

Faktorenanalyse nordalpiner Malmkalke

Von ALOIS FENNINGER, Graz *)

(Mit 7 Abbildungen und 6 Tabellen)

Zusammenfassung

An 365 Proben oberjurassischer Sedimente der Nördlichen Kalkalpen, die sich auf die Typuslokalitäten einzelner oberjurassischer Schichtglieder beziehen (Tab. 1), wurden Cluster- und Faktorenanalysen durchgeführt.

Ziel dieser statistischen Untersuchungen war es, eine Aussage über das Verhalten von Grundmasse, Zement, anorganischen und organischen Komponenten zu treffen.

Das Cluster-Diagramm des Gesamttraumes läßt erkennen (Abb. 3), daß charakteristische Sedimenttypen vorliegen, was in der Mikrit — Radiolarien — Spiculae-, Sparit — Schalenbruch — Algen- und Intraklast — Pellet-Gruppe zum Ausdruck kommt. Im Flachwasserbereich (Plassen-, Tressenstein-Kalk, 107 Proben) (Abb. 6) bleiben die ersten beiden Gruppen stellvertretend für die mikritischen Plassenkalke und für die bio-intrasparitischen Plassen- und Tressenstein-Kalke erhalten, während die Intraklast-Pellet-Gruppe als Typus von Schuttkalken am Übergang von Flachwasserbänken zu Beckensedimenten verlorenggeht, und Bio-Pel- und Onkosparite in den Vordergrund treten (Abb. 7).

Nach der Faktorenanalyse haben diese Gruppenbildungen ihre Ursache in sedimentologischen und biologischen Bedingungen, von denen als Deutungsmöglichkeiten Sedimentationsmechanismus, Wassertiefe bzw. Durchlichtung des Wassers sowie Faunen und Florenanhäufungen in Erwägung gezogen werden.

Abstract

With 365 samples of Upper Jurassic sediments from Northern Limestone Alps, which belong to the type localities of particular Upper Jurassic strata (Tab. 1), cluster- and factoranalyses were carried out.

These statistic investigations were aimed at finding aspects of the behaviour of microcrystalline ooze, cement, inorganic and organic components.

The cluster diagram of the total area (Fig. 3) shows that 3 characteristic types of sediments occur, which are evident in the Micrit-Radiolaria-Spiculae, Sparit-Shells-Algae- and Pellet-Intraclast-groups. In the shallow water area (Plassen- and Tressenstein-limestones, 107 samples) (Fig. 6) the first 2 groups, which belong to the micritic Plassen-limestone and the bio — intrasparitic Plassen- and

Anschrift des Verfassers: Abteilung für Paläontologie und Historische Geologie der Universität, A-8010 Graz, Österreich.

Tressenstein-limestones are still present while the Pellet — Intraclast group as a type of slope deposits does not longer occur. Instead Biopel- and Oncosparites dominate (Fig. 7).

According to the factor analysis these groups are due to sedimentological and biological causes. These could be: mechanism of sedimentation, depths of water or illumination and accumulation of biota.

Einleitung

Bei lithogenetischen Untersuchungen liefern Point-Counter Analysen eine relativ genaue Verteilung von Grundmasse und Komponenten in den einzelnen Ablagerungsräumen. Sie ermöglichen einzelne Mikrofaziestypen herauszuarbeiten und deren Veränderung in Raum und Zeit zu erkennen. Zusammenhänge unter den Komponenten und der Grundmasse sind auf Grund der Unübersichtlichkeit der Ausgangsdaten selten klar erfassbar und können meist nur erahnt werden. Durch die Cluster- und Faktorenanalyse wird das gegenseitige Verhalten einzelner Variablen aufgezeigt und ein umfangreiches Datenmaterial auf einfache Grundstrukturen (Faktoren) reduziert.

Im Hinblick auf die im Detail untersuchten Typuslokalitäten oberjurassischer Sedimente der Nördlichen Kalkalpen (vgl. FLÜGEL & FENNINGER, 1966, HÖTZL, 1966, FENNINGER, 1967, FLÜGEL, 1967) wurden für eine erste statistische Analyse 365 Proben ausgewählt. Es wurde dabei getrachtet den Kreis der Schliffbearbeiter klein zu halten, um individuelle Betrachtungsweisen möglichst auszuschalten. Dies gilt vor allem für die Komponenten-reicheren Flachwasserkalke, während bei Berücksichtigung des entsprechenden Vergrößerungsmaßstabes, d. h. wenn die statistische Verteilung dem Gauss'schen Fehlerverteilungsgesetz \pm gehorcht, der individuelle Fehler bei den Komponenten-ärmeren Beckensedimenten einzuschränken ist.

Plassenk.	Hallstatt	oö	85
Tressensteink.	Aussee	Stmk.	27
Oberalmersch.	Hallein	Stzbg.	84
Steinmühlk.	Arrach	NÖ	54
Rettenbachk.	Hubkogel	oö	58
wechsetf. OaSch.	Zinkenbachgr.	Stzbg.	57

Tab. 1. Lokalitäten und Verteilung der ausgewerteten Proben.
Tab. 1. Localities and distribution of the tested samples.

Einschränkend muß noch bemerkt werden, daß Komponentenverteilungen der in Profilen aufgesammelten Proben mit solchen, die auf Grund der Aufschlußbedingungen nur „flächenmäßig“ aufgesammelt wurden, verglichen werden. Zahlreiche Arbeiten weisen darauf hin, daß in der Art der Probenentnahme, die ein einheitliches Datenmaterial liefern soll, sehr überlegt vorgegangen werden muß, um nicht Ausgangsfehler zu erhalten.

Das Datenmaterial verteilt sich auf die Typuslokalitäten einzelner oberjurassischer Schichtglieder (vgl. Tab. 1). Es wurde getrachtet, daß den Flachwasser-, Becken- und Übergangssedimenten annähernd gleiches Gewicht zukommt. Die Untersuchung ging davon aus, eine Aussage über das Verhalten von Grundmasse, Zement, anorganischen und organischen Komponenten zu treffen. Es war wichtig aus dem Gesamtraum heraus, die Bedeutung einzelner Variablen zu erfassen, um weiterhin Anhaltspunkte über die Bedeutung der einzelnen Variablen an einzelnen Lokalitäten bzw. Proben zu finden.

Kennzeichnung der Variablen

Die Auswertung bezieht sich auf 15 Variable, nachdem nichtssagende %-Anteile, wie Kalzitklüfte oder Komponenten unsicherer Stellung, durch \pm %-getreue Umrechnung auf die übrigen Variablen ausgeschaltet wurden.

