonation of a bed changes in the down-current direction by a decrease of the maximal grain size and a decrease in thickness caused by the wedging-out of the lower zones.

Nummulitic breccias are interpreted as sediments of turbidity currents. They differ from siliceous turbidites mainly by their indistinct internal structures. This fact is attributed to a complete grain size spectrum of the source material. The common sedimentary structures of the siliceous turbidites seem to be caused by a scarcity of certain grain size.

## Povzetek

Numulitne breče so gradirani detritični apnenci, ki vsebujejo številne velike foraminifere. Menjavajo se s flišnimi kamninami. Posamezne plasti kažejo značilno trojno členitev: konglomerat (cona I), kalkarenit (cona II) in lapor (cona III). Vzporejanje posameznih plasti na večjo razdaljo v flišni kadunji pri Ajdovščini kaže na prostorski razvoj numulitnih breč. V smeri nasipavanja se pojavljajo spremembe v zgradbi plasti. Te spremembe so v zvezi z zmanjševanjem debeline plasti in največje debeline zrn, kar povzroča izpad spodnje cone. Avtor tolmači numulitne breče kot sedimente turbiditnih tokov. Razlike nasproti silikatnim turbiditom so predvsem v tem, da imajo manj jasen razvoj notranje strukture. Ta ugotovitev temelji na popolno razvitem spektru debeline zrn na ozemlju, od koder je prihajal material. Kaže, da povzroča pomanjkanje v spektru debeline zrn na izhodiščnem ozemlju nastopanje pogostnih struktur v silikatnih turbiditih.

## Einleitung

In den letzten zwei Jahrzehnten erschienen zahlreiche Arbeiten über sedimentologische Untersuchungen in Flyschbecken, nachdem die vor allem von KUENEN entwickelte Vorstellung von Suspensionsströmen (turbidity currents) eine widerspruchsfreie genetische Deutung der Flyschgesteine ermöglichte. Zusammen mit Beobachtungen an rezenten Turbiditen führten sie zu grundlegenden Erkenntnissen über den Aufbau und Ablagerungsmechanismus, so daß heute die Interpretation von Turbiditen als Sedimente fossiler Suspensionsströme gesichert scheint.

Der Aufbau von Turbiditen ist sehr gut bekannt. Ausgehend von Beobachtungen an gradierten Flyschsandsteinen der französischen Alpen wies BOUMA (1962, S. 49) gesetzmäßige Änderungen der primären Sedimentstrukturen (Grädierung, ebene Feinschichtung, Schrägschichtung) einer Turbidit-Bank nach. Alle Autoren (z. B. WALKER, 1965, 1967; HARMS & FAHNESTOCK, 1965; ALLEN, 1968) erklärten die Abfolge der Strukturen durch kontinuierliche Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit während der Sedimentation einer Turbidit-Bank. Die Strukturen, die zur Aufstellung des Schemas von BOUMA führten, wurden an silikatischen Turbiditen ermittelt, deren Material bis zur endgültigen Ablagerung in Flyschbecken mehrfach vorsortiert wird, so daß am Ausgangspunkt von turbidity currents ein begrenztes Korngrößen-Spektrum vorliegt. Aus biogenem Material aufgebaute Turbidite unterliegen am wenigsten dieser Beschränkung. Daher wird der Aufbau von Kalkturbiditen fast ausschließlich vom Ablagerungsmechanismus bestimmt.

Ein besonders gutes Beispiel für karbonatische Turbidite sind die Nummuliten-Breccien im Flyschbecken von Ajdovščina, die ich während mehrerer Geländeaufenthalte in den Jahren 1967 bis 1969 untersuchte. Es wurde versucht, einzelne Bänke über eine möglichst große Entfernung zu parallelisieren, um ihre räumliche Ausdehnung zu erfassen, Differenzierungen des Bankaufbaus zu erkennen und Hinweise auf die Masse des geschütteten Materials zu erhalten. Die auf diese Weise gewonnenen Ergebnisse an einem Material, das weit weniger Beschränkungen unterliegt, als das Material silikatischer Turbidite, versprechen eine Verbesserung der Theorie der turbidity currents und der daraus abgelagerten Sedimente.

### Das Flyschbecken von Ajdovščina

Regelmäßige Wechsellagerungen brauner bis grauer Sandsteine und Tonschiefer mit hellgrauen, bis 100 m mächtigen Kalkbänken treten im Vorland des dinarischen Orogens in zahlreichen Flyschbecken auf. Auf Grund ihrer brecciösen Struktur und des häufigen Auftretens von Großforaminiferen werden die Kalkbänke von KOSSMAT (1905) als „Nummulitenbreccien“ bezeichnet.

Gute Untersuchungsmöglichkeiten bietet das etwa 40 km N Triest liegende, tektonisch einfach gebaute und verhältnismäßig gut aufgeschlossene Flyschbecken von Ajdovščina (Abb. 1). Die Flyschsedimentation beginnt hier nach Ablagerung des Alveolinen-Nummuliten-Kalks im Unteren Eozän (PAVLOVEC, 1963).

Am Südrand des Beckens ist der konkordante Schichtverband erhalten, im Norden dagegen sind mächtige mesozoische Flachwasser-Kalke auf das Becken überschoben. Die Flyschgesteine wurden dabei intensiv spezialgefaltet, die mächtigen Nummuliten-Breccien dagegen zu einer SW-vergente Mulde mit überkipptem NE-Flügel verbogen. Der SW Ajdovščina etwa in der Mitte des Beckens liegende Breccienhorizont spiegelt den tektonischen Bau wider und bildet eine im Gelände morphologisch gut zu verfolgende Leitmarke. Im Liegenden und Hangenden dieses Horizonts aufgenommene Profile erfassen lückenlos 500 m Flyschsediment mit 48 eingelagerten Nummuliten-Breccien.

