

**Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse
vom 8. Oktober 1970**

Sonderabdruck aus dem Anzeiger der math.-naturw. Klasse der
Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Jahrgang 1970, Nr. 11

(Seite 201 bis 211)

Das wirkl. Mitglied H. Zapfe übersendet eine kurze Mitteilung, und zwar:

„Über die Verwendung von multivarianzanalytischen Verfahren bei Fazies-Untersuchungen.“ Von Erik Flügel (Darmstadt) und Heinz Hötzl (Karlsruhe).

Die Verteilung der Boden-Faunen wird in den rezenten Schelf-Gebieten und auf Karbonat-Plattformen durch physikalische und chemische Faktoren kontrolliert, von welchen Meeresspiegelschwankungen sowie Änderungen der Klima- und Salinitätsbedingungen wesentlich die Häufigkeit und Verteilung der benthonischen Organismen beeinflussen. In fossilen marinen Sedimenten drücken sich derartige Umweltsschwankungen durch Veränderungen in der Zusammensetzung der Organismen-Assoziationen (Kommunitäten) aus.

Am Beispiel von mitteldevonischen Flachwasser-Biozöosen wurde untersucht, welche Möglichkeiten sich aus einer kombinierten quantitativen und qualitativen Erfassung von Faunenelementen für die Erkennung von natürlichen Fazies-Einheiten und Kommunitäten ergeben. Der Schwerpunkt dieser Arbeit lag auf der vergleichenden Überprüfung verschiedener statistischer Methoden hinsichtlich deren Eignung für Fazies-Studien sowie auf der paläontologischen Beschreibung der Fauna und Flora. Nachfolgend werden die wesentlichen Ergebnisse mitgeteilt; eine ausführliche Darstellung ist in Vorbereitung (E. Flügel und H. Hötzl, im Druck).

1. Untersuchungsgebiet: Die durch Häufigkeitsmessungen der Biogene im Gelände erfaßten Proben-Areale liegen im

Gebiet von Letmathe und Steltenberg im Sauerland (Meßtischblatt Hohenlimburg / 4611). Bearbeitet wurden eine mit einer Fläche von etwa $30 \times 10 \text{ m}$ zugängliche Schichtfläche und drei Detailprofile im östlichsten Steinbruch südlich der Lenne in Letmathe, gegenüber der Tankstelle Behle, sowie ein Profil im Steinbruch Steltenberg in Hohenlimburg. Beide Brüche liegen im „Massenkalk“. Die gut gebankten, dunkelgrauen bis schwarzen Kalke enthalten zahlreiche Fossilien, die sich im wesentlichen auf Stromatoporen, Korallen und Brachiopoden verteilen. In beiden Meßgebieten ist durch das Vorkommen von *Stringocephalus burtini* DeFrance eine Datierung als Givet gegeben.

Mikrofaziell handelt es sich um Biomikrite, deren Grundmasse durch Graphitoide und Pyrit schwarz gefärbt ist und relativ viel Fein-Detritus im Silt-Bereich enthält.

Nach der von Krebs (1968) vorgeschlagenen Fazies-Gliederung ist die Schwelm Fazies des Massenkalkes als eine Bildung einer riff-freien Bank-Phase anzusehen, die durch das Fehlen von wellenresistenten organogenen Strukturen und durch vertikal und lateral rasch wechselnde Organismen-Vergesellschaftungen charakterisiert ist.

