

Festschrift Heißel	Veröffentlichungen der Universität Innsbruck, Bd. 86	Innsbruck, Dezember 1973	Seite 25 – 55
--------------------	---	--------------------------	---------------

**Zyklotheme im hangenden Wettersteinkalk
von Bleiberg-Kreuth
(Kärnten, Österreich)**

von

Thilo BECHSTÄDT *)

mit 3 Abb., 2 Taf. und 1 Beil.

Summary

Lagoonal deposits of the upper Wetterstein-limestone (Lower Karnian) of Bleiberg-Kreuth (Carinthia, Austria) contain cyclothems, which were examined by microfacial and statistical methods. One can consider the following environments (above and below mean sea-level): subtidal, intertidal, supratidal. Green, low argillaceous, calcitic dolomites and black breccias are thought to be products of emersion. The microfacial analysis and the statistical comparisons (transition frequencies) gave no indication, that the green dolomites are of tuffitic origin.

The composite sequence of the cyclothem is subtidal → intertidal → supratidal and vice versa. The regular intercalation of the green dolomites and the black breccias can be seen in the modal cycle. One can subdivide it into a sub- to supratidal unit at the base, a mean unit, which is characterized by two layers of black breccias and a supra- to subtidal unit at the top, which contains also a layer of green dolomite. The mean unit shows the best correlation.

The period of one modal cycle is supposed to be approximately 40.000 years. Within this time the cycle runs for several time through the same distinct environments and appropriate depocenters. The cyclothems are attributed to eustatic fluctuations, which are possibly superimposed by rhythmic variations in the rate of tectonic subsidence.

Résumé

Une étude microfacielle et statistique de cyclothèmes a été réalisée dans des sédiments lagunaires du calcaire Wetterstein supérieur (Carnien inférieur) à Bleiberg-Kreuth (Carinthie, Autriche). Les faciès suivants ont été trouvés: subtidal, intertidal, supratidal. La

*) Anschrift des Verfassers: Dr. Thilo Bechstädt, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität, Hebelstraße 40, D-78 Freiburg i. Br.

présence de dolomies calcitiques vertes faiblement argilleuses et de brèches noires est expliquée par émergence. L'interprétation des dolomies vertes en tant que tuffites est rendue invraisemblable par les études microfaciales et par la comparaison statistique (fréquences de transition).

En fonction de leur plus grande fréquence de transition les cyclothèmes montrent le rythme suivant: subtidal → intertidal → supratidal et vice-versa. L'intercalation régulière des dolomies vertes et des brèches noires peut être reconnue dans le cycle modal. Il peut être subdivisé en une partie inférieure (subtidal à supratidal), une partie intermédiaire caractérisée par deux couches de brèches noires et une partie supérieure avec des sédiments du milieu supratidal à subtidal, en plus couche de dolomies vertes. La meilleure corrélation existe dans la partie intermédiaire.

La durée moyenne d'un cycle est évaluée à environ 40 000 ans; durant cette période cependant les différents milieux faciales furent parcourus plusieurs fois. La genèse des cyclothèmes est attribuée à des fluctuations eustatiques, éventuellement superposées par des variations rythmiques de mouvements de subsidence.

Einleitung:

Im Blei-Zink Bergbau Bleiberg-Kreuth, etwa 15 km westlich Villach, wurden Profile des hangendsten Wettersteinkalkes („Erzkalk“) aufgenommen. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich nicht mit der Vererzung, sondern geht nur auf das Sediment ein.

Zur Erforschungsgeschichte Bleibergs vergleiche insbesondere EPPENSTEINER (1970). Die Stratigraphie des hangendsten Wettersteinkalkes dieses Raumes geht im wesentlichen auf HOLLER zurück (1936, 1951, 1953, 1956, 1960). Nach HOLLER wird das Gestein durch die Einschaltung „milchigweißer“ dichter Dolomite, grüner bis graugrüner Mergel und schwarzer Breccien in den „normalen“ Wettersteinkalk charakterisiert; diese typische Ausbildung bezeichnet er als „Bleiberger Fazies“. Diese tritt im Drauzug von Bleiberg im W bis zum Ursulaberg (Ursula gora) im E auf, hat also eine E-W Erstreckung von etwa 120 km. Die Querausdehnung ist jedoch sehr gering, im Bleiberger Raum beträgt sie nur etwa 2–3 km (vgl. KOSTELKA, 1971).

Dieser „Bleiberger Fazies“ entsprechen ganz Bildungen im hangenden Wettersteinkalk der Nördlichen Kalkalpen (SCHNEIDER, 1954, TAUPITZ, 1954, MAUCHER, 1954). Der von diesen Autoren geprägte Begriff „Sonderfazies“ ist mit der „Bleiberger Fazies“ nicht synonym, da die Erze als charakteristischer Bestandteil der „Sonderfazies“ angesehen werden.

Schichtparallele Erzführungen sind wiederholt an bestimmte Bänke der oben erwähnten Einschaltungen („milchiger“ Dolomit, schwarze Breccien) gebunden. Sie werden deshalb als „Edle Flächen“ oder „Edle Lager“ bezeichnet. Diese unterscheiden sich in gewissen Details, so daß man in der Lage ist, die einzelnen Horizonte voneinander abzutrennen, was für die Exploration sehr wichtig ist.

Es handelt sich im einzelnen (vom Hangenden ins Liegende) um folgende „Edle Flächen“: Pflöckschachtlager, zerrissenes Dreierlager, Dreierlager, Mauerschachtllager, Krieglzechfläche, Hauptsüdschlagfläche, Muschelleitfläche, Wechselplattenfläche.

Während nun von den erwähnten „Einschaltungen“ die „grünen Mergel“ auch weiter im Liegenden vorkommen (wie auch die „milchigen“ Dolomite) sollen nach HOLLER

(1936) die „milchigen“ Flächen zusammen mit den schwarzen Breccien das Charakteristikum der obersten 60 m des Wettersteinkalkes bilden.

Die „Edlen Lager“ bestehen nach HOLLER (1936) und EPPENSTEINER (1970) aus einer, immer als Liegendfläche auftretenden, 1–2 dm mächtigen Bank dunkler bis schwarzer Breccien, einem 1–2 dm mächtigen, hellen „Zwischenstein“ und einer hangenden, ebenfalls 1–2 dm starken, milchigweißen dichten Dolomitbank. Ausnahmen von dieser Regel bilden nach den genannten Autoren nur die Hauptsüdschlagfläche, wo als deren Hangendbegrenzung eine Wiederholung der schwarzen Breccie auftritt und das Dreierlager, wo die Stelle der milchigweißen Dolomitbank durch eine Bank grünen Mergels vertreten wird, der ansonsten häufig das Bindemittel der dunklen Breccie bildet. Aus der fünfmaligen Wiederholung dieser Abfolge erkennt HOLLER (1960) die Gesetzmäßigkeit rhythmischer Sedimentation; er führt diese auf Bodenunruhen zurück, die er mit einem oberladinischen Vulkanismus zu verbinden sucht.

Die Erzkörper kommen diskordant vor, häufig jedoch auch konkordant syndimentär; zahlreiche Beweise hiezu brachte SCHULZ (1968).

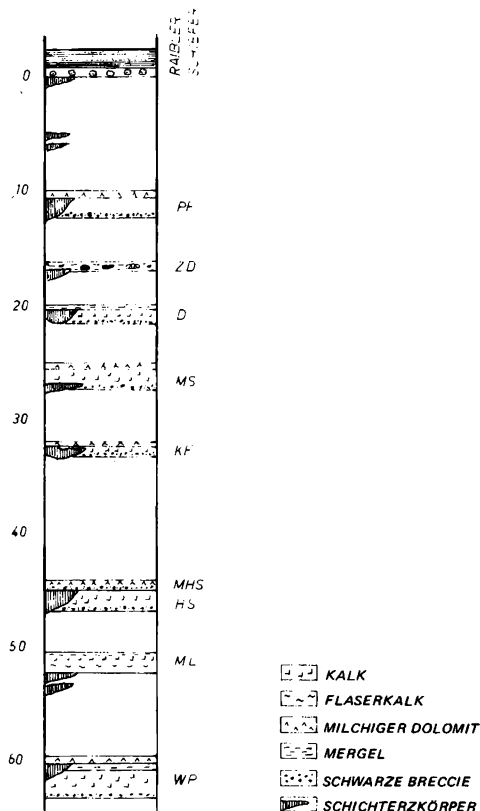


Abb. 1: Übersichtsprofil des hangendsten Wettersteinkalkes (Erzkalkes); verändert nach HOLLER, 1936, SCHULZ, 1967. Abkürzung siehe Abschnitt B: Modalzyklus

In Abb. 1 wird ein Übersichtsprofil der hangenden 60 m des Wettersteinkalkes gegeben, wie es sich insbesondere aus den Aufnahmen des Rudolfschachtes in Bleiberg ergibt (etwas vereinfacht nach HOLLER, 1936, SCHULZ, 1968). In der ganzen Lagerstätte ist eine erstaunliche Konstanz der Abfolge der einzelnen Sedimentationstypen zu beobachten.

Im Bleiberger Raum handelt es sich beim hangenden Wettersteinkalk um eine Lagunenfazies, deren Fossilführung ganz der des Oberen Wettersteinkalkes der Nördlichen Kalkalpen entspricht (u.a. Dasycladaceen, Codiaceen, Cyanophyceen, Megalodonten). Südlich an die Bleiberger Lagunenfazies grenzt allerdings an einer tektonischen Linie, die ladinische Riff- und Lagunenfazies des Dobratsch (KRAUS & OTT, 1968, COLINS, 1973, frdl. mündl. Mitt.).

Auf Grund des erwähnten Vorkommens von Dasycladaceen (*Poikiloporella duplicata*, *Clypeina* cf. *besici*) hat der hangendste Wettersteinkalk ein Alter ab dem Cordevol (OTT, 1972), ist also karnisch. Im Gebiet von Kreuzen, südlich Paternion, etwa 7 km nordwestlich Kreuth, fällt der erste Tonschiefer ins Cordevol oder Jul; (frdl. briefl. Mitt. H. MOSTLER, 1973). Aus einer Bearbeitung der Megafauna Bleibergs durch TICHY (frdl. briefl. Mitt., 1973) ergeben sich Hinweise sowohl auf das Cordevol als auch auf das Jul.

Vorliegende Arbeit geht auf Profilaufnahmen im Gebiet des Antonischachtes (8. Lauf) sowie des Westschachtes (7. Lauf Antoni) zurück; diese Profilaufnahmen dienten ursprünglich als Vergleich zu einer faziell etwas abweichenden Lagunenfazies im Bereich des Westschachtes („Westschachtscholle“), die wegen ihrer reichen Zinkblendeführung von besonderem Interesse ist. Die zwei Profile am 7. Lauf Antoni wurden deshalb gewählt, weil hier der ansonsten im Bleiberger Raum äußerst konstante Abstand der einzelnen „Edlen Flächen“ vom ersten Raibler Tonschiefer („Kiesoolithbank“) etwas verringert ist; es handelt sich um die Zone mit „verringertem Abstand der Schichtflächen“ (KOSTELKA, 1971). Diese Reduzierung wirkte sich jedoch insbesondere im Abstand des hangendsten Lagers, des Pflockschachtlagers zur Kiesoolithbank aus, weniger im Abstand der darunterliegenden Edlen Flächen zueinander. Insbesondere ist auch keine Abweichung der hangendsten Flächen vom „Standardprofil“ am 8. Lauf Antoni zu beobachten; im Liegenden des Mauerschachtlagers treten zwar ähnliche Sedimenttypen auf (es fehlt die „schwarze Breccie“), eine Parallelisierung mit den ansonsten bekannten Flächen ist jedoch nicht möglich.

Ein Vergleich dieser Profile mit dem aus der Literatur bekannten „Rudolfschachtprofil“ (HOLLER, 1936, EPPENSTEINER, 1970) in Bleiberg hat nur wenig Wert, da bei der eigenen Aufnahme der Wettersteinkalk faziell besser untergliedert werden konnte. Weitere Profilaufnahmen, insbesondere zur Verbesserung des Standardprofils sowie zur Erkenntnis allmählicher Abweichungen, sind geplant.

Faziestypen und ihr Milieu:

Nach der Wassertiefe im Ablagerungsraum können die marinen Flachwasser-Bereiche folgendermaßen unterteilt werden:

Subtidal: ständige Wasserbedeckung („Flachmeer“); dieser Meeresbereich wird insbesondere durch die ständige Wasserbedeckung verlangende Flora und Fauna bestimmt.