Die einzelnen Variablen werden im Folgenden kurz gekennzeichnet:

1. Mikrit: Es soll darunter jener durch chemische oder bio-chemische Fällung im Meerwasser entstandene Kalkschlamm, sowie der durch Zerreibung und Zerbrechung gebildete Feinstdetritus oder der vom Lande (?) herkommende „Kalkstaub“ verstanden werden.
2. Sparit: In Hohlräumen gefälltter Kalzit und/oder Aragonit ohne Berücksichtigung der einzelnen Kalzitgefügetypen.
3. Dolomit: tritt im oberostalpinen Malm immer nur als sekundäres Umwandlungsprodukt auf. Es kommt ihm stets untergeordnete Bedeutung zu. In Flachwassersedimenten tritt er in Form zonarer (Wechsel von Dolomit mit Kalzit und Dolomit) Rhomboeder auf. In Beckensedimenten ist er in Zusammenhang mit Drucklösungserscheinungen zu bringen. Diese genetisch verschiedenen Dolomittypen werden nicht auseinandergehalten.
Hornsteinbildungen: werden vernachlässigt, da sie im gemeinsamen Auftreten mit Radiolarien und Spiculae durch diese genügend repräsentiert erscheinen.
4. Ooide:
5. Pellets:
6. „Intraklaste“:
7. Onkoide: sind als eine Gruppe von Komponenten anzusehen, deren Bildung vorwiegend auf anorganische Faktoren zurückzuführen ist. Sie können als Anzeiger des Ablagerungsraumes und bestimmter Energiebedingungen betrachtet werden.

Pellets und „Intraklaste“ wurden nach Korngröße und Struktur ausein-

andergehalten (0,15 mm). Unter „Intraklaste“ werden sämtliche primäre bis paradiagenetische, zusammengesetzte Komponenten zusammengefaßt. Eindeutige Faecal Pellets treten nur untergeordnet auf. Onkoide repräsentieren eine zusätzliche organisch gesteuerte Gruppe, bei deren Bildung den Blau-Grün-Algen eine besondere Bedeutung zukommt.

8. Algae:
9. Tintinnina:
10. Radiolaria:
11. Foraminifera:
12. Spiculae:
13. Coelenterata:
14. Schalenbruch:
15. Echinodermata: Die Variablen 8—15 stellen Organismen oder organische Reste dar; es sei hingewiesen, daß unter Coelenterata vor allem Hydrozoa und Anthozoa und unter Schalenbruch sämtliche Schalenreste zu verstehen sind.

Point Counter Analyse

Abhängig von der Anzahl der Komponenten und der Schlißgröße wurden 300—500 Punkte ausgezählt. Wie z. B. BEHRENS, 1965, zeigen konnte, erweist sich eine derartige Punktezahl ausreichend, da beim Auszählen von 300 und 600 Punkten nur geringfügige Unterschiede gegeben sind. Es wird angenommen, daß der Fehler bei Variablen mit geringem Prozentanteil durch z. T. wiederholtes Auszählen bzw. durch wiederholtes gleichartiges Auftreten in verschiedenen Proben ausgeglichen wurde.

Statistische Methoden

Das Grundkonzept der verwendeten Methode ist, daß sich hinter einer Anzahl korrelierter Variablen nicht direkt ablesbare Größen, sog. Faktoren verbergen, durch die Variable ausgedrückt werden können. Eine derartige auf die Untersuchungen von SPEARMAN, 1946, HARMAN, 1964, THURSTONE, 1953 u. a. zurückgehende Methode heißt Faktorenanalyse. Diese um die Jahrhundertwende von und für Psychologen entwickelte Methode, hat in den letzten 10 Jahren bei geologischen und paläontologischen Problemstellungen mit nicht überschaubarem Datenmaterial eine zunehmende Bedeutung gewonnen. Sie läßt sich im Wesentlichen dann sinnvoll anwenden, wenn Hypothesen überprüft werden sollen.

Da sie hypothetische, mathematische Größen liefert, die für sich allein noch nichts aussagen, wurde mit Hilfe der Cluster-Analyse, um die Deutung der einzelnen Faktoren zu erleichtern, vorerst das wechselseitige Verhalten der einzelnen Variablen geprüft. Die Cluster-Analyse sagt etwas über das Verhalten einzelner Variablen untereinander, über das Verhalten einzelner Variablen zu Variablengruppen sowie über die Beziehung einzelner Variablengruppen zueinander aus, und zielt auf ein hierarchisch geordnetes Dendrogramm (SOKAL &

MICHENER, 1958). Die verschiedenen Methoden, die zur Berechnung eines Dendrogramms führen und im Ergebnis zumeist nur geringfügige Unterschiede zeigen, sind z. B. bei SOKAL & SNEATH, 1963 oder PARKS, 1966 zusammengestellt. Die Cluster-Analyse wird entsprechend der ursprünglichen Problemstellung vor allem zur Lösung taxonomischer Probleme herangezogen (z. B. KAESLER, 1966) wurde aber auch bei der Klärung fazieller Gegebenheiten verwendet (PURDY, 1963, BEHRENS, 1965, MELLO & BUZAS, 1968).

Das Programm für die Faktorenanalyse (Hauptachsenmethode) war am Institut für Theoretische Mathematik der Universität Graz von Herrn Dr. W. KOCH für die Univac 490 in Algol geschrieben worden. Für die Freundlichkeit, daß Herr KOCH das Programm zur Verfügung stellte, sei ihm herzlich gedankt. Die Rechenzeit für die Faktorenanalyse lag bei 1,19 Minuten.

Cluster-Analyse

Die Cluster-Analyse wurde nach der die Gewichte der einzelnen Variablen berücksichtigenden Paare — Variablen — Methode mit einfachem arithmetischem Mittel berechnet (WVGMA). SOKAL & SNEATH, 1963 weisen bezugnehmend auf SOKAL & RHOLF, 1962 hin, daß durch einfaches Mitteln eine bessere Übereinstimmung mit den Ausgangskorrelationen erreicht wird als durch die Spearman'sche Summenmethode (SOKAL & MICHENER, 1958).

Tab. 2 zeigt Maximalwert, Mittelwert und Standardabweichung der einzelnen Variablen. In Abb. 1 werden Mittelwert und Standardabweichung gegenübergestellt. Die Abweichung des Mittelwertes erweist sich als relativ einheitlich.