2. Statistische Untersuchungsmethoden und Vergleich der Methoden: Jede fazielle Untersuchung sollte von der zahlenmäßigen Erfassung der Merkmalsausbildungen ausgehen, wobei deren Häufigkeiten, Verteilungen und Streuungen zur Abgrenzung von Fazies-Typen sowie zum Vergleich derartiger Typen verwendet werden können. Im Falle der untersuchten Schwelm Kalke boten sich für eine quantitative Analyse die sowohl auf Schichtflächen als auch auf den Schichtköpfen gut erkennbaren Organismen an, deren Häufigkeit im Gelände mit Hilfe der Punktzählmethode und der Linienmeßmethode ermittelt wurde. Hierbei wurden alle Komponenten $< 2 \text{ mm}$ der Grundmasse zugeschlagen, da eine Bestimmung der Gruppenzugehörigkeit bei diesen Biogenen auch mit der Lupe nicht mehr einwandfrei möglich ist. Es wurden folgende Fossilgruppen unterschieden:

Stromatoporen, Alveoliten, Favositen, Helioliten, Auloporen, Thamnoporen, Amphiporen, rugose Einzelkorallen, Bryozoen, Brachiopoden, Gastropoden, nicht näher einzuordnende Schalen-Reste, Echinodermen, Kalkalgen und eine Restgruppe. Eine Aufgliederung nach globularen und lamellaren Wuchsformen erfolgte bei Stromatoporen und Alveoliten; diese Unterscheidung konnte jedoch nur in den Profilschnitten durchgeführt werden.

Die Geländeuntersuchungen begannen mit der Abgrenzung von Beprobungseinheiten innerhalb von Flächenbereichen, die auf Grund der Organismen-Assoziationen als in ihrer faunistischen Zusammensetzung relativ homogen angesehen werden dürfen. Der Idealfall einer Beprobungseinheit wäre die „Sedimentationseinheit“ im Sinne von Otto (1938); bei den hier untersuchten Beispielen darf jedoch nicht einmal für die Schichtfläche ein gleichbleibendes Ablagerungsmedium angenommen werden. Da die gesamte Beprobungseinheit aus arbeitstechnischen Gründen oder infolge ungünstiger Aufschlußverhältnisse kaum in ihrer Gesamtheit erfaßbar ist, wurde die quantitative Aufnahme auf Stichproben beschränkt, die einen von der Zahl der Stichproben und von deren Streuung abhängigen Schätzwert für die Gesamtausbildung der Beprobungseinheit liefern. Die Ermittlung des Stichproben-Umfanges erfolgte nach folgendem Schema:

a) Bildung der vorläufigen Schätzwerte (\bar{x}' und s') für den Mittelwert und die dazugehörige Standardabweichung aus wenigen, möglichst optimal ausgewählten Anfangsproben,

b) Berechnung der Punktezahl pro Stichprobe durch Abschätzung der erforderlichen Genauigkeit (σ) der Stichproben in Abhängigkeit von s' nach der Formel von Chayes (1956),

c) Ermittlung der Stichprobengröße unter Berücksichtigung der Punktezahl und des Mindestpunktabstandes (= Komponenten- \emptyset),

d) Festlegung der Stichprobenzahl mit Hilfe des Student-t-Verfahrens für einen gewünschten Vertrauensbereich [1] unter Verwendung von s' bei vorgegebenem Aussagerisiko.

Bei den Untersuchungen im Schwelm Kalk wurden sowohl die Punktzählmethode (Glagolew, 1933) als auch die Linienmeßmethode verwendet, die sich insbesondere bei der Auszählung von Profilschnitten als günstiger erweist; hierbei werden entsprechend dem Integrationsverfahren von Rosival (1898) die Anteile der Komponenten (Sehnenschnitte), bezogen auf eine Meßlinie (im allgemeinen 1 m) bestimmt, oder sofern lediglich Vergleichswerte benötigt werden, die Häufigkeit der Sehnenschnitte der einzelnen Fossilgruppen; diese Ermittlung der i -Zahlen spart zusammen mit der Verwendung von als Meßlinie benützten Klebestreifen Zeit und hat bei der Benützung von verschiedenen langen Meßlinien den Vorteil, daß die weiteren Berechnungen in einem offenen Zahlenfeld erfolgen können. Ein Vergleich der beiden Zählmethoden in zwei Test-

feldern auf der Schichtfläche und in einem Profilschnitt zeigt, daß die Mittelwerte bei Anwendung der Punktzähl- und der Linienmeßmethode in den meisten Fällen nur bis zu 10% differieren.