Intertidal: zwischen mittlerem Tide-Niedrigwasser und mittlerem Tide-Hochwasser gelegen; dieser Bereich wird also zweimal täglich von Gezeitenströmen berührt; aus der

wechselnden Wasserbedeckung und der damit zusammenhängenden Turbulenz lassen sich die unterschiedlich geschichteten, im Streichen oft nur über geringe Entfernungen verfolgbaren, oft klastbetonten Sedimente erklären.

Supratidal: über dem mittleren Tide-Hochwasser liegend; die Wasserbedeckung erfolgt nur kurzzeitig. Bei stärkerer Flut (Springflut etc.) werden verschiedenartige marine Sedimente abgelagert, häufig aus dem vorgelagerten intertidalen Bereich; hieraus ergibt sich die oft schwierige Abtrennung inter- zu supratidal. Ein wichtiges Merkmal ist die Fossilarmut; die vereinzelt vorkommenden Biogene sind zumeist eingeschwemmt. Im Supratidal, wie auch im Intertidal, kommt es zur Bildung von Blau-Grün-Algenmatten (MONTY, 1967, LOGAN et al., 1964). LF-Gefüge (laminierte Fenstergefüge) (TEBBUTT et al., 1965) bilden sich aus, die als Schrumpfungerscheinungen gedeutet werden können. Derartige Gefüge können jedoch auch in tieferen Ablagerungsbereichen entstehen und zwar als Blasengefüge, die durch die Zersetzung der im Sediment reichlich vorhandenen organischen Substanz erklärt werden (FÖRSTNER, MÜLLER & REINECK, 1968). Ihre häufige Konservierung gerade in inter- bis supratidalen Sedimenten hängt wohl mit der gerade in diesen Bereichen sehr früh erfolgenden Verfestigung des Gesteins zusammen. Blasenbildungen entstehen zwar auch in anderen Sedimenten, gehen bis zur Lithifizierung aber meist wieder verloren.

Die im supratidalen Bereich abgelagerten Sedimente sind insbesondere den Einwirkungen der frühdiagenetischen Dolomitisierung ausgesetzt (vgl. USDOWSKI, 1967 u. a.).

Alle diese Ablagerungsbereiche treten nun in den aufgenommenen Profilen auf:

1) Subtidal („Megalodontenkalk“) (Taf. 1, Bild 1, 2, 4; Taf. 2, Bild 8). Calciarenite bis -lutite mit einer Reihe von Übergangstypen; am häufigsten sind biogenreiche Calciarenolutite. Die Matrix ist örtlich in Sparit umgewandelt. An Biogenen treten neben den Megalodonten insbesondere Dasycladaceen, Codiaceen, Cyanophyceen, Foraminiferen, Ostracoden, seltener unbestimmbare Lamellibranchiaten und Gastropoden, sehr selten auch Echinodermenbruchstücke, nur vereinzelt Solenoporaceen auf. Aus der Literatur sind ganz vereinzelte Korallenfunde bekannt (EPPENSTEINER, 1970). Örtlich können Onkoide beobachtet werden.

Einzelne Lagen bestehen im wesentlichen aus grobarenitischen Rundkörperchen (pellets) und schwach gerundeten Intraklasten, deren Infrastruktur durch Sparitisierung meist verlorenging. Zum Teil sind sie (in sparitischer Matrix) nur mehr durch eine ehemalige Schlammkruste (micritic envelope) kenntlich. Dieser Sedimenttyp tritt meist zusammen mit Megalodonten auf.

Aus den angeführten Merkmalen ergibt sich, daß der Megalodontenkalk in den subtidalen Bereich zu stellen ist, die Wassertiefe dürfte 1–2 Zehnermeter betragen haben. Der oft enorme Reichtum an Dasycladaceen weist auf sehr günstige Lebensbedingungen für Kalkalgen hin, das heißt Wassertiefen von etwa 1–10 m (JOHNSON, 1961).

2) Intertidal (Taf. 2, Bild 6, 7): Calciarenospatit, Calcirudospatit; arenitisch-ruditische, oft unregelmäßig gelappte Komponenten (z. T. wohl durch den Bewuchs von Blau-Grün-Algen verursacht) bilden ein mehr oder weniger lockeres Haufwerk, das einen verschieden großen Porenraum des Typs LF-B (I oder II), seltener des Typs LF-A enthält. Die Matrix besteht größtenteils aus Spatit mit einem geringen Lutitanteil. Stromatolithlagen sind häufig, sowohl unregelmäßig gerunzelte, laminierte Flächen, als auch Algenmatten des Typs

LLH-C und LLH-S (LOGAN et al., 1964). Auf größeren ruditischen Klasten lagern öfters kleinere arenitische, letztere wurden also wohl in ein schon bestehendes Haufwerk ruditischer Komponenten geschwemmt; es handelt sich um sogenannte „umbrellas“. In bestimmten Bereichen, ev. solchen ehemaliger Algenkrusten, sind grobsparitische Lagen zu beobachten. Örtlich tritt auch eine Wechsellagerung sparitischer Lagen mit meist nur wenigen cm mächtigen mikritischen auf, die Gastropoden, Lamellibranchiaten und Ostracoden führen.

Die einzelnen Lagen sind oft wieder aufgearbeitet, zerbrochen, keilen aus. Stromatolithresedimente werden z. T. auf ihrer Unterseite erneut von Blau-Grün-Algen bewachsen.

Aus den angeführten Merkmalen wird auf eine Entstehung im Intertidal geschlossen.

Im Bleiberger Raum wurden Sedimente, die diesem Typ angehören, als Flaserkalke bezeichnet und zwar insbesondere wegen Häuten „grüner Mergel“, die öfters an diese Typen gebunden sind (siehe dort).

3) Inter- bis Supratidal (Taf. 1, Bild 3): Dololutite, Doloarenite; meist Doloarenolutit mit ruditischen Klasten und länglichen Hohlräumen (LF-A), die wesentlich größer als kornbedingte Intergranulare sind (soweit Körner überhaupt vorhanden sind). Öfters erscheint das Sediment, abgesehen von den Hohlraumgefügen, anfänglich völlig dicht; erst bei genauerer Beobachtung können einzelne Komponenten erkannt werden. Auch aus deren Form kann angenommen werden, daß sie zur Zeit der Ablagerung vielfach noch plastisch waren (Schlickgerölle). Öfters treten auch unregelmäßig gelappte, ruditisch-arentische Klumpen auf, die z. T. in sich andere Klaste, auch Komponenten der schwarzen Breccie (siehe dort) umschließen. Das Material der Klumpen selbst ist jedoch nicht weiter auflösbar. Im Auflicht erscheinen sie, wie das übrige Sediment, rein weiß oder milchig-weiß, im Durchlicht dagegen, in Dickschliffen leicht rötlich. Sie werden als Bewuchs von Algen um Komponenten bzw. als losgerissene Algenmatten gedeutet.

Die LF-A Hohlräume werden von verschiedenen Spatitgenerationen (fibrös und drusig) (= Zement A und B) oder geopetal von Sediment erfüllt; oft liegt diese Sedimentfüllung über vorher chemisch ausgefälltem fibrösem Spatit. Biogenreste sind selten, meist handelt es sich um Lamellibranchiaten- und Gastropodenbruchstücke, auch Ostracoden kommen vor.

Die Hohlräume sind wohl als Schrumpfungsporen bei der Trockenlegung zu deuten (im Sinne FISCHER's, 1964). Oft treten auch Risse senkrecht ss auf, die sich zum Hangenden hin verbreitern, sich aber in der folgenden Bank nicht fortsetzen. Sie sind zum Teil mit Sediment der hangenden Schicht gefüllt; diese Strukturen sind als Trockenrisse (prism cracks) anzusehen. Öfters sind aber auch diese Dolomitbänke ganz oder Teile davon von ihrer Unterlage abgehoben, sie werden dann meist vom Hangendsediment unterlagert. Es handelt sich um „sheet cracks“. Auch zeltförmige Aufwölbungen solcher Krusten (tepee structures), die durch Ausdehnung bei stärkerer Erwärmung zu erklären sind, konnten beobachtet werden. Oft schwimmen auch schmale, langgestreckte (teilweise über dm-lang, 2–3 cm dick) Resedimente dieses Typs im Hangendsediment. Das Sediment dieser Lagen muß also schon eine sehr frühe Verfestigung erfahren haben. Eine spezielle Arbeit von GERMANN beschäftigt sich mit diesem Problem (1969).

Durch ihre weiße bis schwach gelblichweiße Farbe heben sich diese Bänke scharf vom umgebenden, meist gelblichen bis gelblichbräunlichen Sediment ab. Die Dolomitisierung, die scharf nur auf diese charakteristischen Bänke („milchige Bänke“ der Bleiberger

Bergleute) beschränkt bleibt, ist als „primär“ anzusehen. Nur in Einzelfällen ist das Sediment calcitisch.

Aus den geschilderten Merkmalen ergibt sich eine Entstehung in einem Bereich, der über kürzere oder längere Zeit trockenlag; die Sedimente sind also in das inter- bis supratidal zu stellen.

4) grüne, schwach tonige, calcitische Dolomite (sogenannte „grüne Mergel“) (Taf. 2, Bild 6): derartige grüne Karbonate kommen u. a. sowohl im Drauzug, als auch in den Nördlichen Kalkalpen vor. Die im Wettersteinkalk eingeschalteten Lagen wurden vielfach als Tuffit bzw. tuffitverdächtig angesehen (SCHNEIDER, 1964, KOSTELKA & SIEGL, 1966, EPPENSTEINER, 1965 und 1970). Dies entspricht ihrem Vorkommen in Zeiten vulkanischer Tätigkeit, wenngleich sich diese meist nur weit entfernt (sowohl räumlich als auch zeitlich) auswirkte. Ganz entsprechende Gesteine kommen im Dachsteinkalk der Nördlichen Kalkalpen (Nor) vor. Dort wurden sie übereinstimmend als bei der Verwitterung entstandener unlöslicher Rückstand gedeutet, am Ort entstanden (FISCHER, 1964) oder verschwemmt (LEUCHS & UDLUFT, 1926). Eine vulkanische Entstehung wurde nicht diskutiert, wohl deshalb, weil aus dem Nor dieses Raumes keine anderen Anzeichen vulkanischer Tätigkeit bekannt sind.

Die „grünen Mergel“ treten in Bleiberg, wie schon EPPENSTEINER (1970) schreibt, folgendermaßen auf:

a) als selbständige Lagen, deren Mächtigkeit von wenigen cm bis zu 1 m (256 m im Liegenden des 1. Raibler Tonschiefers, also weit unterhalb des von mir aufgenommenen Bereiches) reicht.

b) als Bindemittel der schwarzen Breccienkomponenten (siehe dort).

c) als in hellem Kalk unregelmäßig verstreute grüne bis graugrüne Fetzen oder als mm-dünne Lagen, insbesondere im unmittelbar Liegenden von Mergelbänken.

d) außerdem kommen sie in geringen Spuren in Flaserkalkbänken (meist dem Intertidal entsprechend) vor.

Hieraus wird ihre oft enge Verbindung mit den anderen Mikrofaziestypen ersichtlich. Daß das Material der grünen Dolomite häufig wieder umgelagert wurde, zeigt das Vorkommen in Hohlräumen und Spalten mit gelegentlicher Fossilführung, insbesondere Ostracoden.

Auch die statistischen Ergebnisse zeigen diese enge Verbindung auf. Für dieses Problem ist insbesondere die Zählung A III zu berücksichtigen, da hier die inter- bis supratidalen Typen zusammengerechnet wurden. Weiters muß beachtet werden, daß der Typ 5 zumeist ebenso ins intertidal zu stellen ist (? supratidal), sich also auch dieser Übergang im extremen Flachwasser vollzog. Unbedingt zu beachten ist auch die wesentlich geringere Mächtigkeit der inter- bis supratidalen Typen in den Profilen. Würde es sich bei den grünen Mergeln wirklich um Tuffite handeln, wäre diese Bevorzugung der inter- bis supratidalen „Nachbarschaft“ schwer verständlich. Die Zeitdauer des Subtidals ist wohl als ein Vielfaches des Inter- bis Supratidals anzusehen, die Mergel müßten hier also wesentlich häufiger auftreten. Sie sind aber nur höchst selten in das Subtidal direkt eingeschaltet, das heißt, sie werden fast nie von subtidalen Typen sowohl unter- als auch überlagert. Bei Tuffiten wäre wohl der wahrscheinlichste Fall, daß die Förderung während einer Zeit \pm kontinuierlicher Sedimentation erfolgt und nicht fast immer gerade dann, wenn es zur Ablösung eines Sedimenttypes durch einen anderen kommt. Das häufige

spaltenförmige Vorkommen zeigt wohl eher das Fehlen ehemals vorhandener Typen an, so daß bei der statistischen Auswertung der Übergang 1 → 4 (subtidal zu grünen Dolomiten) zu oft aufscheint. Diese Verhältnisse können durch die Statistik, die nur „Übergänge“ berücksichtigt, nicht klar genug herausgearbeitet werden. Eine Entstehung durch Verwitterung wird aus den erwähnten Befunden wahrscheinlich. Da Hohlräume in den Megalodontenkalken (häufig von „grünen Mergeln“ erfüllt) meist etwa 1–2 m ins Liegende zu beobachten sind, müßte die Emersion also mindestens diesen Betrag umfaßt haben. Örtliche tonigere Bereiche an der Basis sind als Drucklösungserscheinungen anzusehen.