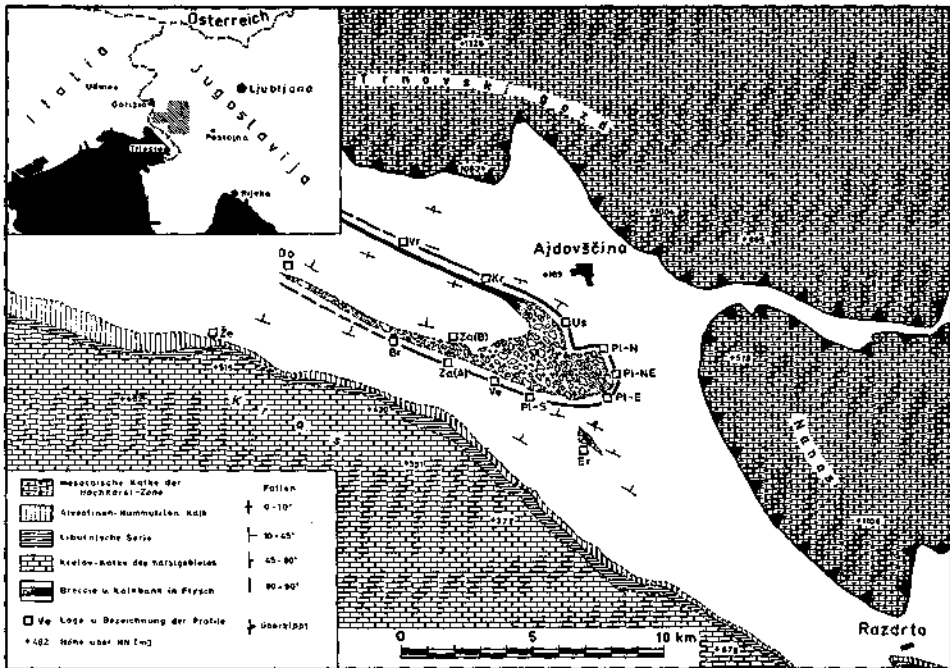


Abb. 1. Lage des Arbeitsgebietes und geologische Begrenzung des Flyschbeckens von Ajdovščina (nach KOSSMAT, 1905, und STACHE, 1920).  
 Fig. 1. Location and geological boundaries of the flysch basin of Ajdovščina (after KOSSMAT, 1905, and STACHE, 1920).

Ähnliche Sedimente wurden von Mitgliedern einer Wiener Arbeitsgruppe unter der Leitung von KÜPPER in der Umgebung von Triest (1960) und im istrischen Flyschbecken zwischen Pazin und Boljun (1962) untersucht. Sie deuten den Aufbau der Nummuliten-Breccien als Ergebnis „normaler“ Strömungen und lokalen Bodenreliefs und negieren ausdrücklich die Ablagerung aus turbidity currents. Eine Diskussion dieser Ansichten muß einer späteren Arbeit vorbehalten bleiben.

Auf die Nummuliten-Breccien als Beispiele idealer Turbidite wurde ich durch Herrn Prof. Dr. D. MEISCHNER aufmerksam gemacht. Bei der Arbeit im Gelände unterstützte mich Herr Prof. Dr. A. RAMOVŠ, Katedra za geologijo in paleontologijo, Ljubljana und der Geološki zavod, Ljubljana. Die Arbeit wurde seit November 1969 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

### Aufbau der Nummuliten-Breccien

Das Gefügeinventar der Nummuliten-Breccien läßt sich besonders gut an mächtigen Bänken beobachten, die eine deutliche Dreiteilung zeigen (Abb. 2).

Die Bank beginnt mit einem schlecht sortierten Konglomerat vorwiegend heller Kreide- und Eozänkalkgerölle, die Durchmesser bis zu 70 cm erreichen (Zone I). Untergeordnet treten Hornsteingerölle und abgerollte, stark berippte Muscheln und Seeigel auf. Die Packungsdichte ist oft so groß, daß sich die einzelnen Komponenten berühren. Die tonig-mergelige Matrix in den Zwickeln zwischen den Ge-