Die verschiedenen Variablenwerte aller Stichproben werden zu einer Urmatrix zusammengefaßt. Da die Variablen mit relativ niederen Zahlenwerten gegenüber jenen mit hohen bei der Varianzverteilung im Nachteil sind, empfiehlt sich eine Normierung oder Standardisierung des Datenmaterials. Hierbei muß jedoch geprüft werden, inwieweit eine damit verbundene Varianzverschiebung wünschenswert ist. Bei den angeführten Untersuchungen wurde für die weiteren Berechnungen zu Vergleichszwecken jeweils von den beobachteten, normierten und standardisierten Werten ausgegangen.

Der Grad der Beziehung zwischen den Variablen bzw. zwischen den Stichproben konnte durch Berechnung der Ähnlichkeitsmaße bestimmt werden:

Hierbei wurde der Korrelationskoeffizient als Produktmomentkorrelation sowohl für das geschlossene Zahlensystem (Prozentwerte) als auch für das offene Zahlenfeld ($i = \text{Zahlen}$) festgestellt. In der Größe der Korrelationskoeffizienten ergaben sich (bei 8 und mehr Variablen im geschlossenen System und Einzelwerten unter 50%) keine nennenswerten Unterschiede.

Als weitere Ähnlichkeitsmaße wurde der $\cos \Phi$ -Koeffizient (Koeffizient der proportionalen Ähnlichkeit) und der Distanzkoeffizient berechnet.

Die für alle Datenmatrizen durchgeführten multivarianz-analytischen Vergleichsberechnungen mit Hilfe der Korrelations-, $\cos \Phi$ - und Distanzkoeffizienten erbrachten eine weitgehende Übereinstimmung bezüglich der Klassifizierung der Variablen und der Stichproben. Daher erscheint die Frage der Wahl der Ähnlichkeitsmatrize nicht von wesentlicher Bedeutung, wenn auch der Korrelationskoeffizient im Rahmen der Faktorenanalyse gewisse Vorteile bietet.

Die derart durchgeführten Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen den Variablen (R-Technik) und über den Zusammenhang zwischen Stichproben (Q-Technik) ermöglichen eine Klassifikation der Merkmale in einem hierarchischen System (Cluster-Analyse) und die Bestimmung der Abhängigkeit der Merkmalausprägung von unabhängigen Faktoren (Faktoren-Analyse):

Die Cluster-Analyse erfolgte nach der „weighted-pair-group“-Methode (siehe Sokal und Michener, 1958), die Dar-

stellung der Ergebnisse in üblicher Weise im Korrelationsdendrogramm (z. B. Kaesler, 1966).

Für die Faktoren-Analyse wurden folgende Verfahren durchgeführt: Ausgangsbasis der Faktoren-Analyse bilden die durch den Korrelationskoeffizienten und $\cos \Phi$ -Koeffizienten oder Distanzkoeffizienten dargestellten Ähnlichkeitsmatrizen. Die weiteren Rechenschritte beinhalten die Schätzung der Kommunalität (Summe der Quadrate der Ladung jener Faktoren, welche an der Varianz mehrerer Variabler beteiligt sind), die Berechnung der Faktoren-Matrix nach dem Verfahren der Hauptachsenanalyse, die orthogonale Rotation der Faktoren-Matrix zur Vereinfachung des Abhängigkeitsschemas (Varimax-Methode nach Kaiser, 1958) und als Ergänzung die schiefwinkelige Rotation der Faktoren-Matrix (Oblimin-Methode, siehe Harman, 1960). Die schiefwinkelige Rotation erbrachte bei unseren Beispielen im Vergleich mit der orthogonalen Rotation nur relativ geringfügige Unterschiede.