Abb. 2 zeigt in einem einfachen Clusterdiagramm den Zusammenhang zwischen den einzelnen Variablen; dabei wurden niedrige Korrelationen ($r = > \pm 0,30$) ausgeschaltet. Es zeigt sich dann, daß von den 15 Variablen lediglich 8 wichtig sind. Das Diagramm läßt eine positiv korrelierte Gruppe von Mikrit, Radiolaria und Spiculae erkennen, die im Gegensatz zu den übrigen Komponenten steht. Dies drückt sich in den negativen Korrelationen Mikrit zu Sparit etc. aus. Sparit ist mit Pellets, „Intraklasten“, Schalenbruch und Algae relativ einheitlich korreliert, während Coelenterata durch ihr negatives Verhalten zum Mikrit charakterisierbar sind. Die einheitlichen Korrelationen der verschiedenen Komponenten zur mikritischen Grundmasse und zum sparitischen Zement lassen ihr gegenseitiges Verhalten nur schwer erkennen, was in einem hierarchisch geordnetem Dendrogramm möglich wird (Abb. 3). Es ist in der üblichen Weise zu lesen; z. B. Radiolaria und Spiculae, die untereinander mit $r = 0,66$ korreliert sind, bilden eine Gruppe und sind mit Mikrit unter dem Korrelationskoeffizienten $r = 0,40$ zusammengeschlossen. Abb. 3 erlaubt uns den Schluß, daß die untersuchten Proben sich vor allem auf 3 Sedimenttypen beziehen, was in der Mikrit-Radiolarien-Spiculae-, Sparit-Schalenbruch-Algae- und der Intraklast-Pellet-Gruppe zum Ausdruck kommt. Der vierten Gruppe mit Ooiden und Echinodermaten kommt bei dem niedrigen Korrelationskoeffizienten keine Bedeutung zu. Die restlichen Variablen, ausgenommen Tintinnina, sind, begonnen mit Coelenterata, Foraminifera, Onkoide und Dolomit, abnehmend an die Sparit-Schalenbruch-Algae- und an die Intraklast-Pellet-Gruppe gebunden.

		MAXIMALWERT		MITTELWERT		STANDARDABW.	
		Gesamtr.	Flachw.	Gesamtr.	Flachw.	Gesamtr.	Flachw.
1	MIKRIT	99,0	98,6	65,56	39,56	30,13	32,00
2	SPARIT	78,0	46,0	8,11	16,04	13,03	12,66
3	DOLOMIT	97,0	97,0	0,56	1,51	0,54	9,92
4	OOIDE	20,7		0,28		1,75	
5	PELLETS	45,0	30,0	4,64	8,11	7,02	6,33
6	INTRAKLASTE	77,0	77,0	5,09	14,31	11,86	18,01
7	ONKOIDE	54,5	54,5	0,77	2,00	4,52	8,17
8	ALGAE	33,0	33,0	1,50	4,98	4,41	6,99
9	TINTINNINA	11,2		0,37		1,37	
10	RADIOLARIA	18,8	3,0	2,38	0,07	3,05	0,42
11	FORAMINIFERA	9,0	9,0	0,46	0,94	0,94	1,42
12	SPICULAE	12,0		1,11		2,09	
13	COELENTERATA	76,0	76,0	2,48	8,31	8,57	14,24
14	SCHALENBRUCH	39,3	21,0	2,12	2,84	3,95	3,73
15	ECHINODERMATA	93,0	17,5	4,85	1,94	10,31	8,12

Tab. 2. Maximalwert, Mittelwert und Standardabweichung der Variablen im Gesamttraum (365 Proben) und in den Flachwasserkalken (107 Proben).

Tab. 2. Maximumvalue, median and standard deviation of variables in total area (365 samples) and in shallow water limestones (107 samples).

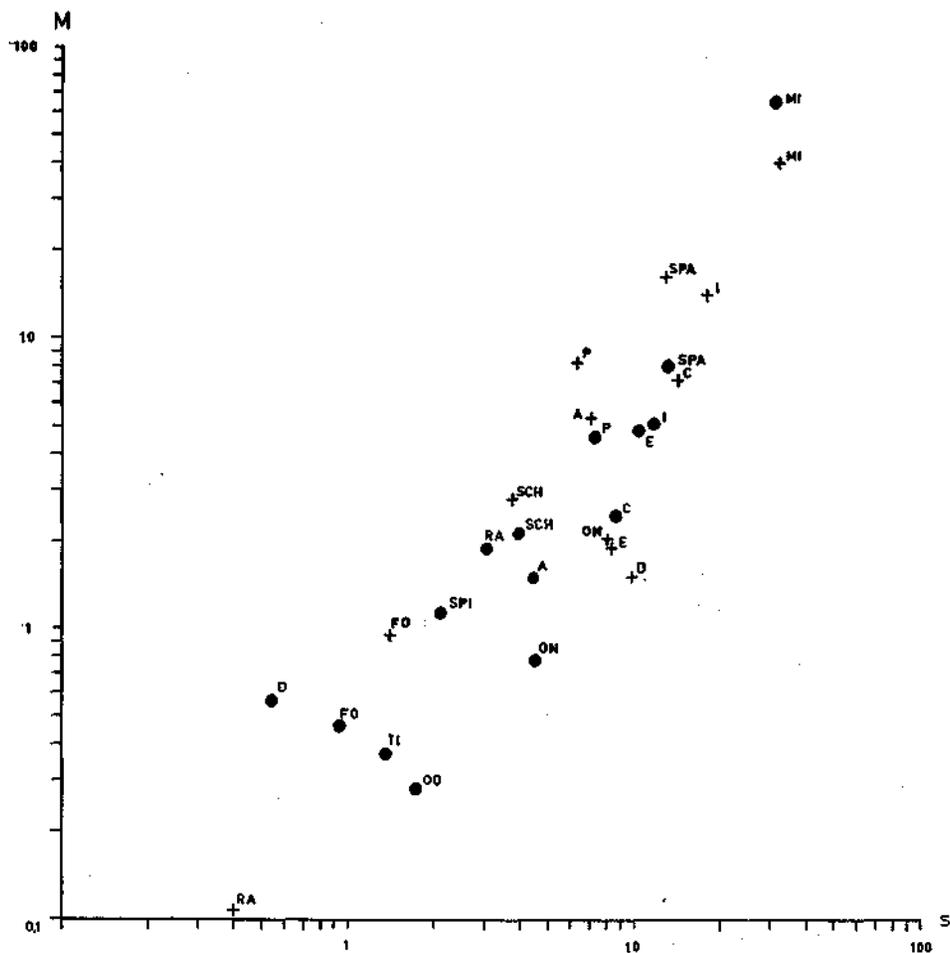


Abb. 1. Mittelwert gegen Standardabweichung.

● Gesamttraum, + Flachwasserkalke.

Mi: Mikrit, Spa: Sparit, D: Dolomit, Oo: Ooide, P: Pellets, I: Intraklaste, On: Onkoide, A: Algae, Ti: Tintinnina, Ra: Radiolaria, Fo: Foraminifera, Spi: Spiculae, C: Coelenterata, Sch: Schalenbruch, E: Echinodermata.