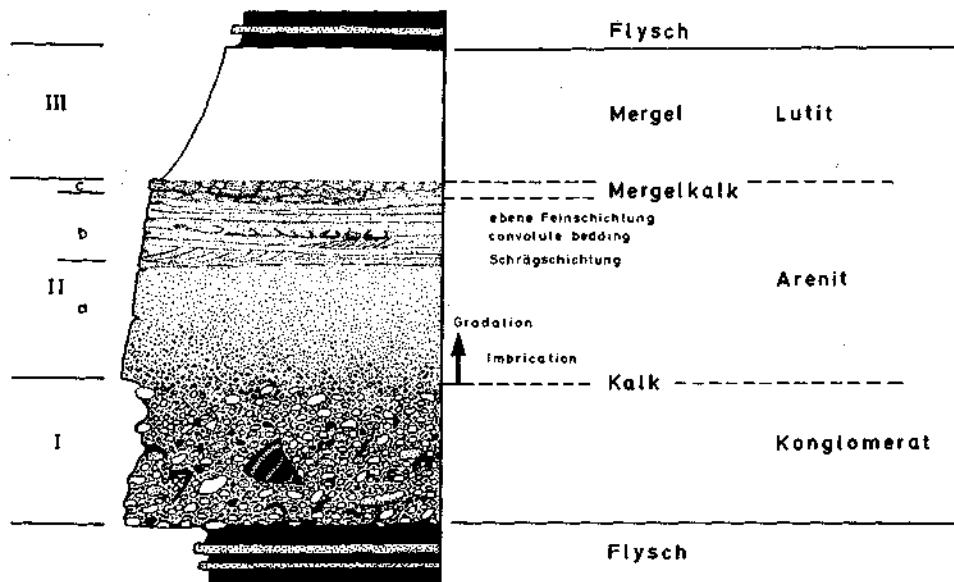


Abb. 2. Nummuliten-Breccie mit vollkommen ausgebildeter Zonierung. Mächtigkeit ca. 10 m.  
Fig. 2. Complete zonation of a nummulitic breccia. Total thickness about 10 m.

röllen enthält zahlreiche Großforaminiferen. Flyschsedimente mit einem Durchmesser bis zu 2 m, gradierte detritische Kalke und Flysch-Sandsteine, die oft als Gerölle im Konglomerat auftreten, sind auf Zone I beschränkt. Eine Gradierung ist, wenn überhaupt, nur undeutlich ausgebildet. Die Untergrenze des Konglomerats ist scharf, einzelne Gerölle sind in die unterlagernden Tone eingedrückt.

Mit kontinuierlich, aber schnell abnehmender maximaler Korngröße geht das Konglomerat der Zone I in einen deutlich gradierten Kalkarenit über. Als Gerölle treten neben Kalkbruchstücken vor allem Großforaminiferen auf. Einige Bänke zeigen außer einer Imbrication plattiger Komponenten im unteren Teil (Zone II a) keine Strukturen. In seltenen Fällen tritt im mittleren Teil (Zone II b) an angewitterten Flächen eine undeutliche, spitzwinklige Schrägschichtung auf. Nach Anätzen polierter Flächen läßt sich mit Folienabzügen ebene Fein- und Schrägschichtung im Millimeter-Bereich nachweisen. Eine Gesetzmäßigkeit in der Abfolge nach dem BOUMASchen Schema besteht nicht.

Über einen Mergelkalk (Zone II c) geht Zone II in Zone III über, die aus einem blau-grauen, scherbzig zerfallenden Mergel aufgebaut ist, der sich deutlich von den im Hangenden folgenden grauen, feinschichtigen Flyschtonen unterscheidet.

Abweichungen vom Ideal-Typ mit vollständig ausgebildeter Zonierung sind abhängig von der Bankmächtigkeit. In mehreren Profilen (Abb. 3) lassen sich alle Übergänge von mächtigen, dem Idealaufbau sehr nahe kommenden, bis geringmächtigen, mit Zone II b, II c oder III beginnenden Bänken beobachten.

Mächtige, grobdetritische Bänke treten vor allem im Nordwesten der Flyschmulde auf (Profile Dornberk, Zavino [B], Brje), während die im Südosten

gelegenen Bänke generell feinkörniger und geringmächtiger sind. Einzelne Bänke lassen sich, nur begrenzt durch die Aufschlußverhältnisse, über eine Entfernung von 10 km verfolgen; ihre wahre Erstreckung ist noch viel größer. Die Parallelisierung einzelner Bänke erlaubt Aussagen über horizontale Änderungen des Bankaufbaus. Die Mächtigkeit einer Bank nimmt von Nordwesten nach Südosten kontinuierlich ab, vorwiegend auf Kosten des Konglomerats der Zone I, das innerhalb derselben Bank z. B. im Profil Brje (Bank 6) 3 m und im Profil Planina-E (Bank 6) nur noch 40 cm mächtig ist. Verbunden mit der Reduzierung der Mächtigkeit ist eine Abnahme der maximalen Korngröße. Ein Auskeilen der Zone I nach Südosten läßt sich zwischen Bank 1 im Profil Brje und Bank 22 im Profil Vertoče beobachten.

Die Kombination der beiden Profilabschnitte zeigt, daß die Änderungen einer Nummuliten-Breccie in horizontaler Richtung gesetzmäßig verlaufen. Im stromabwärts liegenden distalen Abschnitt sollte man daher Bänke erwarten, die lediglich aus Mergeln der Zone III aufgebaut sind. Tatsächlich treten solche Mergelbänke in mehreren Profilen (Vertoče, Vipavski Križ) auf.

Das Schema wird durch proximale Bänke vervollständigt, die in dem Profil Zelezna vrata, S Dornberk, am Südrand der Mulde aufgeschlossen sind (Abb. 4). Ein Straßenprofil erschließt den Übergang vom Alveolinen-Nummulitenkalk in den Flysch. Über einer nicht gradierten, schlecht sortierten Breccie mit schlierenförmigen Einlagerungen von Foraminiferen folgen Mergel, in die mehrere Kalkbänke eingelagert sind. Charakteristisch sind große Gerölldurchmesser der Zone I im Verhältnis zur Gesamtmächtigkeit (Bank 8). Zone II ist nur undeutlich gradiert und enthält keine Internstrukturen. Vereinzelt treten lagenförmig angeordnete Mergelgerölle auf. Im oberen Profilteil folgt eine Reihe mächtiger, gekappter Bänke. Das Konglomerat einer hangenden Bank liegt mit welliger Erosionsfläche auf Zone I b oder I c der liegenden Bank. Nach oben folgen typischer Flysch und Kalkturbidite ohne Erosionsmerkmale.