3. Ergebnisse der statistischen Untersuchungen: Der qualitativ relativ einheitliche Fossilbestand der Schichtfläche wurde durch Auszählung von 6 Teilbereichen von unterschiedlicher Größe (maximal $2 \times 3 \text{ m}$) untersucht. Diese Teilbereiche wurden für die (mit 400 Zählpunkten durchgeführte) Punktzählanalyse in Felder von $30 \times 30 \text{ cm}$, $60 \times 60 \text{ cm}$ bzw. $90 \times 90 \text{ cm}$ unterteilt. Zusätzlich wurden 20 je 1 m lange Meßlinien ausgewertet. Eine vergleichende Untersuchung der verschiedenen Datensätze nach der R-Technik erbrachte bei unterschiedlicher Feldgröße und Meßmethode eine relativ gleiche Gruppierung der Faunenelemente:

Die Cluster-Analyse ergab eine Zusammenfassung der massiven Wuchsformen (Alveoliten, Stromatoporen, Helioliten) sowie der inkrustierten Auloporen gegenüber einer zweiten Großgruppe, die sich aus kleinwüchsigen zylindrischen Formen sowie aus Brachiopoden und Matrix zusammensetzt. Die beiden Großgruppen korrelieren stark negativ.

Auch in der Faktoren-Analyse ergeben die drei überprüften Datensätze nur geringe Unterschiede (Anteil der Gesamtkommunalität bei Werten aus $60 \times 60 \text{ cm}$ -Feldern um 10% höher als bei Werten aus $30 \times 30 \text{ cm}$ -Feldern). Bei einer Zuordnung der Faunenelemente zu den einzelnen Faktoren entsprechend ihrem Varianzanteil ist im wesentlichen die durch die Cluster-Analyse ermittelte Gruppierung wieder zu erkennen: Der Faktor A umfaßt den Großteil der Varianz der durch Favositen, restliche Biogene und Matrix charakterisierten Gruppe. Dem Faktor B

sind Helioliten und Auloporen zugeordnet. Der Faktor C umfaßt die restlichen Faunenelemente, wobei eine hohe positive Ladung für Alveoliten und eine hohe negative Ladung für Brachiopoden und Schalen-Reste feststellbar ist. Im Faktor D kommt ebenfalls eine stark negative Korrelation zwischen den Stromatoporen einerseits und Thamnoporen und Amphiporen andererseits zum Ausdruck.

Die einheitliche Zusammensetzung des Faunenbestandes der Schichtfläche wird durch die Ergebnisse der Q-Mode-Analyse bestätigt. Bei der auf der Geländebeobachtung basierenden Annahme, daß die gesamte Fläche als ökologisch einheitliches Areal zu betrachten sei, war zu vermuten, daß die Abweichungen von sechs Testfeldern innerhalb der zulässigen Streuung des Faziestyps liegen würden und daß daher durch Cluster- und Faktoren-Analysen keine auffallende Gruppierung der Auszählfelder erkennbar sein würde. Dies war weitgehend der Fall; lediglich die Auszählfelder eines Testbereiches bilden eine selbständige Gruppe, welche auf der Schichtfläche durch das Zurücktreten der großen Stromatoporenkolonien und durch die Zunahme des Anteils von Matrix und zylindrischen Biogenen charakterisiert ist. Da diese Differenzierung mit der in der R-Mode-Analyse gewonnenen Faunen-Gruppierung übereinstimmt, darf man für diesen Kleinbereich (etwa $2,5 \times 3$ m der Schichtfläche) unterschiedliche Umweltsbedingungen annehmen.

Grundsätzlich wird jedoch die Annahme einer ökologischen Einheit durch die Tatsache bestätigt, daß bei der Q-Mode-Faktorenanalyse die Gesamtkommunalität nahezu identisch mit der Gesamtvarianz ist.