KOSTELKA & SIEGL (1966) konnten andererseits für Mergelbänke, etwa 350 m im Liegenden der Raibler Schiefer, durch das Auftreten von Plagioklas, Biotit, Zirkon und insbesondere Perowskit, eine vulkanische Entstehung wahrscheinlich machen. Die grünen Karbonate dieser unterschiedlichen Horizonte sind also unter Umständen auf verschiedene Weise gebildet worden.

Um nun weitere Hinweise auf die Entstehung der „grünen Mergel“ zu erhalten, wurden drei Proben geochemisch untersucht; dies wurde freundlicherweise von Herrn cand. geol. M. KÖHLER, Innsbruck, durchgeführt.

Probe I: Pflockschacht – Hangendes

Probe II: Dreierlager – „grüne Mergel“

Probe III: Milchige Hauptsüdschlag, „grüne Mergel“ unter „milchiger Fläche“.

Die Proben wurden quantitativ auf ihren Calcit- und Dolomitgehalt hin untersucht, qualitativ erfolgte im Diffraktometer die Bestimmung des in HCl unlöslichen Rückstandes, weiters wurden die Calcite und Dolomite auf den zusätzlichen Einbau von Fremdionen in ihr Gitter untersucht.

Die Bestimmung des Calcit- bzw. Dolomitgehaltes erfolgte in der Karbonatbombe, als Kontrolle wurde bei den Proben I und II noch eine zusätzliche Diffraktometeruntersuchung nach der erweiterten Methode von TENNANT & BERGER durchgeführt.

Ergebnisse:

Calcit- und Dolomitgehalt, Mg-Calcit und Ca-Dolomit

Probe	Calcit	Dolomit	Mg-Calcit	Ca-Dolomit	Gesamtkarbonat
I	16%	81%	3,0 Mol%	Ca _{55,5}	97%
II	16%	74%	2,5 Mol%	Ca _{55,5}	90%
III	15%	85%	3,0 Mol%	Ca ₅₂	100%

Der Unterschied im Calcit- und Dolomitgehalt ist also gering; Probe III ist ein sehr reines Karbonat. Trotz eines hohen Dolomitgehaltes war die Salinität zur Zeit der Bildung vermutlich nicht ausreichend, um stöchiometrische Dolomite entstehen zu lassen. Der Mangel an Mg-haltigen Lösungen wurde durch den vermehrten Einbau von Ca in das Dolomitter gitter kompensiert. Das Auftreten von Mg-Calciten weist in die gleiche Richtung.

Calcit und Dolomitgehalt nach der modifizierten Methode TENNANT & BERGER

Probe	Calcit	Dolomit
I	10%	87%
III	9%	91%

Der Vergleich beider Bestimmungen nach den unterschiedlichen Methoden ergibt einen konstanten Fehler von $\pm 6\%$, der wohl dadurch zu erklären ist, daß die Calcitgehalte nahe der Meßgrenze von ca. 10% für die Methode TENNANT & BERGER liegen.

Tonmineralzusammensetzung:

Der unlösliche Rückstand setzt sich zusammen aus: Illit, Glimmer, Kaolinit, Chlorit, Quarz, Pyrit. Halloysit könnte ? in Spuren vorhanden sein.

Probe I: Illit, Glimmer, Kaolinit, Chlorit, Pyrit, Feldspat, Spuren von Quarz.

Probe II: Illit, Glimmer, Feldspat, Pyrit, Chlorit, Kaolinit (Quarz fehlt).

Probe III: Illit, Glimmer, Feldspat, Pyrit, Chlorit, Spuren von Kaolinit (Quarz fehlt).

Die Proben II und III zeigen Ähnlichkeiten, da in ihnen die Illite bei weitem dominieren. Die Abtrennung der Glimmer zu den Illiten ist nicht immer sicher durchzuführen, da viele Übergänge bestehen können. Die Glimmer sind die zweithäufigsten Tonmineralien, deren Gehalt in allen drei Proben sehr ähnlich ist. Die Unterscheidung zwischen Muskovit und Biotit ist röntgenographisch nicht sicher durchzuführen.

Der Kaolinit ist in Probe I häufiger, in II und III kommt er nur in geringen Mengen vor. Der Feldspatgehalt ist in allen drei Proben ähnlich; die Bestimmung der Feldspäte in diesen geringen Mengen ist schwierig.

Pyrit ist in allen Proben sehr häufig, besonders in II und III. Quarz fehlt ganz oder ist nur in Spuren vorhanden.

Die grüne Farbe der Mergel dürfte vom Chlorit herkommen. Der Quarz könnte entweder schon primär fehlen („in situ Verwitterung“ des Kalkes), dann müßte der Glimmer und der Feldspat neugebildet sein, da bei einer Einschwemmung dieser Mineralien von einem größeren Lande her wohl auch Quarz mitangeliefert worden wäre.

Natürlich lassen sich alle diese Mineralien als Bestandteile eines Tuffits deuten, dann werden die mikrofaziellen und statistischen Ergebnisse aber schwer deutbar.

Insgesamt gesehen konnten die geochemischen Untersuchungen also weder einen eindeutigen Beweis für, noch gegen die Tuffitnatur liefern. Die mikrofaziellen Befunde und die Ergebnisse der statistischen Vergleiche (siehe dort) machen aber eine Entstehung durch Verwitterung und anschließende Verschwemmung (mehr oder weniger weit) zumindest wahrscheinlicher; hierfür spricht auch eine geochemische Untersuchung eines roten, mergeligen Kalkes aus Zyklen des Dachsteinkalkes (vgl. FISCHER, 1964), wenig westlich von Hallstatt.

Probe: Roter Dachsteinkalk, westlich Hallstatt.

Calcit: 79%; Dolomit: 3,0%; Gesamtkarbonat: 82%.

In HCl unlöslicher Rückstand: Illit, Glimmer (Muskovit überwiegend), Spuren von Chlorit (in geringer Menge von HCl angegriffen), Spuren von Kaolinit nicht auszuschließen, Q u a r z fehlt (!).

Auffallend ist wiederum das Fehlen des Quarzes, der also auch in diesen, bisher immer als Lösungsrückstand gedeuteten Gesteinen fehlt. Nimmt man den fehlenden Quarz als ein Kriterium für die Entstehung, dann müßten die grünen Dolomite Bleibergs und die roten bzw. grünen Karbonate im Dachsteinkalk auf die gleiche Art und Weise gebildet worden sein. Auch der sonstige Bestand entspricht fast genau dem der Bleiberger Proben, abgesehen von dem Überwiegen des Calcites.

5) schwarze Breccien (Taf. 2, Bild 5): auf die ausführlichen Beschreibungen dieser Breccien bei EPPENSTEINER (1965 und 1970) sei verwiesen. Sie treten im hangenden Wettersteinkalk von Bleiberg-Kreuth horizontgebunden auf, finden sich jedoch auch bis weit in den E des Drauzuges, nämlich bis in die Gegend von (Mies (Mezica), weiters treten sie auch im Wettersteinkalk der Nördlichen Kalkalpen auf, aber auch im Dachsteinkalk, auch hier mit grünen bis roten Karbonaten verbunden (frdl. mdl. Mitteilung H. ZANKL, 1973, und eigene Beobachtungen). SCHNEIDER (1954) und TAUPITZ (1954) erklären die Breccien im hangenden Wettersteinkalk der Nördlichen Kalkalpen als Resedimente stark bituminöser, oft mergeliger Kalke und Dolomite, die häufig in die grünen Dolomitmergel bis Mergelkalke eingelagert seien; 1964 deutet SCHNEIDER sie als agglomeratische Breccien.

Da nun das Material, aus dem die Komponenten der schwarzen Breccien bestehen, nirgends anstehend angetroffen werden konnte, andererseits Farbübergänge im ss innerhalb länglicher Komponenten zwischen deren schwarzbrauner Farbe und der gelblich-braunen des „normalen“ Wettersteinkalkes auftreten, erklärt EPPENSTEINER (1965 und 1970) diese Komponenten als durch Verfärbung des normalen Wettersteinkalkes entstanden.

Im einzelnen stellt er sich die Abfolge folgendermaßen vor:

a) normaler Wettersteinkalk wird von „grünem Mergel“ überlagert, der sich in reduzierendem Faulschlammilieu bildet.

b) Bodenunruhen lösen die hangendsten Wettersteinkalkbänke von ihrer Unterlage ab; diese zerbrechen, der Mergel dringt in die entstandenen Hohlräume ein.

c) Verfärbung der im Mergel enthaltenen Wettersteinkalkbrocken durch eindringenden Bitumen, feinste Tonfraktion und Pyrit. Es kommt weiters zu einer Dolomitisierung und zu Anlösungen der Breccienkomponenten.

d) darauf folgende stärkere Wasserturbulenz schwemmt vielfach den „grünen Mergel“ weg, er bleibt häufig nur in Spalten und Rissen des unterlagernden Wettersteinkalkes erhalten.

e) Kalksedimentation, an anderen Stellen aber noch Verschwemmung freiliegender Breccienkomponenten, so daß sich diese häufig noch in den liegendsten cm des Hangendsedimentes finden.

Wenn auch die oben angegebene Deutung sehr kompliziert klingt, konnten doch zahlreiche Beobachtungen EPPENSTEINER's durch eigene Befunde bestätigt werden. Eine sekundäre Verfärbung der Komponenten ist deutlich erkennbar, auch bleiben vielfach in den Breccienkomponenten Fossilreste infolge selektiver Verfärbung erhalten, meist gingen sie aber durch die Verfärbung und Dolomitisierung verloren.

EPPENSTEINER erwähnt (1970: 50), daß Trockenfallen bzw. Wirkung einer Brandung für die Entstehung der Breccienkomponenten nicht in Betracht komme, da Trockenrisse

unter Bedeckung durch den immer nachweisbaren Mergelbrei ebensowenig möglich seien, wie ein Zerschlagen hangendster Kalklagen infolge der Brandung durch die Mergel hindurch.

Setzt man jedoch eine Aufarbeitung durch Verwitterung vor, bzw. zugleich mit der Entstehung der „grünen Mergel“ an, müssen Bodenunruhen nicht mehr zur Erklärung der Komponentenentstehung herangezogen werden.

Die schwarzen Breccienkomponenten treten einerseits eingebettet in die „grünen Mergel“ auf, andererseits finden sie sich sehr häufig im unmittelbar Hangenden dieser grünen Lagen in karbonatischer Matrix. Beide Typen werden, etwas verwirrend, als schwarze Breccien bezeichnet. Bei letzterer handelt es sich zumeist um den inter-supratidalen Typ (meist Doloarenite bis -rudite, oft mit lutitischer Matrix) mit LF-Gefügen. Das Gestein wurde durch einen geringen Tongehalt schwach bräunlich gefärbt.

Öfters treten die schwarzen Komponenten auch in hangenden, tonfreien „milchigen“ Dolomiten auf. Diese sind, wie erwähnt, der gleiche Typ wie der eben beschriebene, nur daß eben keine Tonanlieferung mehr stattfand. Daneben reichen einzelne schwarze Komponenten aber auch bis in hangende subtidale Typen hinauf; ihre Entstehungsweise ist aber offenbar sehr eng mit den inter- bis supratidalen Bedingungen verknüpft.