Fig. 1. Median in relation to standard deviation (see Abb. 1).

● total area, + shallow water limestones.

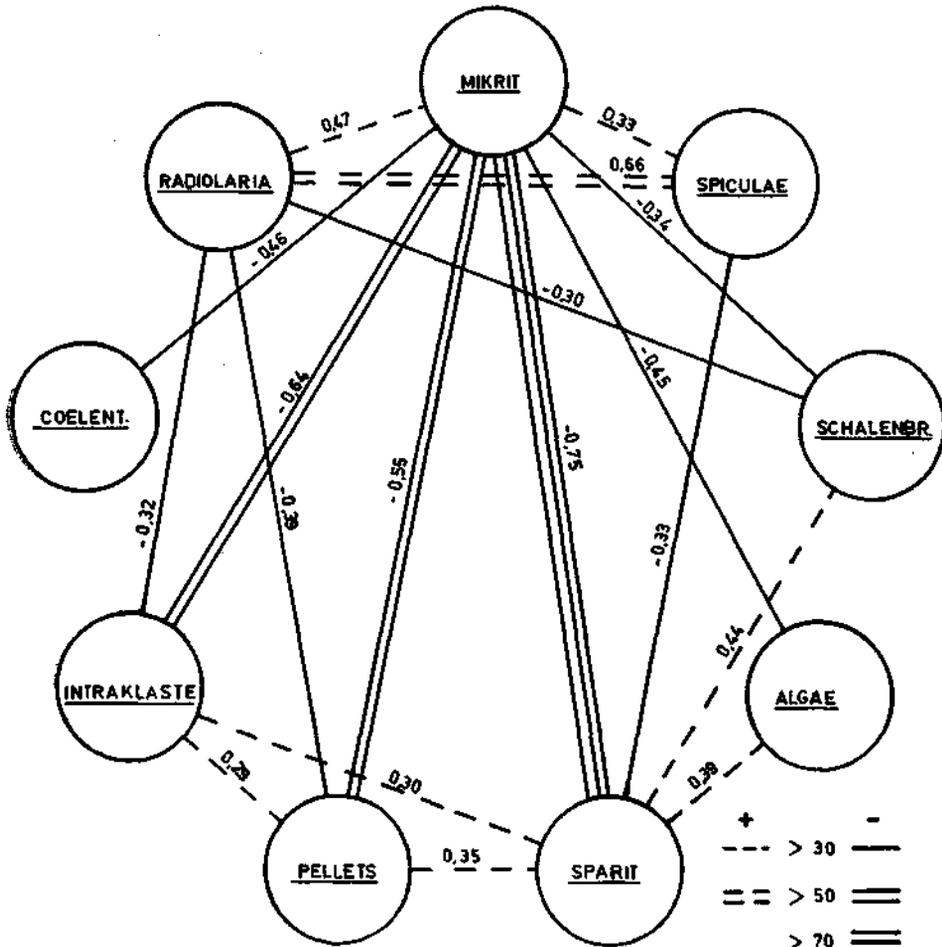


Abb. 2. Einfaches Clusterdiagramm für 8 Variable (Gesamtraum).
 Korrelationen unter $r = > 0,30$ werden vernachlässigt.
 Fig. 2. Linear cluster diagram for 8 variables (total area).
 Correlations have been ignored when r is less than 0,30.

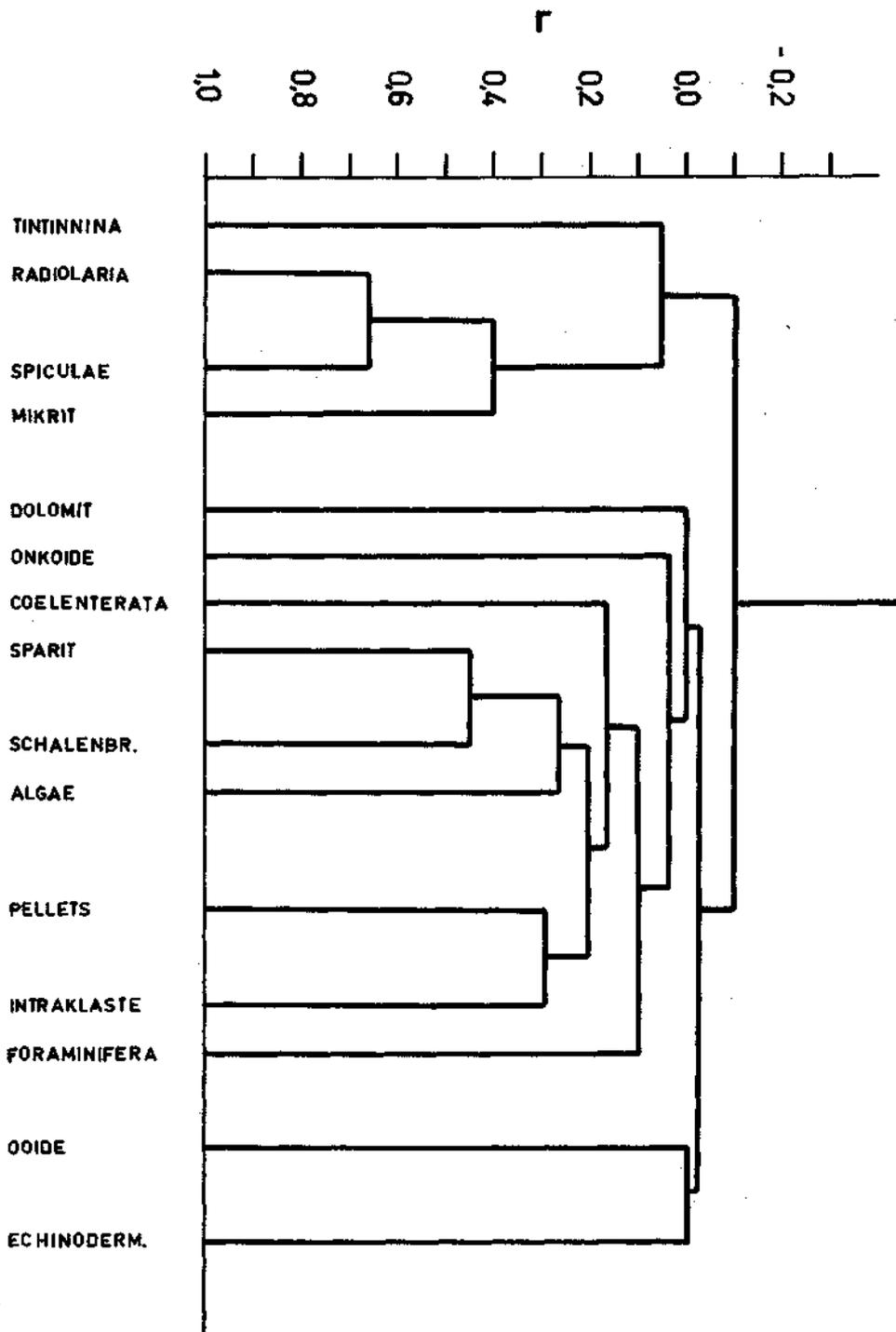


Abb. 3. R-mode Clusterdiagramm für 15 Variable (WVGMA).
 Fig. 3. R-mode cluster diagram for 15 variables (WVGMA).