In den Profilen ergeben sich folgende Gruppierungen der Faunenelemente: Im Profil P (im Hangenden der untersuchten Schichtfläche) ergibt die Cluster-Analyse der Korrelationskoeffizienten auf Grund des Punktzählverfahrens die Gruppierung Matrix + Alveoliten + Amphiporen + Helioliten, Stromatoporen + Schalen-Reste und Favositen + Thamnoporen + Einzelkorallen; auf Grund des Linearmeißverfahrens ist eine Gruppierung Stromatoporen + Alveoliten + Schalen-Reste und Matrix + Einzelkorallen + Favositen bzw. Helioliten + Amphiporen sowie als dritte Gruppe Thamnoporen zu erkennen. Wiederum weist die erste Gruppe mit großwüchsigen Stromatoporen und Alveoliten gegenüber den beiden Gruppen 2 und 3 (kleine zylindrische Organismen mit viel Matrix) eine stark negative Korrelation auf. Gleiches zeigt die Cluster-Analyse der $\cos \Phi$ -Matrix; allerdings sondern sich hier die sporadisch auftretenden

Favositen und die Helioliten als selbständige Gruppe ab, welche den beiden anderen Gruppen in negativer Abhängigkeit gegenübersteht.

Bei der Faktoren-Analyse der aus der Korrelationsmatrix errechneten Werte zeigt sich ein sehr hoher Anteil der Gesamtkommunalität und eine relativ geringe Eigenvarianz der Variablen. Für die Erfassung von 95% der Gesamtkommunalität genügen 4—5 Faktoren; bei Verwendung der Einheitsvarianz sind nur 3—4 Faktoren zu extrahieren. Im einzelnen zeigen sich folgende Verhältnisse:

Amphiporen und Thamnoporen zeigen eine Abhängigkeit von Faktor A. Für den Faktor B ergeben sich hohe positive Ladungen der Stromatoporen und Schalen-Bruchstücke und hohe negative Ladungen der Matrix. Der Faktor C scheint insbesondere für die Varianz der Favositen verantwortlich zu sein. Der Faktor D läßt sich nicht zuordnen. Ebenfalls drei Faktoren gehen aus der $\cos \Phi$ -Matrix hervor:

Stromatoporen + Alveoliten + Schalen-Reste; Amphiporen + Thamnoporen; Favositen und Einzelkorallen. Wiederum deutet sich die Differenzierung von großen massiven Wuchsformen und von kleinen zylindrischen Biogenen an. Hervorzuheben ist die klare Zusammengehörigkeit von Amphiporen und Thamnoporen, die negative Abhängigkeit der Matrix von den Stromatoporen sowie ein großer Einfluß der nur sporadisch auftretenden Biogene wie Favositen und Helioliten auf das Ergebnis der Analyse.

Die Überprüfung der Homogenität oder Inhomogenität des Faunenbestandes durch die Q-Mode-Analyse bestätigt die durch die R-Mode-Analyse gewonnenen Faunen-Gruppierungen, wobei allerdings Unterschiede in Abhängigkeit von der verwendeten Ausgangsmatrix auftreten. Dies äußert sich insbesondere in der Zahl der extrahierbaren Faktoren (bei Benutzung von standardisierten Ausgangswerten bis zu 6 Faktoren, bei unveränderten Ausgangswerten meist nur 2 Faktoren).

Im Gegensatz zu dem nur 1,5 m mächtigen Profil P umfaßt das Profil 36 (Felsrippe südlich der untersuchten Schichtfläche) eine etwa 8 m mächtige Folge mit 36 Einzelbänken:

Die auf der Korrelationsmatrix basierende Cluster-Analyse ergibt ein mit der Schichtfläche und mit Profil P vergleichbares Bild, wobei zwei Großgruppen (massive Formen wie Stromatoporen, Alveoliten und Favositen; kleine zylindrische Formen, schalentragende Organismen und Grundmasse) stark negativ korreliert sind. Der Gruppierungskoeffizient 0,1 unter-

gliedert die Gruppe 2 in Thamnoporen + Amphiporen + Einzelkorallen + restliche Biogene; Echinodermen + Schalen-Reste und Brachiopoden + Grundmasse.