Weitere Beobachtungen:

Wie erwähnt heben sich die inter- bis supratidalen Typen häufig etwas von ihrer Unterlage ab (sheet cracks), es kommt aber auch zur Ausbildung vertikaler Trockenrisse (prism cracks). Beide Typen werden nun oft von den grünen Dolomiten erfüllt. Die häufig äußerst unregelmäßigen Spalten in unterlagernden Typen (subtidal meist), die sich bald zu Hohlräumen erweitern (oft dm groß), bald wieder zu mm-dicken Klüften zusammenlaufen, können, meiner Meinung nach, nicht als Produkte des Zerbrechens bei plötzlichen Bodenbewegungen angesehen werden, sondern sind vielmehr als Lösungshohlräume zu deuten, die sich am ehesten bei einer subaerischen Verwitterung hätten bilden können. EPPENSTEINER (1970:47) beobachtete chemische Auflösungserscheinungen: die über die Sedimentoberfläche der Muschelleitfläche hinausragenden zahlreichen Klappenteile von Megalodonten wurden aufgelöst, während der im Sediment eingebettete Klappenteil erhalten geblieben sein soll. Hier ist hinzuzufügen, daß dies kein Einzelfall ist, sondern daß im oberen Wettersteinkalk immer wieder Bedingungen geherrscht haben, die zu einem Auflösen der Megalodontenschalen führten. Der Platz des ehemaligen Weichkörpers ist fast stets von Sediment erfüllt, die Schalen erscheinen im Schliff meist bräunlich, ein Aufwachsen von Kristallen am jeweiligen Schalenrand ist deutlich zu bemerken. Man könnte nun meinen, daß es sich um Umkristallisation der Schale handelt. Dem ist aber nicht so, da häufig bei dickeren Schalenpartien in der Mitte der Schale hellere, grobkristalline Bereiche zu beobachten sind. Es handelt sich hier offensichtlich um Ausfüllungen der Schale mit wandständigem, fibrösem Spatit (Zement A), im Inneren noch verbleibende Hohlräume wurden von drusigem Spatit (Zement B) erfüllt. Dies wird durch weitere Befunde untermauert: die ehemaligen Megalodontenschalen wurden z. T. geopetal von Sediment erfüllt; dies wird in der Grube besonders dann schon makroskopisch sichtbar, wenn die Schalen von „grünen Mergeln“ erfüllt werden. An einer Stelle konnten in einer solchen Sedimentfüllung sogar Ostracoden beobachtet werden (Taf. 1,

Bild 4). In eben diesem Fall entspricht die Oberseite der Sedimentfüllung der ehemaligen Schale, während die Unterseite durch einen Stylolithen überprägt ist.

Der normale Ablauf war also folgender: Megalodonten werden im Sediment eingebettet. Während der Verfestigung des Sediments kommt es (wohl unter subaerischen Bedingungen) sowohl zur Auflösung der Schalen als auch zur Entstehung von Lösungshohlräumen im Sediment; dieses muß also schon sehr früh erhärtet sein, was sich bei der Annahme von Trockenlegungen relativ leicht erklären läßt. Diese „anorganischen“ als auch die „organischen“ Hohlräume werden in der Folge oft von geopetal angelagertem Sediment (meistens „grünen Mergeln“) erfüllt. Örtlich ist auch ein dritter Hohlraumtyp zu beobachten (z. B. im Liegenden der dickeren Mergelbank des Dreierlagers). Hier kommen etwa 0,5 cm dicke, unregelmäßig gewundene Hohlräume vor, offenbar Wühlspuren, die später von dem grünen Dolomit erfüllt wurden. Daß diese unterschiedlichen, zum Teil wohl subaerisch entstandenen Hohlräume so oft von den grünen Dolomiten erfüllt werden, weist darauf hin, daß auch deren Entstehung subaerisch war oder im unmittelbaren Anschluß an solche Bedingungen erfolgte. Gelegentliche Fossilführung zeigt an, daß als Abschluß der Bildungsgeschichte eine Verschwemmung erfolgte.

Die „grünen Mergel“ enthalten, auch als Hohlraumfüllung, oft Komponenten der schwarzen Breccie. Daß es sich um sichere spätere Füllungen der Hohlräume handelt, wird neben der oft geopolalen Füllung der Hohlräume auch durch die, der Größe der Zufuhrspalten absolut entsprechende Größe der Breccienkomponenten angezeigt. Auffallend ist, daß die Komponenten, soweit beobachtbar, immer auf subtidale Typen zurückführbar waren, während die „milchigen Dolomite“, auch wenn sie vergesellschaftet mit anderen verfärbten Komponenten vorkommen, ihre weiße Farbe behalten. Wahrscheinlich hängt dies mit der äußerst raschen Erhärtung dieser frühen Dolomite zusammen.

Modell der Entstehung der „grünen Mergel“ und der „schwarzen Breccien“:

Aus den angeführten Beobachtungen ergibt sich eine, gegenüber EPPENSTEINER (1965, 1970) modifizierte Erklärung der Entstehung.

a) im hangenden Wettersteinkalk kam es in zyklischer Abfolge, wohl bedingt durch Meeresspiegelschwankungen (siehe Ergebnisse der statistischen Untersuchungen) zur Bildung subtidaler und inter- bis supratidaler Sedimente. Bestimmte dieser „Trockenperioden“ dauerten hierbei etwas länger. In der Auftauchphase kommt es zu einer raschen Verfestigung des Sediments.

b) Verwitterung; dem schärfsten Angriff der Verwitterung sind die hangendsten Partien ausgesetzt; dies ist der Grund für das häufige Fehlen der intra-supratidalen Lagen im Liegenden der „grünen Mergel“. Mit der Dauer der Verwitterung entstehen immer feinere Bestandteile, der Normalzustand ist jedoch ein Sediment wechselnder Korngröße. Die Komponenten werden unregelmäßig von der Verwitterung angegriffen, wodurch ihre lappige Gestalt teilweise zu erklären ist. Sie werden auch durch Karbonatabfuhr porös, es beginnt auch die Verfärbung der Komponenten infolge der Verwitterung (?). Im unterlagernden Sediment bilden sich Lösungshohlräume, insbesondere werden auch Fossilreste (Megalodonten) bevorzugt gelöst. Möglicherweise wird schon zu diesem Zeitpunkt das entstehende Feinmaterial in flachen Wannen zusammengeschwemmt infolge gelegentlicher Überflutung oder bedingt durch Regengüsse. In diesen Wannen kam

es zum Teil zu reduzierenden Bedingungen. Auch erste Füllungen von Hohlräumen erfolgten wohl.

c) Absinken: es kommt zu erneutem Einwirken der Wellenbewegung, das Verwitterungsmaterial wird weit verschwemmt, so daß es zu einer mehr oder weniger einheitlichen Kruste kommt; das Material wird durch Karbonatsedimentation verdünnt, füllt auch Spalten und Hohlräume.

d) die Sedimentation setzt verstärkt ein, je nach dem Grad und der Geschwindigkeit der Absenkung meist im inter- bis supratidalen oder im subtidalen Bereich. Noch während dieser Sedimentation werden Komponenten der schwarzen Breccie verschwemmt, so daß sich diese häufig in den liegenden cm des Hangendsedimentes finden. Daneben treten jedoch auch eine Reihe anderer, nicht verfärbter Klaste auf, die meist jedoch erst im Dünnschliff deutlich sichtbar werden. Die Komponenten werden in den „grünen Mergeln“ bzw. im Inter- bis Supratidal weiter angelöst, auch eine Dolomitisierung erfolgte. Spätestens jetzt geraten die „grünen Mergel“ in reduzierende Verhältnisse; es kommt zur Pyritbildung, der sich häufig in den wohl noch porösen Breccienkomponenten absetzt, aber auch im geopetalen Sediment der Hohlraumfüllungen auftritt, örtlich auch in den an LF-Hohlräume angrenzenden Bereichen der „milchigen“ Dolomite.

Der schwache Punkt dieses Modells liegt darin, daß die schwarzen Breccien ja nur in bestimmten Horizonten des hangenden Wettersteinkalkes auftreten, „grüne Mergel“ aber sowohl zwischen diesen Horizonten, als auch besonders im Wettersteinkalk etwas liegenderer Horizonte beobachtet werden. Das Erscheinungsbild ist hierbei genau das gleiche, wie oben beschrieben, nur daß eben die schwarzen Breccien fehlen. Bei ganz dünnen Lagen des grünen Sedimentes kann man an Verschwemmung denken, die nur die leicht transportierbare Fraktion erfaßte. Fraglich bleibt aber, warum man in diesen Horizonten noch nie, wenigstens örtlich, derartige Breccien fand; auch entsprechende ungefärbte Breccien wurden nicht beobachtet. Es müssen also zur Zeit des hangenden Wettersteinkalkes, jeweils zur Zeit der Entstehung „grüner Mergel“, in zyklischer Abfolge Bedingungen angenommen werden, die erst die Bildung der schwarzen Breccien ermöglichen. Eventuell könnten durch geochemische Serienuntersuchungen doch Unterschiede der einzelnen grünen Dolomitlagen herausgearbeitet werden.

Möglich wäre auch, daß sich die Entstehung der schwarzen Breccien zwar zeitgleich mit der Bildung der „grünen Mergel“ ereignete, die Verfärbung aber in keinem unmittelbaren Zusammenhang damit steht.

Auf den ersten Blick scheint das EPPENSTEINER-Modell dies besser erklären zu können: zur Bildung der schwarzen Breccien kam es nur, wenn zur Bildung der „grünen Mergel“ tektonische Bewegungen hinzukamen. Andererseits ist hier aber zu fragen, warum sich die tektonischen Bewegungen immer nach der Ablagerung „grüner Mergel“ ereigneten, in welchem Kausalzusammenhang also sedimentäres und tektonisches Ereignis stehen. Tektonische Bewegungen müßten doch auch während der Bildung anderer Sedimenttypen vorgekommen sein, entsprechende (dann wohl unverfärbte) Breccien müßten sich doch auch zu anderen Zeiten gebildet haben. Problematisch ist auch, warum diese tektonischen Bewegungen immer an bestimmte Phasen einer Zyklusentwicklung gebunden sind und nicht unregelmäßig auftreten.

Aus den mikrofaziellen und statistischen Untersuchungen wird zwar die Entstehung der „grünen Mergel“ einigermaßen klar, bei den Komponenten der schwarzen Breccie

kann im wesentlichen jedoch nur deren Entstehung aus zumeist subtidalen Typen durch Verfärbung, Anlösung und Dolomitisierung festgestellt werden, sowie das Zusammenkommen mit den grünen Karbonaten bzw. ihr Auftreten in den unmittelbar hangenden Partien. Die Ursache der Breccientstehung und insbesondere der Verfärbung bleiben weitgehend der Spekulation überlassen.

Statistische Untersuchungen:

Wie erwähnt folgen nun diese einzelnen Mikrofaziestypen in mehr oder weniger regelmäßiger Anordnung aufeinander; der Gedanke, daß es sich bei den Sedimenten des hangendsten Wettersteinkalkes von Bleiburg-Kreuth und ZyklotHEME handelt, liegt also nahe.

Um die Art dieser angenommenen Zyklen festzustellen, wurden verschiedene statistische Untersuchungen vorgenommen (zur Methodik vgl. MARSAL, 1967).

Man unterscheidet folgende Typen von Zyklen (nach DUFF & WALTON, 1962, vgl. auch FÜCHTBAUER & MÜLLER, 1970):

A) zusammengesetzter Zyklus (composite sequence): bei ihm werden alle vorkommenden Typen nach ihrer Übergangshäufigkeit (transition frequency) angeordnet. Diese Übergangshäufigkeit kann auch als Übergangswahrscheinlichkeit angesehen werden (Markov Ketten).

B) Modalzyklus (modal sequence): er umfaßt die am häufigsten vorkommende Anordnung verschiedener Gesteinstypen; seltener vorkommende Typen gehen nicht mit ein.

Zur Erstellung dieses Zyklus wurden zuerst die einzelnen Profile durch Iterationsanalyse horizontal verglichen; das sich hieraus ergebende *Maximalprofil* wurde dann, nach dem gleichen Muster, einer vertikalen Korrelation unterzogen. Die einzelnen, aufeinanderfolgenden Zyklen wurden also nebeneinander gestellt, wobei sich ein Grundzyklus herauschälte. Da bei diesem Vergleich keiner der Zyklen einen vollständigen Grundzyklus (Modalzyklus) enthält, muß dieser aus den einzelnen Zyklen zusammengesetzt werden. Korreliert man nur die einzelnen Typen, ohne auf lokale Besonderheiten zu achten, ergeben sich mehrere Lösungsmöglichkeiten, die geringfügig voneinander abweichen. Hier wurde jedoch so vorgegangen, daß insbesondere auf eine strenge Korrelation der grünen Dolomite und der schwarzen Breccien geachtet wurde. Wo diese fehlen (z. B. Mauerschachtllager, hangende schwarze Breccie), wurden andere charakteristische Lagen korreliert (im angegebenen Fall wurden intra-supratidale Lagen mit einzelnen Breccienkomponenten ebensolchen Lagen im unmittelbar Hangenden der schwarzen Breccie gegenübergestellt).

Wie schon früher erwähnt, wurden folgende Punkte aufgenommen:

Profil I: 8. Lauf Antoni, Nähe Antonischacht: Detailprofil vom ersten Raibler Tonschiefer (Kiesoolithbank) bis m 219 im Liegenden (Megalodus Bank). Der liegende Anteil ist jedoch stark gestört, in anderen Profilen tritt die Megalodusbank schon etwa 120 m im Liegenden der Kiesoolithbank auf. Zur Berechnung der Übergangshäufigkeiten wurden nur die hangendsten 100 m des Profils verwendet, zur Erstellung des Maximalprofils nur etwa 51 m (da die Vergleichsprofile nicht weiter ins Liegende reichen). Zur Aufstellung des Grundprofils wurden dann die beiden liegendsten Zyklen mitverwendet, das Profil also bis unterhalb der Wechselplattenfläche (etwa m 75) herangezogen.