Durch Kombination der Teilabschnitte ergibt sich für den Aufbau einer idealen Nummuliten-Breccie in der horizontalen Schüttungsrichtung folgendes Bild (Abb. 5 A). Die Bankmächtigkeit ist im proximalen Teil gering, erreicht sehr schnell einen Maximal-Wert und wird zum distalen Teil hin kontinuierlich kleiner. Die einzelnen Bankzonen keilen von unten nach oben in der Schüttungsrichtung aus; entsprechend verlagern sich die Bereiche maximaler Zonenmächtigkeit.

Die größten Korndurchmesser im Konglomerat der Zone I treten, zusammen mit einer Häufung von Flyscheinlagerungen, im Bereich der maximalen Bankmächtigkeit auf. Zum proximalen Teil hin nimmt die Korngröße weniger stark ab als zum distalen, so daß das Verhältnis Bankmächtigkeit zu maximaler Korngröße in der Schüttungsrichtung größer wird. Der Übergang der Zone I in Zone II vollzieht sich im proximalen Teil mit sehr schneller Korngrößenabnahme, im Bereich des Auskeilens der Zone I jedoch kontinuierlich. Undeutliche, kleindimensionale Internstrukturen der Zone II b treten vor allem im mittleren und distalen Teil des Schüttungskörpers auf, während proximale Bänke außer einer deutlichen Gradierung keine Strukturen zeigen.

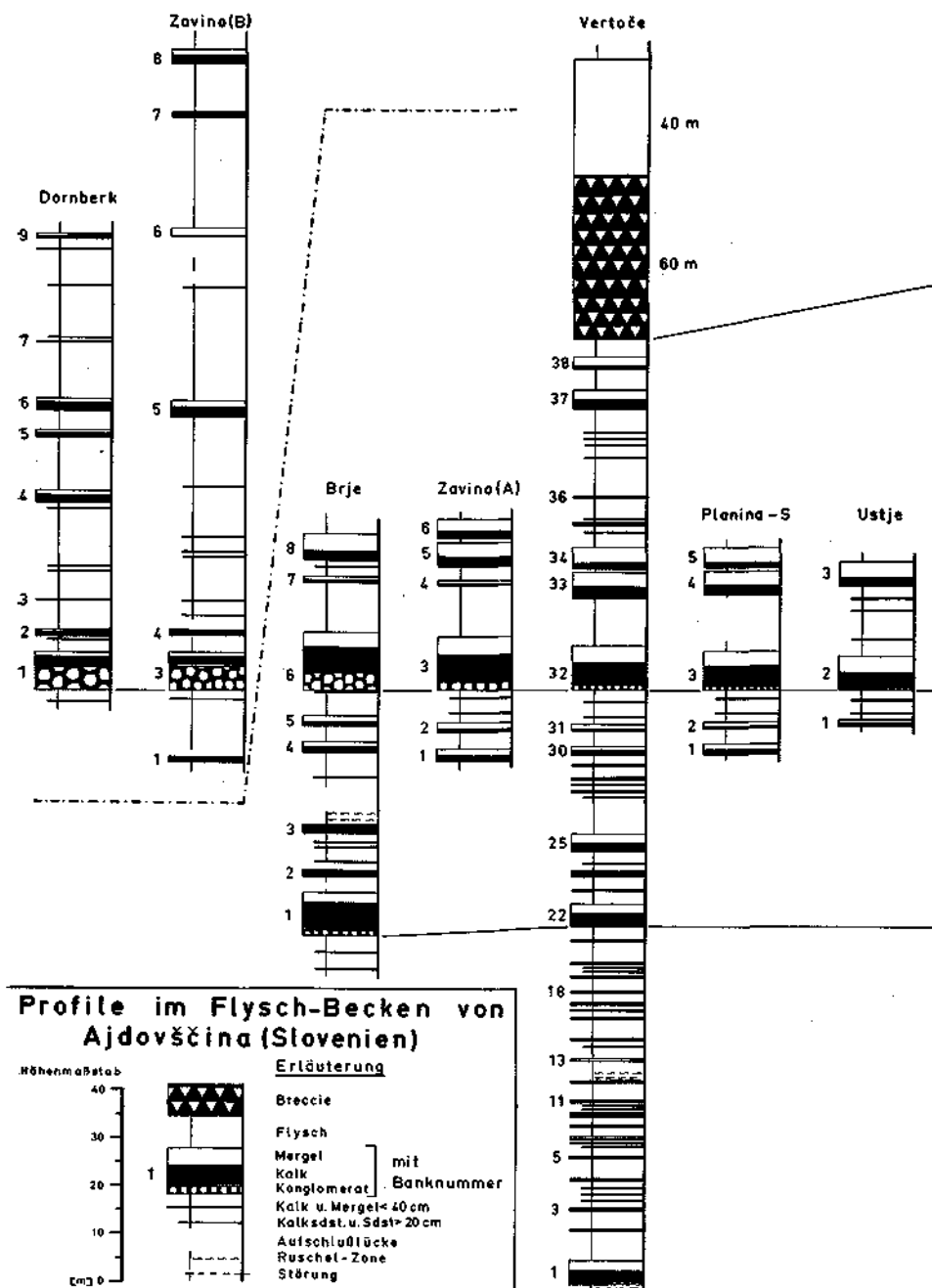
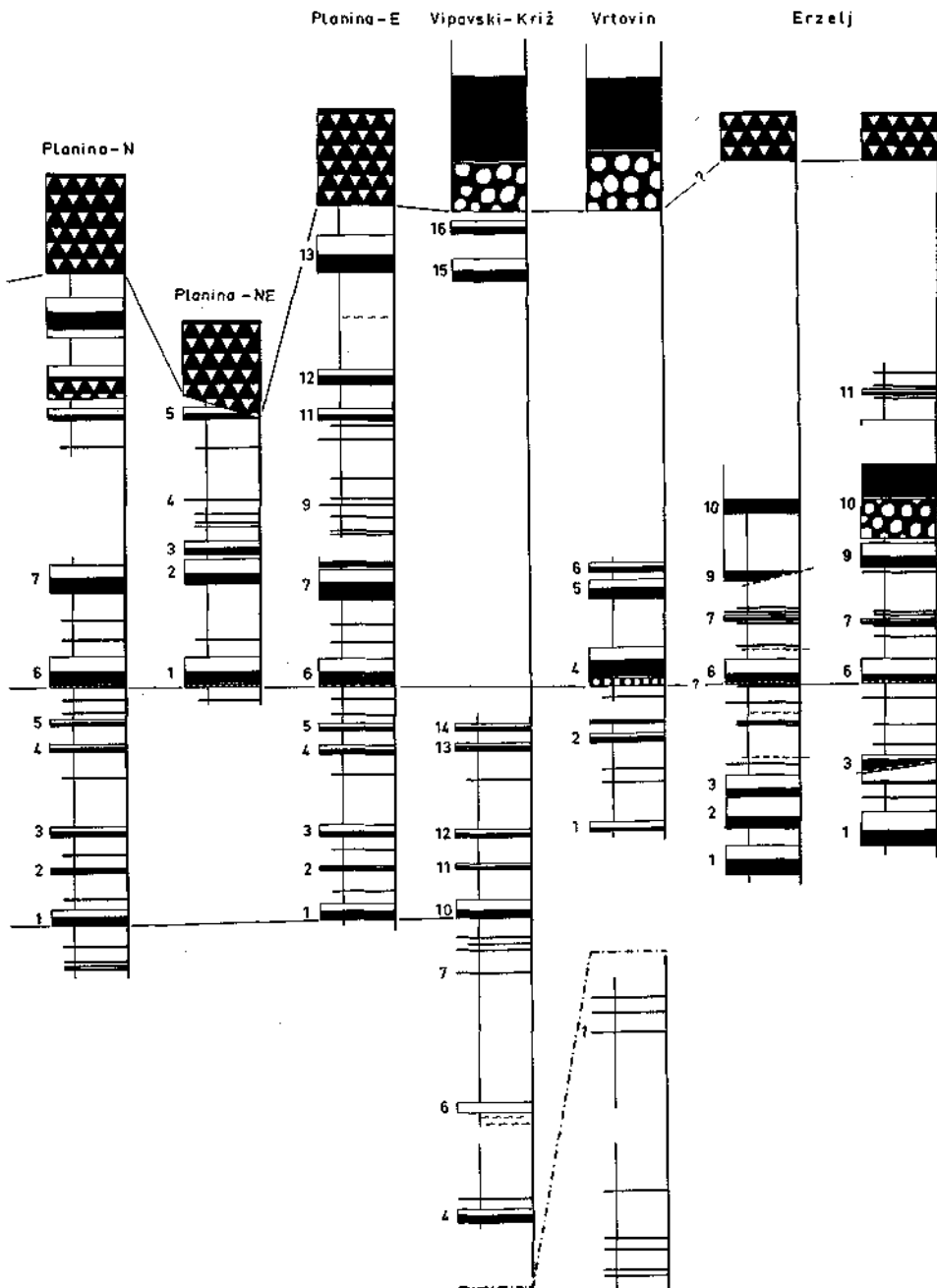