Die R-Mode-Faktorenanalyse ergibt einen Faktor A mit sehr hohen Ladungen bei Thamnoporen, Amphiporen, Einzelkorallen und restlichen Biogenen. Der Faktor B weist eine hohe positive Ladung bei Stromatoporen und stark negative Werte bei Brachiopoden, Echinodermen und Schalen-Resten auf. Faktor C bestimmt die Varianz der Brachiopoden und der Grundmasse.

Die Zusammenfassung der Probeneinheiten durch die Q-Mode-Analyse bestätigt die durch die R-Mode-Analyse gewonnenen Faunen-Gruppierungen, wobei ein enger Zusammenhang zwischen Faktorenladung und dem prozentuellen Anteil der Biogene einer Bank zu beobachten ist: Der Faktor A ist mit Amphiporen, Thamnoporen, Einzelkorallen und Matrix, der Faktor B mit Stromatoporen, der Faktor C mit Brachiopoden und der Faktor D mit Alveoliten in Beziehung zu setzen.

Zusammenfassend läßt sich folgendes feststellen: In allen Datensätzen ist eine verschieden deutliche Gliederung der Biogene in zwei miteinander stark negativ korrelierende Großgruppen zu erkennen, deren Organismen durch massive globulare und lamellare Wuchsformen auf der einen und durch kleine zylindrische Organismen sowie Brachiopoden und Grundmasse auf der anderen Seite charakterisiert sind. Dies wird auch durch die Faktoren-Analyse bestätigt. Hiemit zeigt sich eine klare Steuerung der Wuchsformen durch Umwelteinflüsse bzw. die Trennung von verschiedenen Formtypen durch den gleichen Umweltfaktor. Es liegt nahe, den sich aus der Faktoren-Analyse ergebenden Hauptfaktor mit der Art der Wasser-Bewegung in Zusammenhang zu bringen. Das Überwiegen massiver Formen gegenüber zylindrischen Biogenen könnte eine relativ größere Turbulenz bzw. Intensität der Wasser-Bewegung andeuten. Dies wird auch dadurch unterstrichen, daß dieser Faktor nach der Rotation besonders hohe Ladungen für Stromatoporen und eine hohe negative Ladung für die Grundmasse aufweist.

Bei der Aufsplitterung der zweiten Großgruppe fällt die starke Bindung zwischen Grundmasse und Brachiopoden auf. Beide Elemente sind von einem Faktor abhängig, der sich auf kleine zylindrische Biogene stark negativ auswirkt. Da die Amphiporen Schlammgründe meiden, während die Brachiopoden in Lebensstellung im Mikrit anzutreffen sind, könnte ein weiterer Faktor mit der Festigkeit des Substrates zusammenhängen.

Bei der Trennung von Stromatoporen in globulare und lamellare Wuchsformen fällt auf, daß globulare Stromatoporen und Alveoliten eng verbunden bleiben, und daß diese Untergruppe zum Teil stärker mit zylindrischen Biogenen und der Grundmasse korreliert als mit lamellaren Stromatoporen. Darin äußert sich als Hauptfaktor eine zunehmende Intensität der Wasserbewegung von zylindrischen über globularen zu lamellaren Wuchsformen.

Bei einem Vergleich der statistischen Fossilassoziationen der untersuchten Schichtfläche und der Profile ergeben sich folgende Möglichkeiten für das Neben- und Übereinander der Biozöosen:

Typus 1: Lamellare Stromatoporen — globulare Stromatoporen — zylindrische Organismen (Kalkschwämme, Dasycladaeen u. a.) — Amphiporen — Foraminiferen.

Typus 2: Lamellare Stromatoporen — globulare Stromatoporen — zylindrische Organismen — Einzelkorallen — Brachiopoden.

Typus 3: Lamellare Stromatoporen — globulare Stromatoporen — zylindrische Organismen — Echinodermen (+ Brachiopoden).