Profil II: 7. Lauf Antoni, Profil beim Westschacht; die Profilaufnahme war von der Pflockschachtfläche 1 bis zur (?) Hauptsüdschlagfläche möglich, insgesamt also 26 m. Dieses Profil wurde mit zur Erstellung des Maximalprofils und damit des Modalzyklus verwendet.

Profil III: 7. Lauf Antoni, Profil im W des Westschachtes (etwa 1 km); die Profilaufnahme war nur vom Pflockschachtlager 1 bis zur Krieglzechfläche 2 möglich, insgesamt also auf etwa 18 m. Auch dieses Profil wurde zur Berechnung des Maximalprofils und damit des Modalzyklus verwendet.

A) Zusammengesetzter Zyklus: Untersuchungen der Übergangshäufigkeiten des Profils I (8. Lauf Antoni, nahe Antonischacht).

I) Ausscheidung aller nur möglichen Typen

Legende: Typ 1 = subtidal
 Typ 2 = intertidal
 Typ 3 = inter- bis supratidal
 Typ 4 = grüne, mergelige Karbonate
 Typ 5 = schwarze Breccien
 A = Absolutwerte
 R = Relativwerte

I \ II	Typ 1		Typ 2		Typ 3		Typ 4		Typ 5	
	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R
Typ 1	—	—	21	49	5	17	6	29	6	67
Typ 2	18	46	—	—	21	72	5	24	0	0
Typ 3	5	13	17	40	—	—	6	29	1	11
Typ 4	15	38	2	5	2	7	—	—	2	22
Typ 5	1	3	3	7	1	3	4	19	—	—
Summe A	39		43		29		21		9	
Summe R		100%		101%		99%		101%		100%

Angeordnet nach abnehmender Häufigkeit ergibt sich (absolute Übergangshäufigkeiten in Klammer):

- a) 3 → 2 (21)
- b) 5 → 1 (6)
- c) 2 → 1 (49)
- d) 1 → 2 (18)
- e) 2 → 3 (17)
- f) 1 → 4 (15)
- g) 4 → 1 (6)
- h) 4 → 3 (6)
- i) 4 → 2 (5)

Werte unter 5 Übergängen bzw. unter 20% wurden nicht berücksichtigt.

Wichtig ist noch, daß beim Übergang 1→4 der Typ 4 siebenmal nicht als eigentliche Hangendbegrenzung auftritt, sondern nur mehr in Hohlräumen des Typs 1 vorhanden ist; für die statistische Auswertung wurden diese Vorkommen aber wie eine Hangendbegrenzung durch Typ 4 gezählt.

Die Übergangshäufigkeiten können am besten zu folgendem Zyklus kombiniert werden:

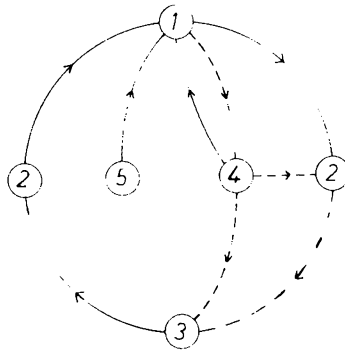


Abb. 2

Auf dem äußeren Kreis treten die Typen auf, die zusammengenommen die größte Übergangshäufigkeit aufweisen; strichlierte Pfeile bedeuten zweit- oder drittgrößte Übergangshäufigkeiten.

II) Ausscheidung aller nur möglichen Typen, Typ 3 (inter- bis supratidal) aber erst ab 5 cm Mächtigkeit gezählt.

Legende: wie bei I.

I \ II	Typ 1		Typ 2		Typ 3		Typ 4		Typ 5	
	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R
Typ 1	–	–	22	61	4	24	6	29	6	67
Typ 2	21	54	–	–	10	59	6	29	0	0
Typ 3	2	5	9	25	–	–	5	24	1	11
Typ 4	15	38	2	6	2	12	–	–	2	22
Typ 5	1	3	3	8	1	6	4	19	–	–
Summe A	39		36		17		21		9	
Summe R		100%		100%		101%		101%		100%

Angeordnet nach abnehmender Häufigkeit ergibt sich (absolute Übergangshäufigkeiten in Klammer):

- a) 5 → 1 (6)
- b) 2 → 1 (22)
- c) 3 → 2 (10)
- d) 1 → 2 (21)
- e) 1 → 4 (15)
- f) 4 → 1 (6)
- g) 4 → 2 (6)
- h) 2 → 3 (9)
- i) 4 → 3 (5)

Werte unter 5 Übergängen bzw. unter 20% wurden wiederum nicht berücksichtigt, beim Übergang Typ 1 zu 4 gilt ebenfalls das bei I erwähnte.

Die Übergangshäufigkeiten können wiederum zu einem Zyklus kombiniert werden. Den äußeren Kreis bilden auch hier die Übergänge, die zusammengenommen die größte Übergangshäufigkeit ergeben.

Die Darstellung unterscheidet sich nicht von der vorhergehenden, außer daß der Zyklus mit 2→1 statt mit 3→2 anfängt. Das Schaubild entspricht ansonsten der Abb. 2.

III) Ausscheidung von nur 4 Typen (Typ 2 und Typ 3 werden zusammengezählt; Typ 4 in Hohlräumen des Typs 1 wird nicht als Hangendlage gezählt, sondern bleibt unberücksichtigt).

Legende: siehe I.

I \ II	Typ 1		Typ 2 + 3		Typ 4		Typ 5	
	A	R	A	R	A	R	A	R
Typ 1	—	—	26	76	4	25	6	67
Typ 2 + 3	26	70	—	—	8	50	1	11
Typ 4	10	27	4	12	—	—	2	22
Typ 5	1	3	4	12	4	25	—	—
Summe A	37		34		16		9	
Summe R		100%		100%		100%		100%

Nach abnehmender Häufigkeit geordnet ergibt sich:

- a) 2 + 3 → 1 (26) b) 1 → 2 + 3 (26) c) 5 → 1 (6) d) 4 → 2 + 3 (8)
 e) 1 → 4 (10)

Wiederum wurden Werte unter 5 Übergängen bzw. 20% nicht berücksichtigt; ev. könnte diese Grenze etwas tiefer gelegt werden, da ja insgesamt weniger Übergänge zu zählen sind. In diesem Fall würde sich der unten abgebildete Zyklus den vorher angegebenen noch ähnlicher werden. Im übrigen gilt das Vorhergesagte.

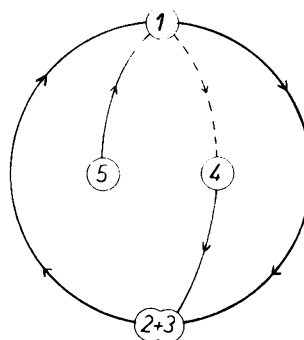


Abb. 3

Vergleicht man nun die Ergebnisse dieser drei Zählweisen miteinander, so erkennt man, daß sich kein wesentlicher Unterschied ergibt. Der normale Zyklus ist also eine Abfolge von subtidal über intertidal zu supratidal und zurück. Diesem Grundzyklus sind die Typen 4 und 5 mehr oder weniger regelmäßig eingeschaltet (vgl. Beschreibung der Typen 4 und 5). Genauere Hinweise auf die Lage dieser Typen im Zyklus ergeben sich jedoch erst aus der horizontalen Korrelation verschiedener Profile (Modalzyklus).

B) Modalzyklus:

Legende:	PF 1	Pflockschachtlager 1 (hängendes Lager)
	PF 2	Pflockschachtlager 2 (liegendes Lager)
	ZD	Zerrissenes Dreierlager
	MD	hängende, meist mächtigere Mergelbank des Dreierlagers
	D	Dreierlager
	MS 1	Mauerschachtlager 1
	MS 2	Mauerschachtlager 2
	KF 1	Krieglzechfläche 1
	KF 2	Krieglzechfläche 2
	MHS	„milchige“ Hauptsüdschlagfläche
	HS	Hauptsüdschlagfläche
	ML	Muschelleitfläche
	WF 1	Wechselplattenfläche 1
	WF 2	Wechselplattenfläche 2
	AS	Abweichungssequenz
	T	Abfolge der Typen (siehe Beschreibung)
	1	subtidal
	2	intertidal
	3	inter- bis supratidal
	4	grüne Dolomite
	5	schwarze Breccien
	(4)	Typ 4 in Hohlräumen des Typs 1
	n ₀	Anzahl der Übereinstimmungen
	n ₁	Anzahl der Abweichungen
	F	Fehlstelle
	x	Störung (tektonisch)

Anmerkung: Typ 4 in Hohlräumen des Typs 1 wurde als eigene Lage gezählt, wenn eine Lage grüner Dolomite über Typ 1 nicht zu beobachten war, also anzunehmen ist, daß Typ 4 erosiv entfernt wurde.

Findet sich in einem Profil nur ein Typ (z. B. 2), während im Nachbarprofil der gleiche Typ in einen anderen übergeht und sich dann der erste wieder einstellt (z. B. 2 → 3 → 2), so wurde im ersten Profil nur eine Fehlstelle (am Platz von 3) gezählt (2 also zweimal gezählt). Dies geschieht, da ja anzunehmen ist, daß die Zeitdauer dieses einen Typs bzw. der benachbarten Wechselfolge ungefähr gleichlang gedauert hat, wenn die unter- bzw. überlagernden Typen ansonsten korrelierbar sind. Der fehlende mittlere Typ (3) wurde also entweder nicht gebildet, oder er ging nachträglich verloren.

I) Maximalprofil (horizontale Korrelation)

Leit- flächen	Profil I		Profil II		Profil III		Maxi- mal- profil	Ab- wei- chung
	T	AS	T	AS	T	AS		
PF 1	1	0			1	0	1	0
	2	0			2	0	2	0
	3	0			3	0	3	0
	5	0			5	0	5	0
	4	0	4	0	4	0	4	0
	2	0	F	1	F	1	2	2
	3	0	F	1	F	1	3	2
PF 2	2	0	F	1	F	1	2	2
	1	0	1	0	1	0	1	0
	5	0	5	0	5	0	5	0
	4	0	4	0	4	0	4	0
	F	1	2	0	2	0	2	1
	1	0	1	0	1	0	1	0
	2	0	2	0	2	0	2	0
	1	0	1	0	1	0	1	0
	2	0	2	0	2	0	2	0
	F	1	F	1	1	0	1	2
ZD	F	1	F	1	4	0	4	2
	3	0	3	0	3	0	3	0
	4	0	4	0	4	0	4	0
	F	1	2	0	2	0	2	1
	1	0	1	0	1	0	1	0
MD	4	0	4	0	4	0	4	0
	3	0	F	1	F	1	3	2
	2	0	2	0	2	0	2	0
	4	0	F	1	F	1	4	2
	1	0	1	0	1	0	1	0
D	5	0	x	x	F	1	5	1
	4	0	4	0	F	1	4	1
	1	0	1	0	1	0	1	0
	2	0	2	0	F	1	2	1
	1	0	1	0	1	0	1	0
	2	0	2	0	2	0	2	0
	F	1	1	0	F	1	1	2

Leit- flächen	Profil I		Profil II		Profil III		Maxi- mal- profil	Ab- wei- chung
	T	AS	T	AS	T	AS		
MS 1	2	0	2	0	2	0	2	0
	3	0	3	0	3	0	3	0
	2	0	2	0	2	0	2	0
	(4)	0	(4)	0	F	1	4	1
	1	0	F	1	1	0	1	1
	2	0	2	0	2	0	2	0
	F	1	F	1	3	0	3	2
MS 2	2	0	2	0	2	0	2	0
	1	0	1	0	1	0	1	0
	5	0	5	0	5	0	5	0
	2	0	2	0	2	0	2	0
	4	0	F	1	4	0	4	1
	1	0	1	0	1	0	1	0
	F	1	F	1	3	0	3	2
KF 1	2	0	2	0	F	1	2	1
	1	0	F	1	1	0	1	0
	F	1	F	1	3	0	3	2
	(4)	0	4	0	4	0	4	0
	(4)	0	4	0	4	0	4	0
	1	0	1	0	1	0	1	0
	5	0	5	0	5	0	5	0
KF 2	4	0	4	0	4	0	4	0
	F	1	2	0	F	1	2	2
	4	0	4	0	4	0	4	0
	1	0	1	0	1	0	1	0
MHS	2	0	2	0	<u>1</u>	0	2	0
	4	0	4	0			4	0
	1	0	1	0			1	0
	2	0	2	0			2	0
	4	0	F	1			4	1
	1	0	1	0			1	0
	5	0	F	1			5	1
	2	0	2	0			2	0
	3	0	F	1			3	1
	4	0	F	1			4	1
1	0	<u>1</u>	0			1	0	

Leit- flächen	Profil I		Profil II		Profil III		Maxi- mal- profil	Ab- wei- chung
	T	AS	T	AS	T	AS		
HS	5							
	1							
	4							
	5	$n_0 = 62$		$n_0 = 49$		$n_0 = 49$		
	2	$n_1 = 10$		$n_1 = 18$		$n_1 = 12$		$n_1 = 40$
ML	1							
	2							
	1							
	2							
	4							
	3							
	2							
	1							
	3							
	4							
	1							
WF 1	4							
	5							
	3							
	1							
WF 2	5							
	4							
	2							
	1							
	3							
	2							
	1							
	2							
	1							

Abweichungskoeffizient: $A = \frac{40}{160} = 0,25$; das heißt, auf 100 Schichtproben kommen 25 Abweichungen.

