

tisch-brecciösen Nummulitenkalke von Pazin dürfte dies ebenfalls zutreffen. Von uns werden diese Bildungen von Istrien im Vergleich zu Triest als typischer Flysch betrachtet, da die Mergel zwischen den Kalkarenitbänken reich an planktonischen Foraminiferen sind, keine Flyschsandschaler enthalten und sich somit deutlich von Mergeln im typischen Flysch von Triest unterscheiden. Als typische Flyschbildung ist erst der Sandsteinkomplex des Profils von der Kirche Paz anzusehen, da in einer Probe aus diesem Schichtglied reichlich die kennzeichnenden Flyschsandschaler angetroffen wurden.

#### Literatur

- BANDY, O. L., 1956: Ecology of Foraminifera in Northeastern Gulf of Mexico. — U. S. Geol. Surv., Prof. Pap., 274, S. 179–204, Textfig. 25–28, Texttab. 1–4, Tab. 1–7 (lose), Taf. 29–31. — Washington.
- GOHRBANDT, K., 1960: Vorläufige Mitteilungen über ökologische Untersuchungen der Kleinforaminiferen aus dem Übergangsbereich Kalk-Flyschfazies. In: GOHRBANDT, K., KOLLMANN, K., KÜPPER, H., PAPP, A., PREY, S., WIESENER, H., WOLETZ, G.: Beobachtungen im Flysch von Triest. — Verh. Geol. B.-A., S 182–188, Taf. 6. — Wien.
- GRIMSDALE, T. F., & MORKHOVEN, F. P. C. M. van, 1955: The ratio between pelagic and benthonic Foraminifera as a means of estimating depth of deposition of sedimentary rocks. IV. World Petrol. Congr., Proc., 1, S. 473–491, Textfig. 1–10. — Rom.
- PHLEGER, F. B., 1939: Foraminifera of submarine cores from the continental slope. — Geol. Soc. Am. Bull. 50, S. 1395–1422, Textfig. 1–4, Tab. 1–3, Taf. 1–3. — New York.
- PHLEGER, F. B., 1942: Foraminifera of submarine cores from the continental slope, Part. 2. — Geol. Soc. Am., Bull., 53, S. 1073–1098, Textfig. 1–6, Tab. 1–3. — New York.
- PHLEGER, F. B., 1951: Ecology of foraminifera, northwest Gulf of Mexico. Part. I. Foraminifera distribution. — Geol. Soc. Am., Mem., 46, S. 1–88, Textfig. 1–33, Tab. 1–30. — New York.

### 7. Sedimentologische und sedimentpetrographische Beobachtungen im Profil Pazin—Poljice

VON H. WIESENER

Im untersuchten Profil herrscht in allen Gesteinen Kalkdetritus vor, wobei lithische und organogene Kalkkomponenten in wechselnder Menge beteiligt sind. Die studierte Schichtfolge unterscheidet sich daher wesentlich vom typischen Flysch der Nordalpen, der überwiegend aus kristallinem Detritus besteht. Weitere Unterschiede sind der Mikrofossilreichtum der untersuchten Ablagerungen und die Einschaltung detritär-organogener Kalksteinbänke. Beides ist in den Flyschablagerungen der Nordalpen unbekannt. Vergleichbar dem Flysch der Nordalpen sind dagegen gewisse Sohlmarken und Lebensspuren.

Bei Paz (Probe 27) wechseln 5–10 cm mächtige Sandsteine mit 50–100 cm mächtigen Mergeln ab. An der Schichtunterseite der feinkörnigen Sandsteine finden sich die für Flyschablagerungen charakteristischen Wurmröhren. Ebenso wurde eine trogparallele Lineation (N 50° W) beobachtet. Korngröße, Mineralbestand und Gefüge wurden an typischen Proben im Dünnschliff ermittelt (Tab. 1).