4. Paläontologie: In 180 Dünnschliffen aus den Kalken der Schichtfläche wurden folgende Organismen bestimmt:

Foraminiferen: *Archaeosphaera* sp., *Bisphaera* sp., *Vicinesphaera* sp.; Hydrozoen: *Actinostroma* cf. *A. perlaminatum* Lecompte, *Actinostroma* ? *stellulatum* Nicholson, *Clathrocoilona spissa* (Lecompte), *Hermatostromaroemeri* (Nicholson), *Hermatostroma schlüteri* Nicholson, *Parallelopora goldfussi* Bargatzky, *Plectostroma* cf. *P. salairicum* (Yavorsky), *Stachyodes* sp., *Stromatopora* sp.; Korallen: Rugosa — *Acanthophyllum (Grypophyllum) vermiculare* (Goldfuss), *Acanthophyllum (Neostriphophyllum) concavum* (Walther), *Acanthophyllum (Neostriphophyllum)* sp., *Plasmophyllum (Mesophyllum) vesiculosum annulifer* (Schlüter), *Spinophyllum spongiosum* (Schlüter) sensu Wedekind, *Spinophyllum* sp. cf. *S. spongiosum* (Schlüter) sensu Wedekind; Tabulata — *Alveolites* sp. ex gr. *Alveolites suborbicularis* Lamarek, *Alveolites* sp. ex gr. *taenioformis* Schlüter, *Aulopora* sp., *Favosites* sp. *Heliolites porosus porosus* (Goldfuss), *Heliolites relictus* Stumm, *Thamnopora reticulata* (Blainville), *Thamnopora vermicularis* (M'Coy); Bryozoen indet.; Brachiopoden: *Stringocephalus burtini* Defrance, Atrypaceen div.;

Echinodermen: Crinoiden-Fragmente; Kalkalgen: *Vermiporella* cf. *V. myna* Wray, *Girvanella ducii* Wethered, *Girvanella wetheredi* Chapman, *Rothpletzella devonica* (Maslov).

Wie die Q-Mode-Faktorenanalyse gezeigt hat, handelt es sich bei den Biogenen der Schichtfläche um eine ökologische Einheit, die trotz der Existenz eines durch zylindrische Organismen und viel Grundmasse charakterisierten Kleinbereiches (in einem lokalen Stillwasser-Areal?) als echte Kommunität im Sinne von Riedl (1966) betrachtet werden darf. Homogenitätsdiagramme (Riedl 1963) zeigen, daß in der Bank-Fazies des untersuchten Schwelm Kalkes mindestens drei gut abgrenzbare Kommunitäten existieren.

Dank: Die Untersuchung wurde durch die großzügige Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Projekt Fl 42/4 und 42/9) ermöglicht. Für die Bestimmung der rugosen Korallen danken wir Herrn Dr. R. Bierenheide (Frankfurt a. M.), für Anschliffuntersuchungen der Kalkgrundmasse Herrn Doz. Dr. H.-J. Haditsch (Montanistische Hochschule Leoben). Die Rechenarbeiten wurden unter Benützung von Algor-Programmen an der Zuse Z 23 im Rechenzentrum der Universität Karlsruhe begonnen und an der IBM 7094 des Deutschen Rechenzentrums in Darmstadt weitergeführt. Für die Berechnung des $\cos \Phi$ - und des Distanzkoeffizienten sowie der Cluster-Analyse wurden Programme in Fortran IV geschrieben (H. Hötzl). Für die Korrelationsrechnung sowie für die Faktoren-Analyse wurden Bibliotheksprogramme des Deutschen Rechenzentrums Darmstadt verwendet (Kor I, Autor P. Schnell, Pafa — Autor P. Schnell, Oblimin — Autor F. Gebhardt).

Literatur

Agterberg, F. P. (1967): Computer techniques in geology. — Earth-Sci. Rev., 3, 47—77, 6 Abb., Amsterdam.

Behrens, E. W. (1965): Environment reconstruction for a part of the Glen Rose Limestone, Central Texas. — Sedimentology, 4, 65—111, 10 Taf., 11 Abb., Amsterdam.