Anordnung der Fehler:

$$\text{idealstatistisch: } I_{F, \text{id.}} = \frac{40 + 160}{1 + 160} = 1,242$$

$$\text{Mittelwert: } I_M = \frac{40}{32} = 1,25$$

$$\text{Sequenzindex: } I_{\%} = \frac{1,250 - 1,242}{1,242} \cdot 100 = + 0,64\%$$

Die Abweichung von der idealstatistischen Fehlerlänge beträgt nur 0,64%, ist also minimal und kann als zufallsbedingt außer acht gelassen werden; das heißt, eine auftretende Fehlstelle zieht notwendigerweise keine weiteren Fehlstellen nach sich.

Die Abweichungen gliedern sich folgendermaßen auf die einzelnen Zyklen auf:

	PF	ZD	D	MS	KF	HS
n_0	38	12	26	39	29	16
n_1	9	3	9	9	6	4

II) Modalzyklus (Grundzyklus):

Die unter I gewonnenen Ergebnisse der Horizontalkorrelation (Maximalprofil) werden nun auf ihren Modalzyklus hin untersucht. Dies geschieht durch Vertikalvergleich der einzelnen Zyklen. Bei der Erstellung des Modalzyklus wurden alle Typen, die nur ein- oder zweimal vorkommen, nicht gezählt.

Modal- zyklus	PF		ZD		D		MS		KF		HS		ML		WF		Abwei- chung	
	T	AS	T	AS	T	AS	T	AS	T	AS	T	AS	T	AS	T	AS		
4	F	1	4	0	4	0	F	1	F	1	4	0	4	0	4	0	3	
1	1	0	F	1	F	1	F	1	F	1	1	0	F	1	1	0	5	
2	2	0	F	1	F	1	2	0	2	0	2	0	F	1	F	1	4	
3	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	F	1	F	1	F	1	3	
					2		2		4		4		4		4			
											1							
5	5	0	F	1	F	1	F	1	5	0	5	0	5	0	4	1	4	
4	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	F	1	F	1	5	1	3	
							1											
2	2	0	2	0	F	1	2	0	F	1	2	0	2	0	F	1	3	
													1					
3	3	0	F	1	F	1	3	0	F	1	3	0	F	1	3	0	4	
											4							
2	2	0	2	0	F	1	2	0	F	1	F	1	2	0	F	1	4	
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	
													2					
5	5	0	F	1	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	F	1	5	0
							2											
4	4	0	F	1	4	0	4	0	4	0	F	1	4	0	4	0	2	
2	2	0	F	1	F	1	F	1	2	0	F	1	F	1	2	0	5	
													4					
1	1	0	F	1	1	0	1	0	1	0	1	0	F	1	1	0	2	
3	F	1	F	1	F	1	3	0	F	1	F	1	3	0	3	0	5	
2	2	0	F	1	2	0	2	0	2	0	F	1	2	0	2	0	2	
1	1	0	F	1	1	0	1	0	F	1	F	1	1	0	1	0	3	
													3					
2	2	0	F	1	2	0	F	1	F	1	F	1	F	1	2	0	5	
1	1	0	F	1	1	0	F	1	F	1	F	1	F	1	1	0	5	

$n_0 = 88$ $n_1 = 64$

$$\text{Abweichungskoeffizient: } A = \frac{64}{152} = 0,42$$

Das heißt, auf 100 Schichtproben kommen 42 Abweichungen. Dieser Wert ist relativ schlecht, geringfügig bessere Werte können erzielt werden, wenn die Anfänge und Enden der Zyklen etwas anders gruppiert werden; man läßt dann aber die sicher wichtigen Korrelierungen mit der schwarzen Breccie bzw. Sedimenttypen, die derartige Komponenten führen, außer acht. Zur Muschelleitfläche ist anzumerken, daß hier im liegenden Teil des Zyklus die Typen 2, 3 und 4 (ohne 5) mit der schwarzen Breccie der anderen Profile korreliert wurde.

Auffallend ist, daß im Mittelteil des Zyklus die Übereinstimmungen wesentlich besser sind, als am Beginn und am Ende des Modalzyklus. Öfters fehlen hier sogar Teile, z. B. ist beim zerrissenen Dreierlager nur der hangende Teil des Zyklus entwickelt. Läßt man nun bei den Fehlstellen alle die Fehler am Anfang bzw. Ende des Zyklus außer acht, die mindestens zwei aufeinanderfolgende Sedimenttypen umfassen, so ergibt sich ein Fehlerwert $n_1 = 39$, es treten als wesentlich weniger Fehler auf, als nach der ersten Berechnung. Der Abweichungskoeffizient beträgt in diesem Falle:

$$A = \frac{39}{127} = 0,31$$

Auf 100 Schichtproben fallen bei dieser Zählung 31 Abweichungen, das ist also kaum schlechter, als das Ergebnis der Horizontalkorrelation (vgl. I).

Bildet man das n_0 und das n_1 nur aus dem Mittelteil des Zyklus (also dem Teil, der zweimal vom subtidal bis zur schwarzen Breccie reicht) erhält man (unter Außerachtlassung des im liegenden Teil nicht vertretenen zerrissenen Dreierlagers): $n_0 = 51$; $n_1 = 25$. Der Abweichungskoeffizient beträgt demnach:

$$A = \frac{25}{76} = 0,33$$

Auf 100 Schichten kommen hiernach 33 Abweichungen. Die Abweichungen gliedern sich nun folgendermaßen auf die einzelnen Zyklen auf (nach der ersten Berechnungsweise, die in Klammern gesetzten Werte bezeichnen die der zweiten Berechnungsweise mit einem Abweichungskoeffizienten von 0,31):

	PF	ZD	D	MS	KF	HS	ML	WF
n_0	17	6	11	13	10	9	9	13
n_1	2	13 (4)	8	6 (2)	9 (4)	10 (5)	10 (8)	6

Ergebnisse der statistischen Untersuchungen

Die Berechnung der Übergangshäufigkeiten zeigt auf, daß im hangenden Wettersteinkalk Zykllotheme vorhanden sind, die durch die Abfolge subtidal → intertidal → supratidal → intertidal → subtidal gekennzeichnet sind. Von Zeit zu Zeit dauerte anscheinend die supratidale Phase länger, so daß es zur Entstehung der grünen, schwach tonigen,

calcitischen Dolomite und der schwarzen Breccien kam. In der Lagune müssen die Verhältnisse zu dieser Zeit über weite Strecken konstant gewesen sein, da einerseits eine sehr gute Korrelation zwischen den aufgenommenen Profilen möglich ist, andererseits die „Edlen Lager“ (charakterisiert durch grüne Dolomite, schwarze Breccien, „milchige“ Dolomite) in einer charakteristischen Ausbildung und Abfolge aus dem ganzen Bergwerksbereich bekannt sind.

Der Modalzyklus kann untergliedert werden in einen liegenden sub- bis supratidalen Bereich, einen Mittelteil, der durch das zweimalige Vorkommen der schwarzen Breccie charakterisiert wird, und in einen Hangenteil mit supra- bis subtidalen Sedimenten, zusätzlich aber noch grünen Dolomiten.

Der Mittelteil weist hierbei die beste Korrelation auf. Auffallend ist, daß die liegende schwarze Breccie (mit grünen Dolomiten) in das Subtidal übergeht, die hangende in das Inter- bis Supratidal eingeschaltet ist.

Es zeichnet sich die Möglichkeit ab, daß zur Zeit der liegenden schwarzen Breccie die Emersion länger dauerte, so daß inter- bis supratidale Sedimente häufig völlig abgetragen wurden; auffallend ist aber, daß hier auch hangende Sedimente dieses Typs praktisch fehlen, die Absenkung müßte dann, nach der im inter-supratidalen Bereich gebildeten schwarzen Breccie, sehr rasch erfolgt sein. Die hangende Emersionsphase dauerte wohl nur kürzer, so daß nur eine geringe Erosion erfolgte. In manchen Zyklen tritt die hangende schwarze Breccie nur geringmächtig auf bzw. fehlt ganz, inter-supratidale Sedimente blieben erhalten; es kam also zu keiner Aufarbeitung des „breccienliefernden“ Subtidals.

Vom Antonischacht nach W (Profile II und III) änderten sich die Verhältnisse allmählich, so daß die im Bergwerk ansonsten leicht mögliche Korrelation erschwert wird, insbesondere bei den liegenderen Edlen Lagern. Dies wurde wahrscheinlich bedingt durch etwas abweichende Tiefenverhältnisse, erst später kam es zu einer Angleichung dieser Entwicklungen.

In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt, daß sich in unmittelbarer Nachbarschaft der Profile II und III ein tektonisch abgesetzter, hauptsächlich subtidaler Lagunenbereich auftritt (sogenannte „Westschachtscholle“) mit einer wirtschaftlich äußerst wichtigen Zinkblendervererzung. Er ist zwar in den hangenden Wettersteinkalk zu stellen (Auftreten von *Poikiloporella duplicata*), die Schichten können aber infolge des Fehlens der schwarzen Breccie nicht mit dem „Standardprofil“ korreliert werden; auch eine Profilaufnahme ist nicht möglich, da der Bereich von unzähligen Störungen durchsetzt ist, teilweise sogar als Mylonit vorliegt. Infolge der größeren Tiefe dieses Bereiches erfolgten keine Emersionen, so daß sich die typischen „Leitflächen“ nicht ausbilden konnten.

Diese einzelnen Abweichungen sind jedoch kaum verwunderlich, erstaunlich ist vielmehr die äußerst genaue Übereinstimmung im übrigen Lagerstättenbereich. Die beschriebenen Sedimenttypen treten jedoch, wie erwähnt, nicht nur im Bleiberger Bereich auf, sondern ziehen bis in den Bereich des Ursulaberges, im Gebiet des Bacher Gebirges. Gleiche Sedimenttypen sind auch aus den Nördlichen Kalkalpen bekannt, auch hier kommen Zykloteme vor (SARNTHEIN, 1966). Auf die in beiden Gebieten vorkommenden Vererzungen soll hier nicht eingegangen werden, wohl aber darauf, daß in beiden Räumen zur gleichen Zeit (Cordevol, ? Jul) Zykloteme auftreten.

Für den Drauzug ist noch anzumerken, daß derartige Sedimente zwar bis sehr weit in den E reichen, wenige km im N der Lagerstätte jedoch nicht mehr auftreten. Es muß sich also um sehr seichte, langgestreckte Meeresbecken gehandelt haben, bei denen Tiefenveränderungen von nur wenigen m (etwa ± 10 m) schon starke Faziesänderungen bewirkten. Alles dies, wie auch die fast unveränderte Abfolge der einzelnen Sedimenttypen, im Bereich der Lagerstätte Bleiberg auf etwa 10 km, machen es wenig wahrscheinlich, daß tektonische Bewegungen allein hierfür verantwortlich sind. FISCHER (1964) zieht für ganz entsprechende Zyklen im Dachsteinkalk der Nördlichen Kalkalpen (Nor) eustatische Meeresspiegelschwankungen heran. Wenn man für die Dauer der Ablagerung des Wettersteinkalkes etwa 5 Millionen Jahre ansetzt, so ergibt sich, gleichbleibende Sedimentation einmal vorausgesetzt, für einen m Wettersteinkalk (Gesamtmächtigkeit etwa 1000 m) eine Zeitdauer von ca. 5000 Jahren. Bei einer mittleren Mächtigkeit der Zyklen von etwa 8 m würde sich also eine Zeitdauer von 40.000 Jahren pro Zyklus ergeben. Dies entspricht nun sehr gut dem Zyklus der Ekliptikschiefe, den FISCHER (1964) zur Erklärung seiner angenommenen Meeresspiegelschwankungen heranzieht.