Abb. 3. Parallelisierung mehrerer Nummuliten-Breccienbänke im Flyschbecken von Ajdovščina. Lage der Profile siehe Abb. 1.

Fig. 3. Correlation of individual beds of nummulitic breccias in the flysch basin of Ajdovščina. For location of the sedimentological profiles see fig. 1.





## Unterschiede zu silikatischen Turbiditen

Das als typisch für den Aufbau von Turbiditen geltende Schema von BOUMA läßt sich nicht auf die Nummuliten-Breccien übertragen. Ein wesentlicher Unterschied zu silikatischen Turbiditen besteht in der viel weniger deutlichen Ausbildung der Internstrukturen. Das auffällige und charakteristische Merkmal dieser allodapischen Kalke (vgl. MEISCHNER, 1964) ist die Gradierung. Anscheinend ist die Ausbildung von Sedimentstrukturen in Turbiditen kein Charakteristikum des Ablagerungsmechanismus, sondern wird durch die Zusammensetzung des Ausgangsmaterials verursacht.

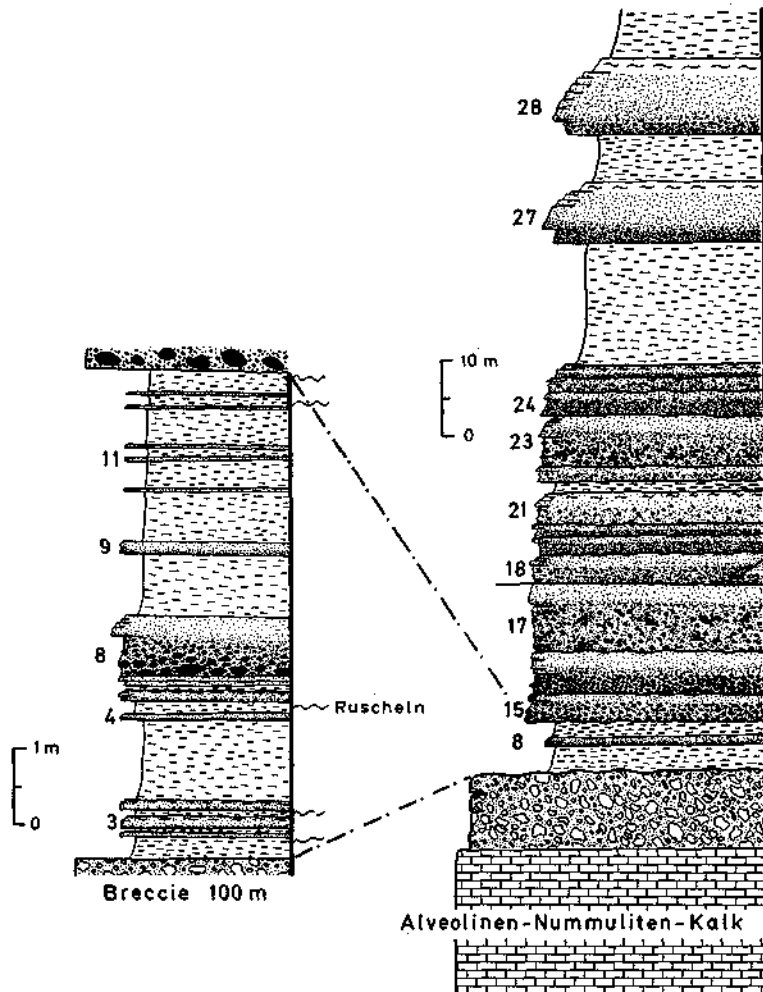


Abb. 4. Übergang von Alveolinen-Nummuliten-Kalk in Flysch. Profil Železna vrata, S' Dornberk.  
Fig. 4. Transition from nummulite limestone into flysch. Section at Železna vrata, south of Dornberk.

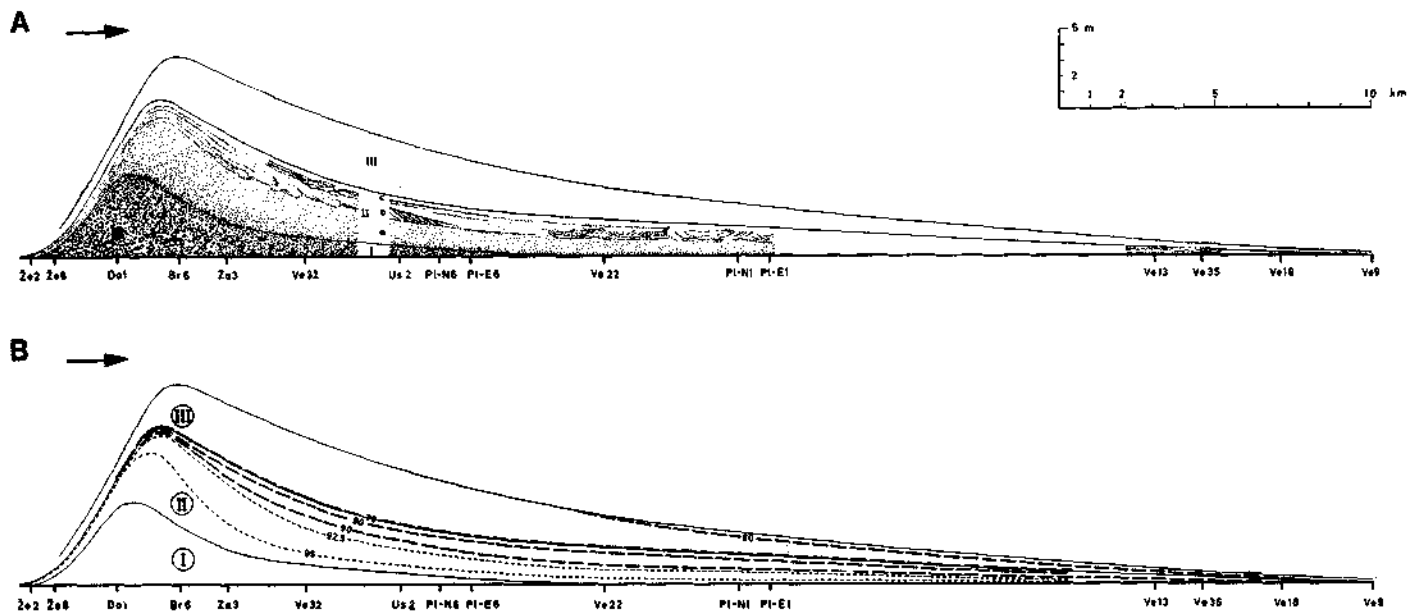


Abb. 5. Schnitt durch eine Nummuliten-Breccie in Schüttungsrichtung (Pfeil).

Fig. 5. Downcurrent section of a nummulitic breccia. Current direction indicated by the arrow.

A Änderungen der Bankmächtigkeit, der maximalen Korngröße und der Sedimentstrukturen.

A Changes of thickness, maximum grain size and sedimentary structures.

B Verteilung des Gesamt-Karbonatgehaltes in den Zonen II und III.

B Distribution of total carbonate percentages of zones II and III.