Chayes, F. (1956): Petrographical Modal Analysis. — 113 S., New York (Wiley).

Cheetham, A. H. und Hazel, J. E. (1969): Binary (Presence-Absence) Similarity Coefficients. — J. Paleont., 43, 5, 1130—1136, Tulsa.

Fagerstrom, J. A. (1964): Fossil communities in paleoecology: their recognition and significance. — Bull. Geol. Soc. Amer., 75, 1197—1216, New York.

Flügel, E. und Hötzl, H. (im Druck): Palökologische und statistische Untersuchungen in devonischen Riff-Kalken (Schwelmer Kalk [Givet]: Rheinisches Schiefergebirge). — *Geologica et Palaeontologica*, Marburg a. d. Lahn.

Fox, W. T. (1968): Quantitative Paleoeologic Analysis of Fossil Communities in the Richmond Group. — *J. Geol.*, 76, 613—640, 12 Abb., 6 Tab., Chicago.

Harbaugh, J. und Demirmen, F. (1964): Application of Factor Analysis to Petrologic Variations of Americus Limestone (Lower Permian), Kansas and Oklahoma. — *State Geol. Surv. Kansas, Spec. Distrib. Publ.*, 15, 41 S., 15 Abb., Lawrence.

Harman, H. H. (1960): Modern Factor Analysis. — 569 S., Chicago (Univ. Chicago Press).

Hecht, A. D. (1969): Miocene Distribution of Molluscan Provinces Along the East Coast of the United States. — *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 80, 1617—1620, 5 Abb., New York.

Imbrie, J. (1964): Factor analytic model in paleoecology. — In: Imbrie, J. und Newell, N. D.: Approaches to paleoecology, 407—422, New York (Wiley).

Johnson, R. G. (1960): Models and methods for analysis of the mode of formation of fossil assemblages. — *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 71, 1075—1080, New York.

Kaesler, R. L. (1966): A quantitative re-evaluation of the ecology and distribution of Recent Foraminifera and Ostracoda of Todos Santos Bay, Baja, California. — *Univ. Kansas Paleont. Contrib. Paper*, 10, 50 S., 14 Tab., 23 Abb., Lawrence.

Kissling, D. L. und Linsback, J. A. (1967): Paleoeological Analysis of Corals and Stromatoporoids in a Devonian Biostrom, Falls of the Ohio, Kentucky-Indiana. — *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 78, 2, 157—174, 13 Abb., 2 Tab., New York.

Krebs, W. (1968): Reef development in the Devonian of the eastern Rhenish Slate Mountains, Germany. — *Internat. Symposium Devonian System, Alberta, Soc. Petrol. Geol.*, 2, 295—306, 2 Tab., 4 Abb., Calgary.

Mello, J. F. und Buzas, M. A. (1968): An application of cluster analysis as a method of determining biofacies. — *J. Paleont.*, 42, 3, 747—758, 6 Abb., Menasha.

Otto, G. H. (1938): The sedimentation unit and its use in field sampling. — *J. Geol.*, 46, 569—582, Chicago.

Riedl, R. (1963): Probleme und Methoden der Erforschung des litoralen Benthos. — *Zool. Anz.*, 26, Suppl., 505—567, Wien.

Riedl, R. (1966): Biologie der Meereshöhlen. — 636 S., 328 Abb., 16 Farbtafeln, Hamburg—Berlin (Parey).

Sokal, R. R. und Michener, C. D. (1958): A statistical method for evaluating systematic relationship. — *Univ. Kansas Sci. Bull.*, 38, 1409—1438, Lawrence.

Williams, W. T. und Lambert, J. M. (1959): Association-analysis in plant communities. — *J. Ecol.*, 47, 83—101, New Haven.

Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. Erik Flügel, Geol.-Paläont. Institut, Technische Hochschule, Schnitzpahnstraße 9, D-61 Darmstadt, und Dr. Heinz Hötzl, Geologisches Institut, Universität (TH), D-75 Karlsruhe.