	FAKTOR I		FAKTOR II		FAKTOR III	
		rot.		rot.		rot.
1	0,84	0,81	0,26	-0,29	0,02	-0,18
2	-0,71	-0,60	-0,10	0,22	0,22	0,40
3	-0,05	0,00	-0,06	0,08	-0,03	0,01
4	-0,17	-0,10	-0,05	0,11	-0,04	0,10
5	-0,52	-0,50	-0,13	0,35	-0,34	-0,17
6	-0,52	-0,56	-0,25	0,15	-0,07	0,03
7	-0,18	-0,21	-0,12	0,02	-0,01	-0,01
8	-0,47	-0,49	-0,22	-0,02	0,19	0,25
9	0,11	0,29	0,30	-0,08	0,16	0,20
10	0,72	0,33	-0,37	-0,73	0,16	-0,21
11	-0,29	-0,16	0,09	0,18	0,10	0,22
12	0,60	0,14	-0,50	-0,76	0,17	-0,21
13	-0,36	-0,38	-0,17	0,07	0,01	0,07
14	-0,40	-0,13	0,24	0,18	0,46	0,62
15	-0,06	-0,01	0,09	0,23	-0,30	-0,22

Tab. 3. Verteilung der Faktorenladungen auf die Variablen (Hauptachsenmethode). Die jeweils 2. Spalte enthält die rotierten Faktorenladungen.

Tab. 3. Distribution of the factor loadings on the variables (principal axis method). The second columns contain the rotated factor loadings.

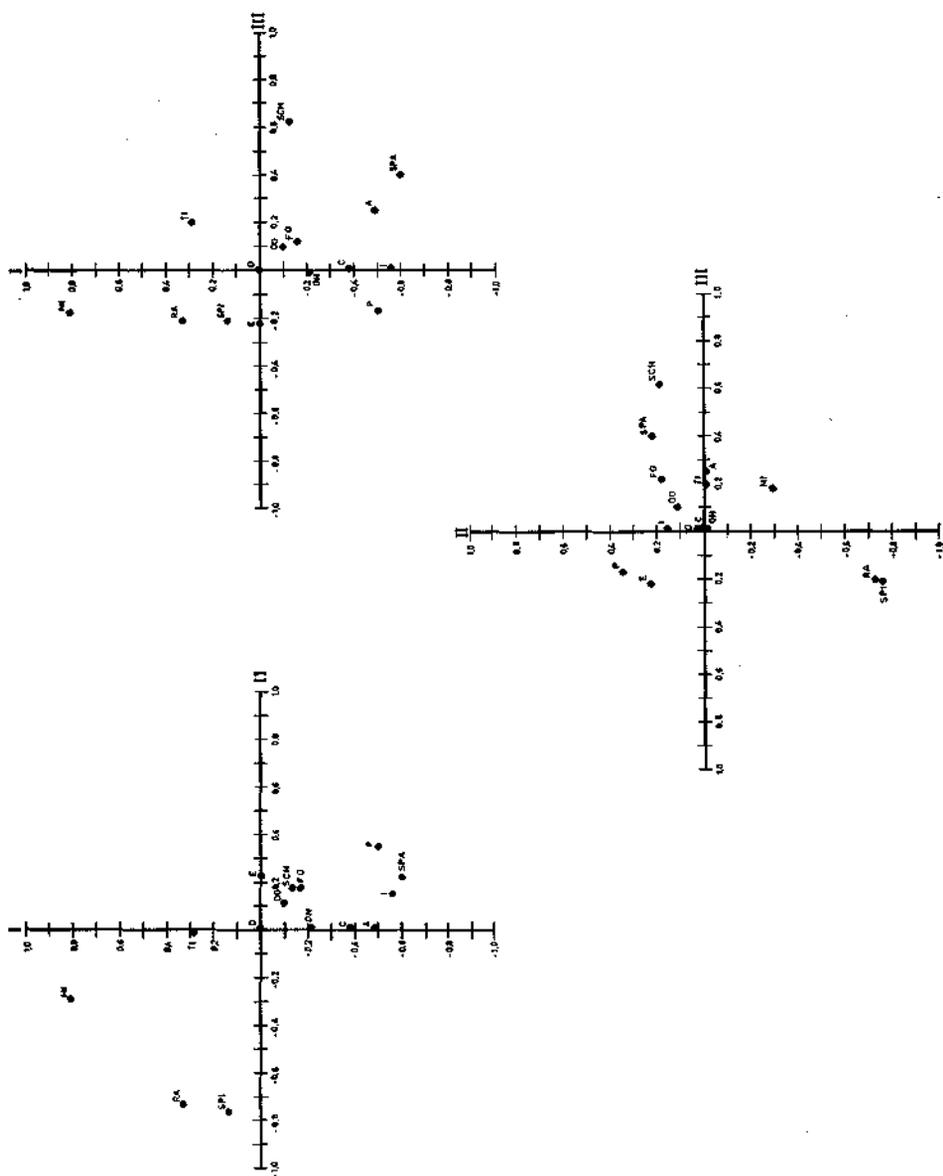


Abb. 5. Zweidimensionale Diagramme der Faktorenladungen von 365 Proben (vgl. Abb. 1).
 Fig. 5. Two dimensional diagrams of the factor loadings of 365 samples (see Abb. 1).

Rotation werden die einzelnen Faktoren in Lagen gebracht, daß die Summe der jeweiligen quadrierten Faktorenladungen bezogen auf die neuen Achsen ein Maximum bilden (Varimax-Methode). Als Signifikanztest wurde die Residualmatrix herangezogen. Sie enthält die restlichen Korrelationen, die durch die 3 Faktoren nicht erklärt werden und gibt daher an, was an Korrelationen übrig bleibt. Der Mittelwert von $-0,0225$, sowie die Standardabweichung von $0,0493$ bei einer Schranke von $0,0525$ lassen erkennen, daß die Datenmatrix durch 3 Faktoren ausreichend erklärt werden kann.