Welcher Anteil des pelitischen Materials (Zone e nach BOUMA) zum Turbidit gehört, wurde oft diskutiert, da der Übergang silikatischer Turbidite in die hangenden feinkörnigen pelagischen Sedimente sich im allgemeinen kontinuierlich innerhalb desselben Materials vollzieht (Zusammenfassung bei KUENEN, 1964). Die Obergrenze der Nummuliten-Breccien dagegen läßt sich auf Grund des Materialunterschiedes zwischen dem karbonatreichen allochthonen Pelit und den kalkarmen Beckensedimenten eindeutig festlegen. Der Mergel der Zone III ist an der Oberkante aller Bänke vorhanden und zeigt, daß ein beträchtlicher Anteil des pelitischen Materials turbiditischer Herkunft ist.

Die Unterschiede, die zum BOUMAschen Schema bestehen, erfordern eine eigene Terminologie für die Zonierung dieses Turbidit-Typs.

### Das Liefergebiet

Strömungsmarken sind so selten, daß sie für eine Rekonstruktion der Schüttungsrichtung nicht ausreichen. Die Abnahme der maximalen Korngröße in der horizontalen Ausdehnung der Nummuliten-Breccien zeigt jedoch, daß das Material aus Nordwesten geschüttet wurde. Messungen an plattigen, gegen den Strom geneigten Komponenten der Zone II a, die Werte zwischen Südwest und Nordwest ergaben, bestätigen diesen Befund. Die gleiche Richtung wurde bei der Neukartierung des Flyschbeckens von BUSER an Hand von Strömungsmarken für die Flysch-Sandsteine ermittelt (frdl. mündliche Mitteilung von Herrn Prof. RAMOVŠ, Ljubljana). Ein gemeinsames Liefergebiet kann jedoch nicht bestanden haben, da in keinem Falle eine primäre Vermischung des karbonatischen und silikatischen Materials beobachtet wird.

Die in Kalkgeröllen auftretende Fauna deutet auf ein Liefergebiet mit flachem, warmem und relativ ruhigem Wasser hin (de ZANCHE, V., PAVLOVEC, R., & PROTO DECINA, F., 1967). Diese Bedingungen herrschten in der Kreide und im unteren Paläogen auf dem randlich das Flyschbecken begrenzenden Schelf, auf dem mächtige Flachwasserkalke abgelagert wurden. Episodisches Abbrechen instabiler Schelfbereiche führte zur Ausbildung von turbidity currents, die in das Becken flossen. Die Transportrichtung bog dann, dem maximalen Gefälle von Nordosten nach Südosten folgend, in die Beckenlängsachse ein.

Das Material der silikatischen Turbidite dagegen wurde wahrscheinlich von einem im Nordwesten gelegenen Delta geschüttet.

### Erosion von Fremdmaterial

Wie die zahlreichen gekappten Bänke des Profils Zelezna vrata (Abb. 4) zeigen, tritt während des Transports ins Becken im proximalen Teil des Schüttungskörpers eine beträchtliche Erosion des Untergrundes auf. Im Profil Brje konnte ein etwa 2 m tiefes Durchgreifen der Bank 6 in Flyschgesteine beobachtet werden. Die erodierten Flyschpartien wurden in die Suspension aufgenommen, abgerundet und als Gerölle in Zone I abgelagert. Da das Ausgangsmaterial der Nummuliten-Breccien aus fast 100% Karbonat besteht, das Fremdmaterial da-

gegen nur ca. 10% enthält, läßt sich die Verteilung des feinkörnigen Abriebs im Schüttungskörper an der Herabsetzung der Karbonat-Werte ablesen.

In Abb. 5 B ist die Verteilung des Gesamtkarbonats, berechnet als  $\text{CaCO}_3$ , aufgetragen. Das Schema beruht auf 200 Analysen der Zone II und III. Es war nicht möglich, aus Zone I repräsentative Proben zu entnehmen.

Die höchsten Karbonat-Werte liegen im proximalen Teil des Schüttungskörpers an der Unterkante der Zone II und betragen 98%, die tiefsten Werte wurden mit 53% im distalen Bereich an der Oberkante der Zone III ermittelt. Die Zonen gleichen Karbonatgehalts schneiden die Bankzonierung und keilen zum distalen Teil des Schüttungskörpers hin aus. Das bedeutet eine Abnahme des Karbonatgehaltes in der Schüttungsrichtung.

Der Karbonatgehalt ist mit der maximalen Korngröße positiv korreliert. Das aufgenommene Fremdmaterial liegt im Mittelsand- bis Tonbereich, d. h. je kleiner die Korngröße im Schüttungskörper ist, desto mehr macht sich der Einfluß des nichtkarbonatischen Materials bemerkbar. Hinzu kommt noch, daß die plattigen Tonminerale länger in Schwebe gehalten werden können, was sich in der Erniedrigung des Karbonat-Wertes der Zone III im distalen Bereich bemerkbar macht.

Die Lage der gelegentlich auftretenden Internstrukturen im mittleren und distalen Teil des Schüttungskörpers stimmt auffällig gut mit der Verteilung des silikatischen Fremdmaterials überein. Beobachtungen an Dünnschliffen zeigen, daß die Feinschichtung durch Anreicherung detritischer Quarze gebildet wird, die durch Erosion des Untergrundes mit dem suspendierten karbonatischen Material vermischt wurden. Die Internstrukturen der Nummuliten-Breccien resultieren also aus sekundären Veränderungen der Materialzusammensetzung während des Transports ins Becken.

## Schluß

Die Nummuliten-Breccien von Ajdovščina sind Kalkturbidite, die nur geringen Einschränkungen hinsichtlich der Verfügbarkeit des Ausgangsmaterials unterliegen. Auf dem seitlich das Flyschbecken begrenzenden Schelf stand karbonatisches Material mit einem breiten Korngrößen-Spektrum zur Verfügung. Das charakteristische Merkmal der daraus aufgebauten Turbidite ist die Gradierung.