Die Bestimmung der mittleren Korngrößen erfolgte nach KRUMBEIN (1935). Obwohl die Karbonatkörnchen ihre klastische Abkunft durch ihre innere Struktur erkennen lassen, ist ihre Begrenzung vielfach undeutlich, so daß die Bestimmung der Korngröße lediglich auf den nichtkarbonatischen Anteil der Gesteinskomponenten beruht. Die Sortierung ist, soweit erkennbar, gut. Die Längsrichtung der meisten Körnchen liegt senkrecht zur vermuteten Strömungsrichtung. In der Probe nördlich der Kote 461 bei Strazevica wurden NW-gerichtete Driftspuren (drag-marks), N 60° W gerichtete Lineationen sowie eine Schneckenfährte beobachtet. Auch hier wurde eine Untersuchung durchgeführt (Tab. 1).

Tabelle 1

Mittlere Korngröße	Paz: 0,07 mm	N-Strazevica: 0,1 mm
Karbonat (fast ausschließlich Kalzit) . . . . .	81%	81%
Quarz . . . . .	12	11
Hornstein . . . . .	3	6
Plagioklas . . . . .	2	+
Mikroklin . . . . .	1	+
Muskovit + Biotit . . . . .	1	2
Schwerminerale:		
Magnetit und Ilmenit . . . . .	26%	1%
Pyrit . . . . .	10	49
durchsichtige Schwerminerale:		
Zirkon . . . . .	53%	39%
Turmalin . . . . .	7	5
Granat . . . . .	5	14
Chromit . . . . .	25	24
Rutil . . . . .	8	12
Chloritoid . . . . .	2	2
Apatit . . . . .	—	4

Quarz kommt in splittrigen Körnchen vor. Fast alle Körnchen sind einschlußfrei. Ca. 25% der Quarzkörner sind länglich ausgebildet und dürften aus Metamorphiten stammen. Hornsteinbruchstücke sind häufig und wohl vorwiegend detritärer Herkunft. Mikroklin mit typischer Zwillingsgitterung wurde nur sehr selten festgestellt. Plagioklase mit charakteristischer polysynthetischer Zwillingsbildung nach dem Albitgesetz und mit einem An-Gehalt von 10—20% sind häufiger anzutreffen. Biotit konnte nur vereinzelt festgestellt werden. Chlorit tritt ebenfalls nur vereinzelt auf und dürfte chloritisierter Biotit sein. Muskovitschüppchen treten nur in geringer Korngröße auf. Chromit in braunen durchscheinenden bis durchsichtigen Körnchen ist wie im Flysch von Triest ein kennzeichnendes Mineral der Sandsteine. Magnetit und Ilmenit kommen vorwiegend in unregelmäßigen Körnchen vor, sind jedoch vereinzelt idiomorph und dann unterscheidbar. Zirkon ist wie im Flysch von Triest wichtiges Schwermineral und zeigt die dort (WIESENER, 1960) beschriebenen Trachten. Monazit wurde nicht mit Sicherheit nachgewiesen. Turmalin kommt in idiomorphen Säulchen und unregelmäßigen Körnern vor. Der Pleochroismus ist kräftig, wobei braune, grüne und violette Farbtöne kennzeichnend für verschiedene Turmalinsorten sind. Granat tritt an Menge in den untersuchten Proben hinter dem Zirkon zurück. Es handelt sich durchwegs um einschlußarme Splitterchen. Rutil zählt zu den häufigen Schwermineralien und tritt vorwiegend in Form kleiner Kriställchen auf.

Chloritoid findet sich ziemlich regelmäßig in Form der charakteristischen Plättchen von blaugrüner Färbung.

Apatit ist in Form unregelmäßiger Körnchen vertreten.

Anatas wurde nur einmal festgestellt.