Entsprechend der vorhin gezeigten Cluster-Analyse wurde die Gesamtfaktorenladung der nicht rotierten Faktoren durch ein „Factor reaction grouping“ dargestellt (Abb. 4), (vgl. TOOMEY, 1966). Das Diagramm ist in gleicher Weise wie die Cluster-Analyse zu lesen. Die Ergebnisse stimmen mit dieser gut überein und drücken die Zugehörigkeit niedrigkorrelierter Variablen zu den einzelnen Gruppen besser aus.

In Abb. 5 sind die Faktorenladungen in bezug auf die einzelnen Faktoren dargestellt. Diese Gegenüberstellung zeigt, daß trotz der Vereinfachung auf 3 Faktoren eine Fülle von Information gegeben wird, so daß es günstiger erscheint, nicht einzelne Faktorenladungswerte, sondern Faktorenladungsgruppen zu deuten (Tab. 4).

	FAKTOR I	FAKTOR II	FAKTOR III
MIRIT	+ + + +	-	-
SPARIT	- - -	+	+ +
DDLÖMIT			
OÖIDE	-	+	+
PELLETS	- -	+ +	-
INTRAKLASTE	- -	+	
ONKOIDE	-		
ALGAE	- -		+
TINTINNINA	+		+
RADIOLARIA	+ +	- - - -	-
FORAMINIFERA	-	+	+
SPICULAE	+	- - - -	
COELENTERATA	- -		
SCHALENBR.	-	+	+ + +
ECHINODERM.		+	-

90-70	+ + + +
	- - - -
70-50	+ + +
	- - -
50-30	+ +
	- -
30-10	+
	-

Tab. 4. Rotierte Varimax-Faktorenladungsgruppen für Variable des Gesamttraumes.
Tab. 4. Rotated groups of Varimax-factor loadings for variables of the total area.

Deutung

Dadurch, daß Sedimente verschiedener Genese und Komponentenzusammensetzung verglichen werden, erweist sich die Datenmatrix heterogen, insofern als Variable in einzelnen Proben sehr verschieden stark besetzt sind und Leerstellen in der Ausgangsmatrix sich nachteilig im Faktorenmuster auswirken. Dies ersieht man auch daraus, daß nur wenige Ladungen deutlich signifikant sind und erklärt auch die relativ hohe Zahl negativer Faktorenladungswerte. Es muß daher erwähnt werden, daß die folgende Deutung lediglich eine Möglichkeit darstellt, die versucht, sowohl den meßbaren als auch den rein visuellen Daten gerecht zu werden

Es zeigt sich, daß Faktor I vorwiegend den Mikrit erklärt. Es folgen Radiolaria an zweitwichtigster Stelle, während Tintinnina und Spiculae weniger bedeutend sind. Auf den Faktor II reagieren von den genannten Variablen lediglich Radiolaria und Spiculae stark, Mikrit nur schwach negativ. Die Verteilung der positiven und negativen Ladungen läßt sich dann interpretieren, wenn wir in diesem Faktor physikalische Größen sehen. Auf die positiven Ladungen bezogen hieße dies, daß vor allem das Stoke'sche Fallgesetz wirksam wird, während die negativen Ladungen die auf Strömung und Wellenbewegung rückführbar mehr oder weniger horizontale Komponente kennzeichnen. Diese führt zur Klumpung von Sediment, zerstört und zerkleinert Sediment und hält einzelne Komponenten ständig in Bewegung.

Gehen wir bei der Interpretation des Faktors II von den signifikanten Ladungen bei Radiolaria und Spiculae aus. Radiolaria und Spiculae kennzeichnen im oberostalpinen Malm ausschließlich tiefere Ablagerungsräume, da Kieselschwämme bis in tiefere Räume reichen und planktonische Organismen sich dann anhäufen, wenn dafür die Möglichkeit besteht, d. h. sie treten in zunehmender Tiefe gehäuft auf (Oberalmer-Schichten, Steinmühlkalke), während in Flachwasserbereichen eine nahezu reine Kalkschlamm sedimentation (Mikritischer Plassenkalk) herrscht. Faktor II würde demnach Faktor I ergänzend die Wassertiefe anzeigen und Sedimente der Lang- und Kurzschwebfazies auseinanderhalten.

Mit Ausnahme von Schalenbruch fehlen dem Faktor III signifikante Ladungen. Lediglich Sparit tritt etwas deutlicher hervor. Es muß allerdings bemerkt werden, daß unter den Ladungen die organischen Komponenten gegenüber den anorganischen dominieren, so daß dem Faktor III eine biologische Bedeutung zukommen könnte. Entsprechend der Anhäufung von Schalenbruch an der Dogger-Malmgrenze in Form von Schillbänken (FLÜGEL, 1967) könnte Faktor III dann wirksam werden, wenn eine Anhäufung von Organismen gegeben ist. Dies würde heißen, daß die bereits geäußerte Auffassung, im oberostalpinen Malm sei der Anteil riffbildender Organismen zu gering um ein Wachstum echter Riffe zu ermöglichen (FENNINGER, 1967) auch im Faktor III zum Ausdruck kommt, da entsprechend den „Factor reaction groups“ Algen und Coelenteraten auf den Faktor III zu beziehen sind

Zusammenfassend läßt sich erkennen, daß das von IMBRIE & NEWELL, 1964, aufgezeigte Schema des gegenseitigen Verhaltens von Faunen- und Floren-

	FAKTOR A		FAKTOR B	
		rot.		rot.
1	0,737	0,470	0,194	0,600
2	-0,723	-0,678	0,169	-0,302
3	0,076	0,086	-0,040	0,015
5	-0,192	-0,012	-0,233	-0,301
6	-0,330	-0,085	-0,295	-0,434
7	-0,111	-0,022	-0,110	-0,155
8	-0,424	-0,590	0,417	0,076
10	0,230	0,073	0,182	0,284
11	0,067	-0,136	0,313	0,290
13	-0,211	-0,040	-0,213	-0,297
14	-0,446	-0,516	0,266	-0,058
15	-0,190	-0,101	-0,083	-0,181

Tab. 5. Verteilung der Faktorenloadungen auf Variable der Flachwasserkalke. Die jeweils 2. Spalte enthält die rotierten Faktorenloadungen.

Tab. 5. Distribution of the factor loading on the variables of the shallow water limestones. The second column contains the rotated factor loadings.