Berücksichtigt muß jedoch werden, daß sich die einzelnen Typen und damit bestimmte Tiefenlagen innerhalb des Modalzyklus ja mehrfach wiederholen, so daß innerhalb dieser angenommenen ungefähren Zeitdauer von 40.000 Jahren/Zyklus wiederholte Meeresspiegelhebungen und -senkungen stattgefunden haben müssen. Eventuell wurden allfällige Meeresspiegelschwankungen durch ungleichmäßige Senkungstendenzen während der Zyklenbildung überlagert.

Daß sich diese Meeresspiegelschwankungen in anderen gleichalten, aber faziell verschiedenen Sedimenten nicht auswirkten, liegt einfach daran, daß in diesen Sedimenträumen (Wettersteinriff, Partnachbecken) Hebungen und Senkungen des Meeresspiegels von ein paar m keine allzuweitreichenden Veränderungen hervorriefen. Allerdings wurden gerade in neuerer Zeit aus dem hangenden Ladin der Südalpen Verkarstungserscheinungen des Schlerndolomits beschrieben (CROS & LAGNY, 1969).

Zusammenfassung

In Lagunensedimenten des hangenden Wettersteinkalks (Unter-Karn) von Bleiberg-Kreuth (Kärnten, Österreich) wurden Zykloteme mikrofaziell und statistisch untersucht. Folgende Faziesbereiche treten auf: Subtidal, Intertidal, Supratidal. Grüne, schwach tonige, calcitische Dolomite und schwarze Breccien werden als Emersionsbildungen erklärt. Durch die mikrofaziellen Untersuchungen und die statistischen Vergleiche (Übergangshäufigkeiten) wird eine Deutung der grünen Dolomite als Tuffit unwahrscheinlich.

Die Zykloteme weisen nach ihrer größten Übergangshäufigkeit (zusammengesetzter Zyklus, composite sequence) eine Abfolge subtidal \rightarrow intertidal \rightarrow supratidal und zurück auf. Die regelmäßige Anordnung der grünen Dolomite und der schwarzen Breccien kann in dem aufgestellten Modalzyklus erkannt werden. Dieser ist untergliederbar in einen liegenden sub- bis supratidalen Bereich, einen Mittelteil, der durch das zweimalige Vorkommen schwarzer Breccien charakterisiert wird, und einen Hangenteil mit supra- bis subtidalen Sedimenten, zusätzlich einer Lage grüner Dolomite. Der Mittelteil weist hierbei die beste Korrelation auf.

Die durchschnittliche Dauer eines Modal-Zyklus wird in der Größenordnung von 40.000 Jahren angenommen; innerhalb dieser Zeit wurden jedoch die einzelnen Tiefenstufen wiederholt durchlaufen. Meeresspiegelschwankungen, eventuell überlagert durch rhythmische Variation der Absenkungsbewegungen, werden als Ursache der Zykloteme angenommen.

Literatur

- CROS, P. & LAGNY, Ph (1969): Paleokarsts dans le Trias moyen et superieur des Dolomites et des Alpes Carniques occidentales; importance stratigraphique et paleogeographique. – Sciences Terre, XIV, 2, p. 139–195.
- EPPESTEINER, W. (1965): Die schwarzen Breccien der Bleiberger Fazies. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 14/15, p. 205–228, Wien.
- EPPESTEINER, W. (1970): Studium über Sedimentation und Diagenese des oberen Wettersteinkalkes in Bleiberg-Kreuth (Kärnten). – Diss. d. Univ. Wien, 49, Wien.
- FISCHER, A. G. (1964): The Lofer cyclothems of the Alpine Triassic – in: Symposium on cyclic sedimentation. – Kansas Geol. Surv. Bull., 169, p. 107–149.
- FÖRSTNER, U., MÜLLER, G. & REINECK, H.-E. (1968): Sedimente und Sedimentgefüge des Rheindeltas im Bodensee. – N. Jb. Miner. Abh., 109, p. 33–62.
- FÜCHTBAUER, H. & MÜLLER, G. (1970): Sedimentpetrologie, Teil II: Sedimente und Sedimentgesteine. – 726 p., 326 Abb., 66 Tab., Schweizerbart, Stuttgart.
- GERMANN, K. (1969): Reworked dolomite crusts in the Wettersteinkalk (Ladinian, Alpine Triassic) as indicators of early supratidals dolomitization and lithification. – Sedimentology, 12, p. 257–277.
- HOLLER, H. (1936): Die Tektonik der Bleiberger Lagerstätte. – Carinthia II, Sonderheft 7, p. 1–82, Klagenfurt.
- HOLLER, H. (1951): Die Stratigraphie der karnischen und norischen Stufe in den östlichen Gailtaler Alpen. – B. H. M., 96, p. 69–75, Wien.
- HOLLER, H. (1953): Der Blei-Zink-Bergbau Bleiberg, seine Entwicklung, Geologie und Tektonik. – Carinthia II, 143, p. 35–46, Klagenfurt.
- HOLLER, H. (1956): Ausbildung und Genese der Blei-Zink-Vererzung in der ostalpinen Trias unter besonderer Berücksichtigung von Bleiberg. – Erzmetall, 9, H. 6, Stuttgart.
- HOLLER, H. (1960): Zur Stratigraphie des Ladin im östlichen Drauzug und in den Karawanken. – Carinthia II, 150, H. 2, p. 63–75, Klagenfurt.
- JOHNSON, J. H. (1961): Limestone-building algae and algal limestones. – Colorado School of mines, 297 p.
- KOSTELKA, L. (1971): Beiträge zur Geologie der Bleiberger Vererzung und ihrer Umgebung. – Carinthia II, Sonderheft 28, p. 283–289, 4 Beil., Klagenfurt.
- KOSTELKA, L. & SIEGL, W. (1966): Der triadische Geosynklinalvulkanismus und die Blei-Zink-Vererzung in den Drau-Kalkalpen. – Sympos. intern. giacim. min. d. Alpi, p. 127–134, Trient.
- KRAUS, O. & OTT, E. (1968): Eine ladinische Riff-Fauna im Dobratsch-Gipfelkalk (Kärnten, Österreich) und Bemerkungen zum Faziesvergleich von Nordalpen und Drauzug. – Mitt. Bayer. Staatss. Pal. hist. Geol., 8, p. 263–290, 3 Abb., Taf. 17–20, München.
- LEUCHS, K. & UDLUFT, H. (1926): Entstehung und Bedeutung roter Kalke der Berchtesgadener Alpen. – Senckenbergiana, 8, p. 174–199, Frankfurt.
- LOGAN, B. W., REZAK, R. & GINSBURG, R. N. (1964): Classification and environmental significance of algal stromatolites. – J. Geol., 72, p. 68–83.
- MARSAL, D. (1967): Statistische Methoden für Erdwissenschaftler. – 152 pp., 40 Abb., Schweizerbart, Stuttgart.
- MAUCHER, A. (1954): Zur „alpinen Metallogene“ in den bayrischen Kalkalpen zwischen Loisach und Salzach. – Tscherm. Min. Petr. Mitt., N. F. 4, p. 454–463, Wien.

- MONTY, C. L. V. (1967): Distribution and structure of recent algal mats, Eastern Andros Island, Bahamas. – *Ann. Soc. Geol. Belg.*, 90, p. 55–99.
- OTT, E. (1972): Die Kalkalgen-Chronologie der alpinen Mitteltrias in Angleichung an die Ammoniten-Chronologie. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 141, 1, p. 81–115, Stuttgart.
- SARNTHEIN, M. (1966): Sedimentologische Profilvereihen aus den mitteltriadischen Karbonatgesteinen der Kalkalpen nördlich und südlich von Innsbruck, I. Fortsetzung. – *Ber. Nat.-Med. Ver. Innsbruck*, Bd. 54, p. 33–59, Innsbruck.
- SCHNEIDER, H. J. (1954): Die sedimentäre Bildung von Flußspat im Oberen Wettersteinkalk der Nördlichen Kalkalpen. – *Abh. Bayer. Akad. Wiss., Math.-Naturw. Kl.*, N. F. 66, p. 1–37, München.
- SCHNEIDER, H. J. (1964): Facies differentiation and controlling factors for the depositional lead-zinc concentration in the Ladinian geosyncline of the Eastern Alps. – *Dev. in Sedimentology*, 2, (Sedimentology and Ore Genesis), p. 29–45, Elsevier, Amsterdam.
- SCHULZ, O. (1968): Die synsedimentäre Mineralparagenese im oberen Wettersteinkalk der Pb-Zn-Lagerstätte Bleiberg-Kreuth (Kärnten). – *Tscherm. Min. Petr. Mitt.*, N. F. 12, H. 2–3, Wien.
- TAUPITZ, K. C. (1954): Erze sedimentärer Entstehung auf alpinen Lagerstätten des Typs „Bleiberg“. – *Erzmetall* 7, p. 343–349, Stuttgart.
- TEBBUTT, G. E., CONLEY, C. D. & BOYD, D. W. (1965): Lithogenesis of a distinctive carbonate rock fabric. – *Contr. to Geol.*, 4, 1, p. 1–13, Laramie.
- USDOWSKI, H.-E. (1967): Die Genese von Dolomit in Sedimenten. – *Miner. u. Petrogr. in Einzeldarst.*, Bd. 4, 95 pp., Springer, Berlin etc.

Danksagung

Der BLEIBERGER BERGWERKS-UNION danke ich für finanzielle Unterstützung, Herrn Doz. Dr. L. KOSTELKA für zahlreiche Hinweise. Zu Dank verpflichtet bin ich den Herren Prof. Dr. O. SCHULZ, Innsbruck, Priv.-Doz. Dr. J. KELLER und Dr. V. KNEIDL, beide Freiburg, für klärende Diskussionen, Herrn cand. geol. M. KÖHLER, Innsbruck, für die Durchführung geochemischer Untersuchungen, Herrn Dipl.-Geol. P. BURWICK, Freiburg, für die Übertragung der Zusammenfassung ins Französische.

Bilderklärungen

Tafel 1

Bild 1: Typ 1 (subtidal) mit zahlreichen Hohlräumen, von grünen, mergeligen Dolomiten mit schwarzen Breccienkomponenten erfüllt. Liegendes des Pflockschachtlagers 1, Profil I; Grubenaufnahme.

Bild 2: Typ 1 (subtidal) überlagert von Typ 5 (schwarze Breccie); örtlich sind grüne, mergelige Dolomite (Typ 4) zwischengeschaltet. Die Grenze wird durch Styrolithen überprägt. Breccie des Dreierlagers, Profil I; Grubenaufnahme.

Bild 3: Typ 3 (inter- bis supratidal) mit zahlreichen, oft von grünen, mergeligen Dolomiten (Typ 4) erfüllten LF-Hohlräumen unterschiedlicher Größe; die Füllungen der hangenden, größeren Hohlräume enthalten zahlreiche Ostracoden. Unmittelbar Hangendes der Krieglzechfläche 1, Profil III; Dünnschliffaufnahme.

Bild 4: Typ 1 (subtidal) mit zahlreichen Bioklasten, einzelnen Foraminiferen sowie einer Megalodontenschale. Die ursprüngliche Schalensubstanz ist weggelöst, der so entstandene Hohlraum wurde dann in der Folge von grünen, mergeligen Dolomiten erfüllt, die eine Klappe einer Ostracodenschale enthalten. Ein Restlumen wurde ausspatitiert. Das umgebende Gestein muß zur Zeit der Schalenlösung schon relativ kompakt gewesen sein. Nach der Hohlraumfüllung wurde die Liegendgrenze durch eine Drucklösungssutur überprägt. Hangendes der Krieglzechfläche 2, Profil III; Dünnschliffaufnahme.