Diese Aufzählung ergibt, daß an der Zusammensetzung der Schwermineralassoziation im untersuchten Profil Pazin—Gologorica die gleichen Mineralarten beteiligt sind wie im Flysch von Triest. Erst weiter im Osten treten in der Umgebung von Zadar in den Sandsteinen Staurolith, Disthen und Epidot in ausgesprochenen Granatassoziationen hervor, wie sich aus orientierenden Untersuchungen ergab.

Der Aufschluß Strazevica E ergibt ein für die untersuchten Ablagerungen besonders charakteristisches Profil. Über 2,5 m mächtigen Mergeln mit Feinsandsteinlagen folgen 1—1,2 m mächtige gradierte organogene Kalkarenite. Diese bestehen fast ausschließlich aus Mikrofossilien und Megafossilgrus. Darüber liegt eine mehrere Dezimeter mächtige Mergelschicht, die ihrerseits von vorwiegend organogenem gradiertem Kalkdetritus überlagert wird. Diese Schicht beginnt mit grobem Kalk- und Mergelsteinblockwerk (Durchmesser bis zu 1 m). Es liegt auf der Hand, daß die Entstehung dieser wohlsortierten grobklastischen Gesteine kaum mit dem turbidity current-Mechanismus erklärt werden können. Keine natürliche Suspension ist in der Lage, Blöcke der angegebenen Dimension auch nur für kurze Zeit in Schwebelage zu halten. Das Erscheinungsbild dieser gut sortierten Gesteine spricht auch nicht gerade für ihre Bildung durch subaquatische Rutschungen, da das Gefüge solcher Bildungen in der Regel durch paradiagenetische Deformationen charakterisiert ist. Zwei Faktoren scheinen uns für die Entstehung der Blocklage an der Basis der gradierten Kalkarenite wesentlich zu sein: 1. eine nahegelegene schuttliefernde Schwelle, mit deren Einebnung das Material allmählich feiner wurde, wobei der Transportweg nur kurz gewesen sein kann, da die Abrollung der Komponenten gering ist. 2. Die gute Sortierung des Materials spricht für die Beteiligung von Strömungen bei der Kornauslese.

Die soeben geschilderten Verhältnisse führen auch zu einem besseren Verständnis des Detailprofils von Poljice. In den Mergeln dieses Profils finden sich Einschaltungen von gradierten Kalkareniten. Bei der mikroskopischen Untersuchung ergibt sich, daß diese zur Gänze aus Fossilbruchstücken und Mikrofossilien bestehen. Die mittlere Korngröße der Komponenten der Bank Nr. 9 nimmt von 0,4 mm an der Sohle auf 0,3 mm im oberen Teil ab, wobei die Mächtigkeit der Bank nicht ganz 1 m beträgt. Die Schicht Nr. 15 ist nur 15 cm stark, enthält aber an ihrer Basis zahlreiche asymmetrische Fließmarken (flute casts). Es ist das einzige Mal, daß derartige Gebilde bei unseren Studien in Istrien beobachtet wurden. Die Fließmarken sind zirka 10 cm lang, 5 cm breit und 3 cm hoch. Sie entsprechen vollkommen den als „flute casts“ beschriebenen Formen und bestehen ausschließlich aus organogenem Kalkgrus. Die Sortierung der Kalkarenite ist ausgezeichnet, und die Längsachse der Fossilien liegt senkrecht zur Achse der Strömungsmarken. Neben dem Kalkdetritus finden sich vereinzelt Glaukonitkörnchen. Eine pelitische Matrix fehlt aber so gut wie vollständig. Wie bei den Gesteinen östlich von Strazevica so fällt es auch hier schwer, turbidity currents zu bemühen, um die Einschaltung gradiert organogener Kalkarenite zu erklären. Die gute Kornsortierung und die fast ausschließliche Beteiligung von Fossilgrus am Aufbau des Sediments sprechen gegen eine solche Deutung. Wir halten dafür, daß das Material durch Strömungen erfaßt und sortiert wurde.