	FAKTOR A	FAKTOR B
MIKRIT	+ +	+ + +
SPARIT	- - -	- -
DOLOMIT		
PELLETS		- -
INTRAKLASTE		- -
ONKOIDE		-
ALGAE	- - -	
RADIOLARIA		+
FORAMINIFERA	-	+
COELENTERATA		-
SCHALENBR.	- - -	
ECHINODERM.	-	-

Tab. 6. Rotierte Varimax-Faktorenladungsgruppen für Variable der Flachwasserkalke.
 Tab. 6. Rotated groups of Varimax-factor loadings for variables of the shallow water limestones.

gemeinschaft und „physical environment“ als Träger der Bio- und Lithofazies auch in den erläuterten Faktoren zum Ausdruck kommt.

Das hier aufgezeigte Modell zeigt, daß dem Faktor I eine generelle Bedeutung zukommt, während Faktor II und III dann signifikant werden, wenn es darum geht, Flachwassersedimente und tiefere Ablagerungen zu unterscheiden bzw. die Deutung organischer Strukturen zu erfassen.

Beides trifft für die Plassen- und Tressensteinkalke, die sich eindeutig als Flachwasserkalke ausweisen, nicht zu. Es war daher zu prüfen, welches Faktorenmuster für die Flachwasserkalke gilt. Die an 107 Proben durchgeführte Analyse mit 12 Variablen (Ooide, Tintinnina und Spiculae fehlen) lieferte ein Faktorenmuster mit 2 Faktoren. Residualmatrix, Mittelwert und Vergleich der Standardabweichung mit seiner Schranke zeigen, daß 2 Faktoren das Verhalten der 12 Variablen ausreichend erklären (Tab. 5, 6).

Ein Vergleich des Faktorenladungsmusters des Gesamttraumes mit dem der Flachwasserkalke ergibt:

Ein Ladungsmuster, wie es für Faktor II und III vorliegt, fehlt.

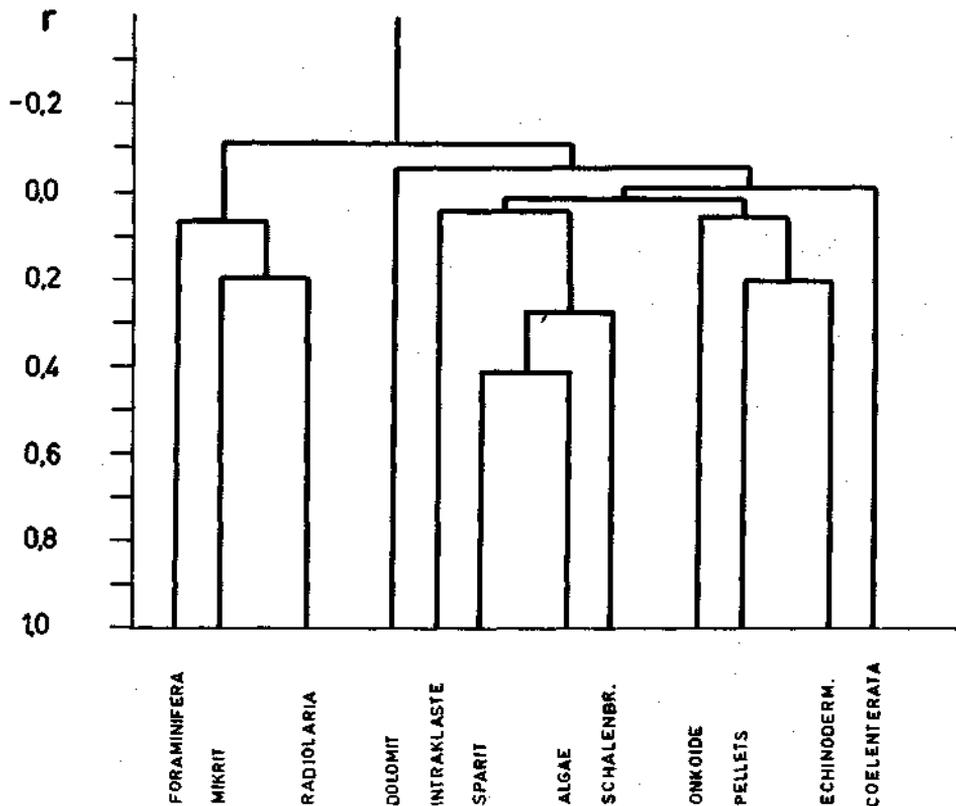


Abb. 6. R-mode Clusterdiagramm für 12 Variable der Flachwasserkalke.
 Fig. 6. R-mode cluster diagram for 12 variables of the shallow water limestones.

Faktor B entspricht im wesentlichen dem Faktorenmuster des Faktor I. Er kann in gleicher Weise interpretiert werden.

Ein weiterer Faktor A tritt auf.

Faktor A wird vorwiegend durch signifikante Ladungen von Sparrit, Algen und Schalenbruch gekennzeichnet, während lediglich Mikrit positiv geladen ist. Die Verteilung der Ladungen zeigt, daß Faktor A biologischen Bedingungen gerecht werden muß. Daß Sparrit auf diesen Faktor am stärksten anspricht, könnte heißen, daß die Fällung von Sparrit vorwiegend biochemisch gesteuert wird. Die Ladungsverteilung zeigt, daß die berücksichtigten Organismen Kalkschlamm sedimentation und damit eine Trübung des Wassers meiden. Damit würde Faktor A etwas über die Durchlichtung des Wassers aussagen, sowohl hinsichtlich der Trübung durch Kalkschlamm als auch hinsichtlich der Faunen und Florengemeinschaft in der photischen Zone.

Das Clusterdiagramm (Abb. 6) fügt sich zwanglos dieser Interpretation ein. Mikrit, Radiolaria und Foraminifera bilden eine Gruppe, die sich auf die mikritischen Plassenkalke beziehen läßt. Die schon im Clusterdiagramm (Abb. 7) des Gesamttraumes vorliegende Gruppe mit Sparrit — Algen — Schalenbruch wird