Primäre Sedimentstrukturen treten vor allem in silikatischen Turbiditen auf. Sie entstehen durch einen räumlich und zeitlich eng benachbarten Wechsel von Erosion und Sedimentation, wechselnde Sedimentationsgeschwindigkeit und Sortierungseffekte. Wichtig für die Erklärung dieser Bedingungen scheinen die von BOUMA (1962, S. 55) beschriebenen plötzlichen Abnahmen der maximalen Korngröße zu sein.

Nach den Erkenntnissen, die bei der Untersuchung der Nummuliten-Breccien gewonnen wurden, sind die Strukturen in silikatischen Turbiditen, die zur Aufstellung des Schemas von BOUMA geführt haben, anscheinend durch Defizite im Korngrößen-Spektrum verursacht, die in Flyschbecken häufig verwirklicht sind. Bei unbegrenzter Verfügbarkeit scheint ein turbidity current eine Bank zu sedi-

mentieren, die außer einer kontinuierlichen Gradierung keine Internstrukturen aufweist. Die Nummuliten-Breccien im Flyschbecken von Ajdovščina stellen eine gute Annäherung an das Idealbild dar. Daher sollen sie, nachdem ihre Parallelisierung Bank für Bank gelungen ist, für eine quantitative Behandlung der Turbidit-Sedimentation herangezogen werden. Sie sind dafür besser geeignet als Turbidite, die aus Material mit einer komplexen sedimentären Vorgeschichte bestehen.

#### Literatur

- ALLEN, J. R. L.: On criteria for the continuance of flute marks, and their implications. — *Geol. Mijnbouw*, 47, 1, S. 3—16, 12 Abb., Rotterdam 1968.
- BOUMA, A. H.: Sedimentology of some flysch deposits. — 168 S., 31 Abb., 17 Tab., 8 Taf., 3 Anl., Elsevier, Amsterdam 1962.
- ENGEL, W.: Sedimentologie der „Nummulitenbreccien“ im Flysch des Beckens von Ajdovščina in Slowenien. — 135 S., 11 Abb., 6 Taf., Diss. (unveröff.), Göttingen 1970.
- HARMS, J. C., & FAHNESTOCK, R. K.: Stratification, bed forms, and flow phenomena (with an example from the Rio Grande). — In: Primary sedimentary structures and their hydrodynamic interpretation. Symposium. (Edit.: G. V. MIDDLETON) — *Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Spec. Pub.*, 12, S. 84—110, 13 Abb., 6 Taf., Tulsa 1965.
- KOSSMAT, F.: *Geol. Spez.-Kte. Österreich-ungarisch. Monarchie, SW-Gruppe, Nr. 98, Blatt Haidenschaft und Adelsberg*, 1 : 75.000, Wien 1905.
- KUENEN, PH. H.: The shell pavement below oceanic turbidites. — *Marine Geol.*, 2, S. 236—246, Amsterdam 1964.
- KÜPPER, H. et al.: Beobachtungen im Flysch von Triest (Wiener Beiträge zum Flyschproblem, Nr. 1). — *Verh. Geol. B.-A.*, 1960, 2, S. 162—196, 3 Abb., 2 Tab., 3 Taf., Wien 1960.
- KÜPPER, H. et al.: Beobachtungen im Flysch von Istrien (Jugoslawien) (Wiener Beiträge zum Flyschproblem, Nr. 2). — *Verh. Geol. B.-A.*, 1962, 2, S. 163—245, 3 Abb., 4 Tab., 9 Taf., Wien 1962.
- MEISCHNER, K.-D.: Allodapische Kalke, Turbidite in ruff-nahen Sedimentations-Becken. — In: Turbidites (Edits: BOUMA, A. H., & BROUWER, A.). — *Developm. Sedimentol.*, 3, S. 156—191, 3 Taf., 5 Abb., Amsterdam 1964.
- PAVLOVEC, R.: Stratigrafski razvoj starejšega paleogena v južnozahodni Sloveniji (Die stratigraphische Entwicklung des älteren Paläogens im südwestlichen Teil Sloveniens.). — *Razpr. Slov. akad. znan. umet., Cl. IV*, 7, S. 419—556, 52 Abb., 3 Tab., Ljubljana 1963.
- STACHE, G.: *Nachtr. Geol. Spez.-Kte. Österreich-ungarisch. Monarchie, SW-Gruppe, Nr. 97, Blatt Görz und Gradisca*, 1 : 75.000, Wien 1920.
- WALKER, R. G.: Turbidite sedimentary structures and their relationship to proximal and distal depositional environments. — *Journ. Sediment. Petrol.*, 37, 1, S. 25—43, 11 Abb., Menasha 1967.
- WALKER, R. G.: The origin and significance of the internal sedimentary structures of turbidites. — *Yorkshire Geol. Soc. Proc.*, 35, S. 1—32, 5 Abb., 4 Tab., Hull 1965.
- ZANCHE, V. DE, PAVLOVEC, R., & PROTO DECIMA, F.: Mikrofavna in mikrofacies iz eocenskih flišnih plasti pri Ustju v Vipavski dolini, JZ Slovenija. (Microfauna and microfacies of the eocenic flysch series near Ustje in the Vipava Valley. (Vipavska dolina, SW Slovenia.) — *Razpr. Slov. akad. znan. umet. Cl. IV*, 10, S. 207—263, 6 Abb., 6 Tab., 17 Taf., Ljubljana 1967.