Tafel 2

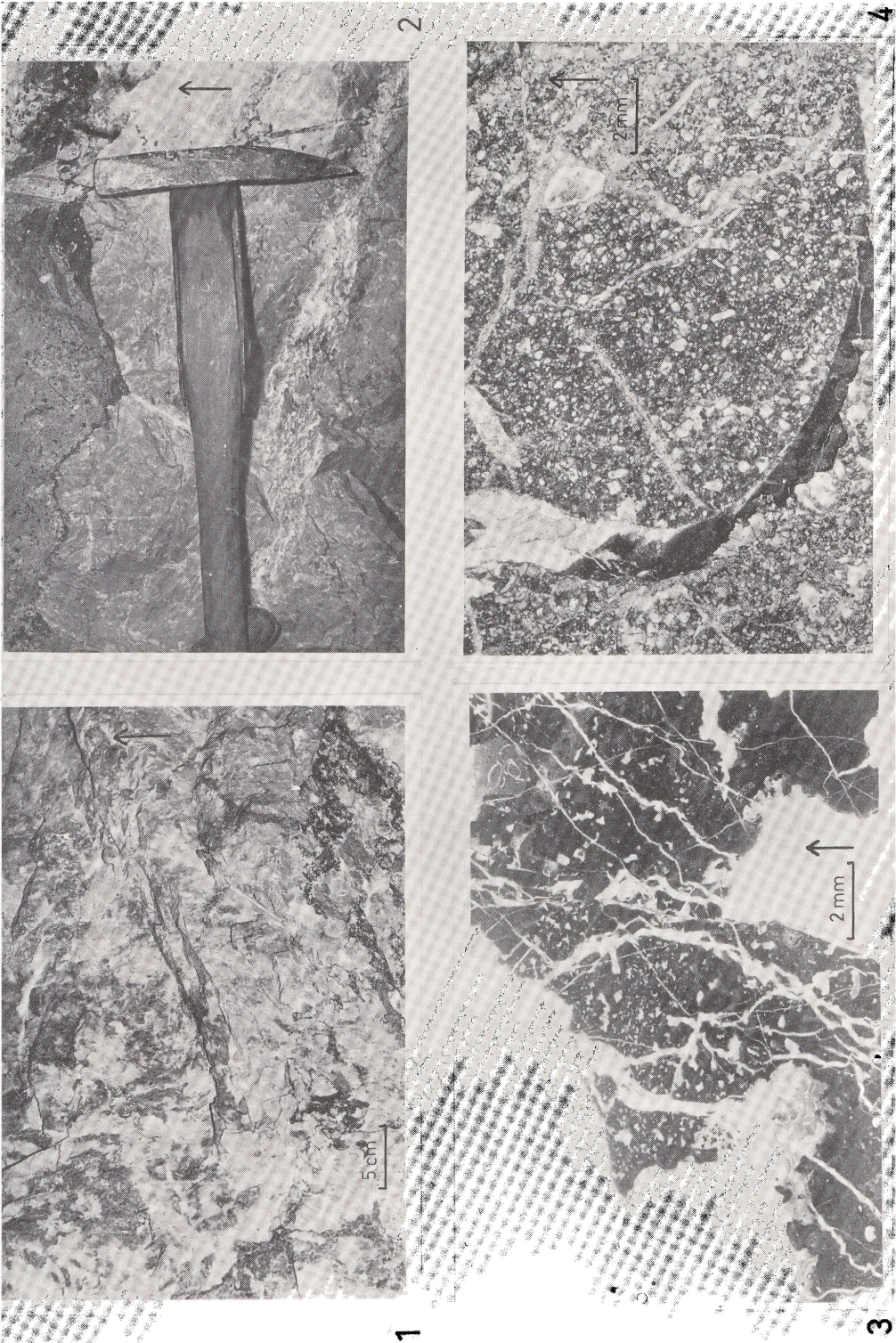
Bild 5: Typ 5 (schwarze Breccie); das umgebende Gestein ist deutlich als inter- bis supratidal erkenntlich (LF-Gefüge), die Komponenten heben sich im Durchlicht weit weniger deutlich von ihrer Umgebung ab, als im Auflicht (Komponenten z. B. rechts unten und rechts oben). An der Komponente rechts unten ist deutlich die von außen eindringende Verfärbung zu beobachten. Man erkennt auch, daß neben den verfärbten auch zahlreiche andere, unverfärbte Komponenten vorkommen. Pflockschachtlager 2, Profil I; Dünnschliffaufnahme.

Bild 6: Typ 2 (intertidal) mit LF-Gefügen wird von grünlichen, mergeligen Dolomiten (Typ 4) mit einzelnen Breccienkomponenten überlagert, dann folgt Typ 5 (schwarze Breccie). Krieglzechfläche, Profil I, Grubenaufnahme.

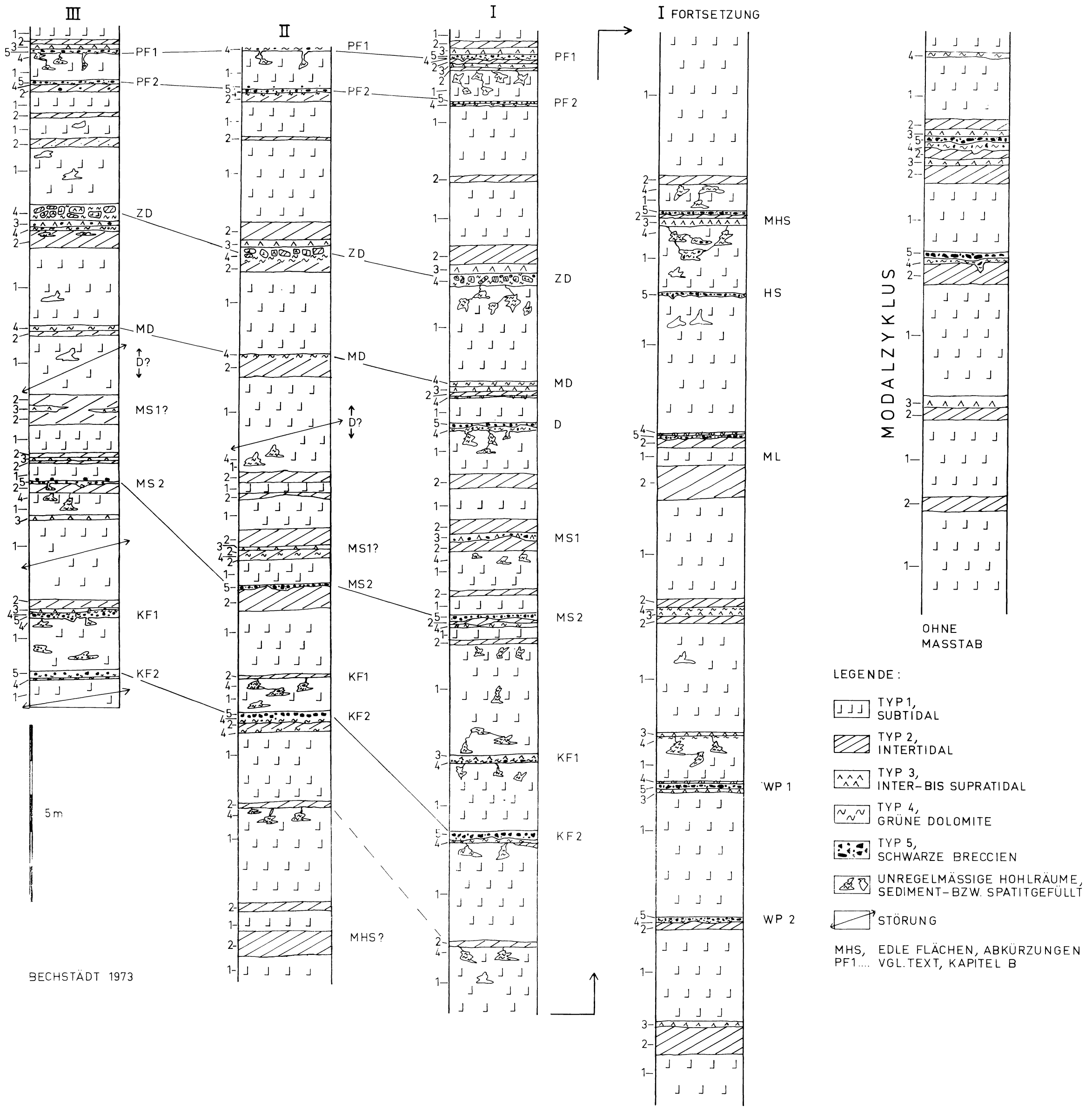
Bild 7: Typ 2 (intertidal); Stromatolithen (Typ LLH-S) werden von einer Fossilschüttung (mit Lamellibranchiaten und Gastropoden) überlagert. Profil II, ? milchige Hauptschlag, Dünnschliffaufnahme.

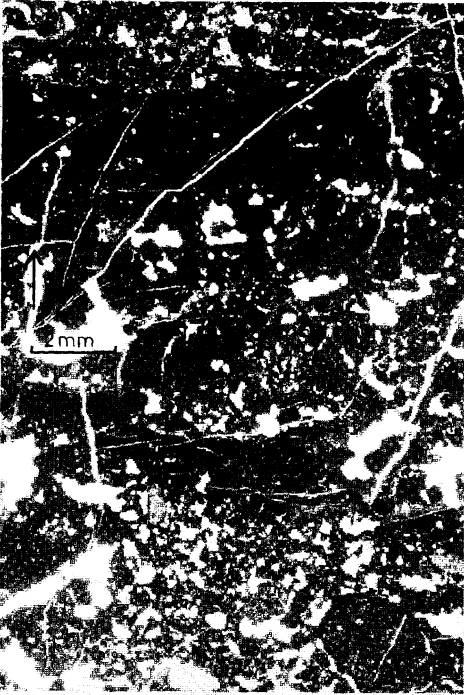
Bild 8: Typ 1 (subtidal) mit zahlreichen Bioklasten und Biogenen: Foraminiferen, einzelnen Lamellibranchiaten, Dasycladaceen (rechts unten *Poikiloporella duplicata*); besonders auffallend der auf einer Komponente aufgewachsene kleine Cyanophyceen-Stock (*Zonotrichites* BORNEMANN, vgl. OTT 1972). Hangendes des Pflockschachtlagers 1, Profil I, Dünnschliffaufnahme.

Tafel 1

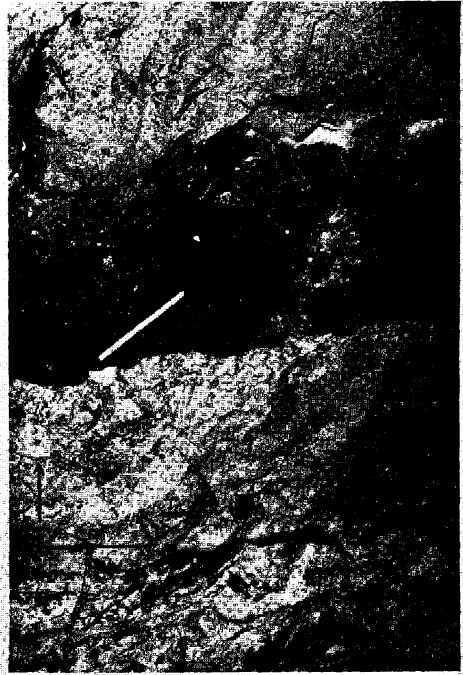


SCHEMATISIERTE PROFILE DES HANGENDEN WETTERSTEINKALKES VON BLEIBERG-KREUTH

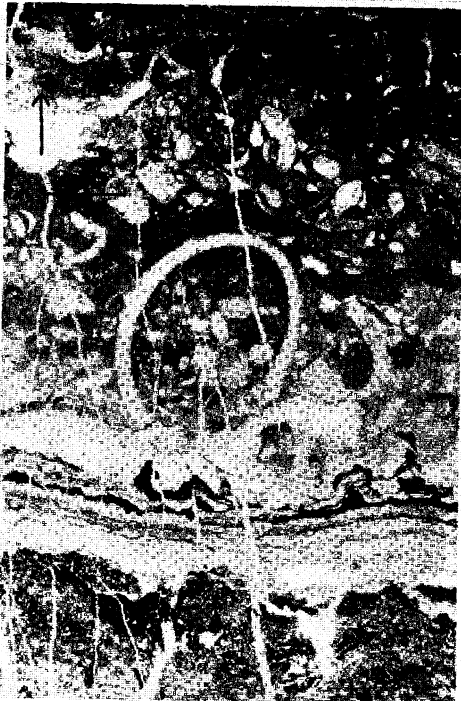




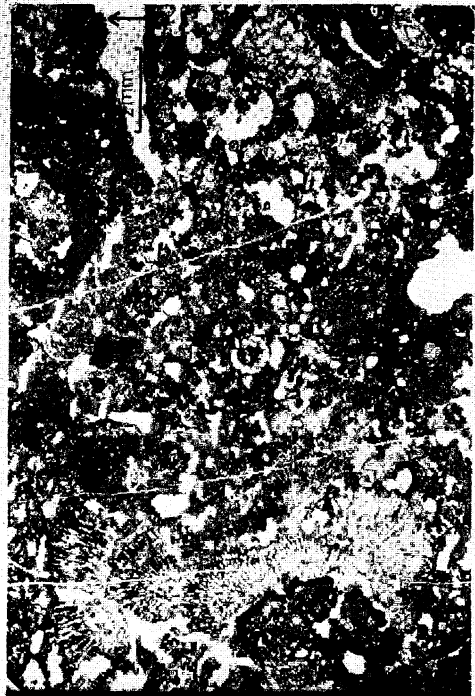
5



6



7



8