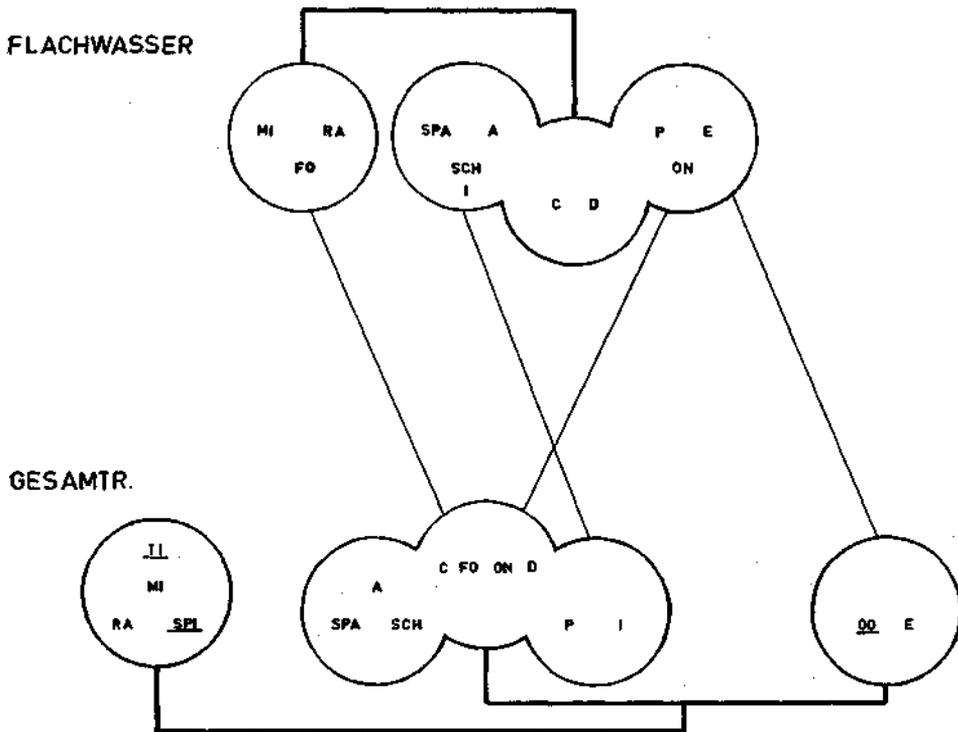


Abb. 7. Gegenüberstellung von Variablengruppen des Gesamttraumes und der Flachwasserkalke (vgl. Abb. 1).

Fig. 7. Groups of variables of the total area compared with those of the shallow water limestones (see Abb. 1).

durch das Einbeziehen von Intraklasten erweitert. Sie stellt ihren Korrelationskoeffizienten entsprechend die wichtigste Gruppe dar und läßt sich auf die biointraspartischen Flachwasser- und Brekzienkalke des Plassen und Tressenstein beziehen. Eine in ihrer Konstellation aus dem Gesamttraum heraus nicht erkennbare Gruppe wird neu gebildet: Pellets, Onkoide und Echinodermaten vereinigen sich zu einer neuen Gruppe. Sie stellen die Biopel- und Onkosparite unserer Mikrofaziestypen dar. Den Coelenteraten kommt auch im Flachwasserraum keine Bedeutung zu. Die Pellet-Intraklast-Gruppe des Gesamttraumes geht verloren. Sie repräsentiert schließlich die hier nicht berücksichtigten Hangschuttkalke von den Flachwasserbänken zu den Beckensedimenten.

Abschließend sei bemerkt, daß die aus Faktoren- und Cluster-Analyse gewonnenen Daten Zusammenhänge unter den einzelnen Variablen herausheben und es dadurch ermöglichen, die Bedeutung einzelner Variablen leicht zu erkennen.

Sie kann als Ergänzung zu lithogenetischen Untersuchungen herangezogen werden, zumal sie in vielen Fällen die Deutung eines umfassenden Datenmaterials erleichtert und untermauert.

Literatur

- BEHRENS, E. M.: Environment reconstruction for a part of the Glen Rose Limestone, Central Texas. — *Sedimentology*, 4, 65—111, 12 Abb., 8 Tab., 10 Taf., Amsterdam 1965.
- FENNINGER, A.: Riffentwicklung im oberostalpinen Malm.-Geol. Rdsch., 56, 171—185, Stuttgart 1967.
- FLÜGEL, H. W.: Die Lithogenese der Steinmühlkalke des Arracher Steinbruches (Jura, Österreich). — *Sedimentology*, 9, 23—53, 6 Abb., 3 Tab., Taf. 1—5, Amsterdam 1967.
- FLÜGEL, H., & FENNINGER, A.: Die Lithogenese der Oberalmer Schichten und der mikritischen Plassen-Kalke (Tithonium, Nördliche Kalkalpen). — *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, 123, 249—280, 10 Abb., 2 Tab., Taf. 28—31, Stuttgart 1966.
- HARMAN, H. H.: *Modern Factor Analysis*. — 471 S., Chicago and London (The University of Chicago Press) 1964.
- HÖTZL, H.: Zur Kenntnis der Tressenstein-Kalke (Ober-Jura, Nördliche Kalkalpen). — *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, 123, 281—310, 10 Abb., 4 Tab., Taf. 32—36, Stuttgart 1966.
- IMBRIE, J., & NEWELL, N. D.: *The Viewpoint of Paleocology*. — In: IMBRIE, J., & NEWELL, N. D. (Ed.): *Approaches to Paleocology*. 1—7, 6 Abb., New York, London, Sydney (JOHN WILEY & SONS, Inc.) 1964.
- KAESLER, R. L.: Quantitative reevaluation of ecology and distribution of recent foraminifera and ostracoda of Todos Santos Bay, Baja California, Mexico. — *Paleont. Contr., The Univ. of Kansas*, 10, 50 S., 23 Abb., 13 Tab., Lawrence 1966.
- MELLO, J. F., & BUZAS, M. A.: An application of Cluster analysis as a method of determining biofacies. — *J. Paleont.*, 42, 747—758, 6 Abb., Tulsa 1968.
- PARKS, J. M.: Cluster analysis applied to multivariate geologic problems. — *J. Geol.*, 74, 703—715, 5 Abb., 8 Tab., Chicago 1966.
- PURDY, E. G.: Recent Calcium carbonate facies of the Great Bahama Bank. 1. Petrography and reaction groups. — *J. Geol.*, 71, 334—355, 5 Abb., 2 Tab., 5 Taf., Chicago 1963.
- SOKAL, R. R., & MICHENER, C. D.: A statistical method for evaluating systematic relationships. — *Bull. Univ. Kansas Sci.*, 38, 1409—1438, Lawrence 1958.
- SOKAL, R. R., & RHOLF, J. F.: The comparison of dendrograms by objective methods. — *Taxon*, 11, 33—40, 2 Abb., 2 Tab., Utrecht 1962.
- SOKAL, R. R., & SNEATH, P. H.: *Principles of numerical taxonomy*. — 359 S., San Francisco and London (W. H. Freeman & Comp.) 1963.
- THURSTONE, L. L.: *Multiple factor analysis*. — Chicago 1953 (non vid.).
- TOOMEY, D. F.: Application of factor analysis to a facies study of the Leavenworth Limestone (Pennsylvanian — Virgilian) of Kansas and environs. — *Kansas Geol. Survey Spec. Distr. Publ.*, 27, 28 S., Lawrence 1966.
- ÜBERLA, K.: *Faktorenanalyse*. — 399 S., Berlin (Springer Verlag) 1968.