Wenn unsere Paläontologen aus der vorherrschenden Planktonfauna der zwischengeschalteten Tonmergel schließen, daß die untersuchte Schichtfolge in Wassertiefen über 200 m zum Absatz gelangte, so läßt dies unserer Auffassung nach nur den Schluß zu, daß Strömungen auch noch in dieser Tiefe möglich sind. Die Auffassung, daß Sand unterhalb des Aktionsbereiches der Wellen ausschließlich durch turbidity currents transportiert werden kann, hat in der letzten Zeit eine Einschränkung erfahren. Nach WÜST (1958) wurden in 4000 m Tiefe Strömungsgeschwindigkeiten bis zu 20 cm pro Sekunde gemessen. Mit bedeutend geringeren Strömungsgeschwindigkeiten ist der Transport von Sand im tieferen Wasser durchaus möglich. Durch weitere Dünnschliffuntersuchungen ergab sich, daß auch die Lagen 11, 15, 17, 19 und 21 als mehr oder weniger gut gradierte organogene Kalkarenite angesprochen werden können. Aus der Untersuchung des Fossilienbestandes dieser Gesteine ergab sich, daß Flachwasserformen wie Nummuliten vorherrschen, während die zwischenlagernden Mergel Globigerinenfaunen enthalten.

Bei Pazin liegen eozäne Kalkbreccien der Flyschmulde der liegenden Kreide auf. In einem Steinbruch in der Nähe des Seminars wird diese Breccie gebrochen, die auch in Wien (Steinmetz Fa. Hauser) verarbeitet und für Plattenverkleidungen Verwendung findet. Es war daher möglich, das Gestein in größeren Platten genau zu studieren. Es besteht aus 5—10 cm großen, grauen, gelblichen und weißen Kalkkomponenten, die in der Regel nicht verrundet sind. Seltener sind schwarze Eozänkalkgerölle und rote Kalkgerölle. Kristallines Material fehlt praktisch vollständig. Das Zwischenmittel besteht aus Nummuliten, Discocyclinen und anderen kleinen Fossilien, die in einer lutitischen Matrix stecken. Dazu kommen Lithothamnien, die vielfach die Lagen zwischen den klastischen Komponenten ausfüllen. Im Aufschluß hinter dem Seminar ist das gleiche Gestein im Verband mit seinem Hangenden erschlossen. Es ist hier mehrere Meter mächtig und wird nach oben zu allmählich feiner. Eine 1,5 m mächtige Mergellage trennt es von dem hangenden, 80 cm mächtigen gradierten Kalkarenit.

Die genetische Deutung der Breccie von Pazin bereitet einige Schwierigkeiten. Ein Transportmechanismus nach Art der turbidity currents kommt auch hier wegen der bedeutenden Größe der Komponenten nicht in Frage. Es ist wohl auch nicht nötig, mit größeren Transportentfernungen zu rechnen, da das Gestein den Untergrund direkt überlagert. Es wurde geprüft, ob die brecciöse Struktur des Gesteins durch Zergleitungsvorgänge in paragenetischem Zustand entstanden sein könnte. Eine solche Deutung würde eine annähernd gleiche Zusammensetzung des Bindemittels und der Komponenten verlangen. Wie A. PAPP (diese Arbeit) zeigte, ist die Fossilienführung in den Komponenten (vereinzelte kleine Nummuliten) und in dem Bindemittel (reichlich große Nummuliten) verschieden, so daß die Bruchstücke als Elemente anzusehen sind, die ihre Gestalt durch Verwitterung und Transportvorgänge außerhalb des Sedimentationsbeckens erfahren haben. Wir sehen in der Breccie von Pazin submarine Schutthalde. Rutschungen und paradiagenetische Deformationen mögen wohl vereinzelt stattgefunden haben, sind aber nicht der wesentliche gefügebildende Vorgang in diesem Gestein. Die Aufbereitung dieses Strandschuttes durch Strömungen und Sturmfluten könnte zur Bildung der organogenen Kalkarenite im Beckeninneren geführt haben.