

# Lithologie

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **56 (1963)**

Heft 1

PDF erstellt am: **21.07.2024**

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

gie und Fossilinhalt überein, werden keine neuen Schichtnummern, sondern Buchstaben verwendet.

## II. Lithologie

### 1. KALKE

Das Neocom der Klippendecke besteht fast ausschliesslich aus Kalken. Die in den Detailprofilen stets wieder auftauchenden Gesteinstypen sollen vorerst charakterisiert werden. Bei der nachfolgenden Beschreibung der Kalke halten wir uns i.a. an die Klassifikation von F. J. PETTIJOHN (1957).

Für Schliffbeschreibungen werden Bezeichnungen verwendet, die nicht bereits für makroskopische Beschreibung reserviert sind, so dass also Adjektive wie dicht, körnig, spätig, etc. auf eine makroskopische, Wörter wie grumeleux, kristallinisch (Abk.: krist.), Onkoid, usw., automatisch auf eine mikroskopische Untersuchung hinweisen.

Für die Grundmasse der detritischen Kalke und für die autochthonen Kalke gelten die folgenden Korngrössenbezeichnungen:

mm	extrem grobkrist.
2,5	sehr grobkrist.
0,5	grobkrist.
0,1	feinkrist.
0,02	feinstkrist.

### A. Autochthone Kalke

#### a) Pelagische Kalke

Die Hauptmasse des Neocom der Klippendecke wird gebildet von hellgrauen, dichten, stellenweise fleckigen, gut gebankten, oft von dünnen, dunklen Stylolithen durchzogenen Kalken, die im Schliff eine einheitliche, opake, feinstkrist. Calcit-Grundmasse zeigen. Der Fossilinhalt beschränkt sich auf pelagische Organismen wie Tintinniden, *Globochaete alpina* LOMBARD, *Nannoconus*, Stomiosphaeren, Radiolarien sowie Belemniten, Aptychen und, in einzelnen Horizonten, Ammoniten. Als etwas spezielle Typen von pelagischen Kalken werden in unseren Profilen helle, cremefarbige, ganz dichte Kalke (H. WEISS, 1949: «Biancone-ähnliche Kalke») sowie eigentliche Fleckenkalke unterschieden. Die Flecken lassen sich bei mikroskopischer Untersuchung als Anhäufung von sehr feinem Pigment toniger Natur erkennen.

Wie L. V. ILLING (1954) zeigte, wird Calciumkarbonat in übersättigten Oberflächengewässern unter Mithilfe von Algen in Form von kleinsten Aragonitnadel-

chen chemisch abgeschieden (algal dust). Andererseits ist in warmem, seichtem Wasser offenbar auch eine rein chemische Ausfällung, ohne Beteiligung von Organismen möglich (s. z. B. P. CLOUD, 1962). Die Aragonitkristallite sinken langsam in die Tiefe und wandeln sich im Sediment zu Calcit um. Man könnte sich im Fall des Klippen-Neocom denken, dass die Aragonitnadeln im seichten Wasser über der Briançonnais-Plattform ausgefällt worden wären, von wo sie durch Strömungen in die tieferen angrenzenden Meeresräume verschwemmt worden wären, ähnlich wie dies am Rande der Bahama-Plattform der Fall ist.

Diese Erklärungsweise befriedigt insofern nicht ganz, als das Ablagerungsmilieu teilweise aragonitfeindlich war (Ammoniten sind meist nicht erhalten, wohl aber Aptychen und Belemniten). Dies könnte darauf hinweisen, dass die Sedimentation in einer Tiefe vor sich ging, welche vom «Aragonit-Regen» nicht mehr erreicht werden konnte, wird doch dieser, nach C. O. DUNBAR & J. RODGERS (1957), je nach Salinität, Alkalinität, Temperatur, usw., ein bis mehrere 1000 m über der Tiefe, in welcher Calcit seinerseits verschwindet, aufgelöst. Unterhalb 6000 m ist kein  $\text{CaCO}_3$  erhaltungsfähig (H. U. SVERDRUP et al., 1942). Es ist allerdings fraglich, ob man in diesem Fall die Verhältnisse in den gegenwärtigen Meeren ohne weiteres extrapolieren darf. So ist es denkbar, dass die submarinen Ophiolithergüsse während der Kreidezeit in der alpinen Geosynklinale den  $\text{CO}_2$ -Gehalt des Meerwassers erhöht hätten, wodurch die Aragonit- wie die Calcit-Schneegrenze schon in geringere Meerestiefen zu liegen gekommen wären. Andererseits aber war die Temperatur des Tiefenwassers zu diesen Zeiten, wo keine polaren Eiskalotten existierten, wahrscheinlich höher.

Im übrigen ist es schwer zu entscheiden, ob das Wasser über dem Sediment oder dasjenige im Sediment die Auflösung des Aragonits bewirkt habe. Im ersten Fall könnten nur Calcitpartikel oder calcitische Mikroorganismen (Globigerinen, *Nannoconus*) ins Bodensediment gelangt sein. Im zweiten Fall wäre die Aragonitlösung und Calcitfällung im Bodensediment erfolgt.

Es ist jedenfalls klar, dass innerhalb des pelagogenen Kalkschlamms sehr erhebliche Umkristallisationen und auch Stoffwanderungen – Ersetzung von  $\text{CaCO}_3$  und  $\text{SiO}_2$  im besonderen – stattgefunden haben. Als Beweise hierfür mögen die Calcitisierung der Radiolarien sowie der ursprünglich rein organischen Tintinniden-Lorica einerseits, die Zusammenballung der aus den Radiolarien frei werdenden Kieselsäure in Silexknauern und -bändern andererseits dienen. Das frische Sediment stellte offenbar ein kompliziertes elektrochemisches System dar, in welchem verschiedene Austauschreaktionen stattfanden. Die feine Grundmasse der pelagischen Kalke zeigt nach den elektronenmikroskopischen Aufnahmen von H. GRUNAU (1959) ein feinstkrist., «mikro-Marmor-artiges» Gefüge. Es scheint nicht ausgeschlossen, dass eine primäre, chemische Calcitfällung angenommen werden muss (vgl. ARN. HEIM, 1924), indem unter Bedingungen, wo Aragonit instabil ist, als primäres Karbonat Calcit ausgeschieden würde. Jedenfalls sind die calcitischen Mikroorganismen in den pelagischen Kalken sehr gut erhalten, im Gegensatz dazu fehlen aber die aus Aragonit aufgebauten Organismen (Ammoniten, Coccolithophoriden). Eine direkte Umwandlung von Aragonit in Calcit (wie in Seichtwasser) kann also ausgeschlossen werden. Aragonit muss in Lösung gegangen sein. Unter den gegenüber den Oberflächenwässern veränderten Bedingungen könnte sich das bei der Auflösung des

Aragonits frei werdende Karbonat primär als Calcit ausgeschieden haben. Allerdings ist über die Möglichkeit einer solchen Karbonatausscheidung in grosser Meerestiefe noch wenig bekannt.

Die gute Schichtung der Neocomkalke dürfte auf periodische Veränderungen des Sättigungsgrades zurückzuführen sein, was z.B. durch periodische Klimaschwankungen hervorgerufen werden könnte (vgl. die eingehenden Diskussionen von H. GRUNAU, 1959).

#### b) Kalk mit structure grumeleuse (L. CAYEUX, 1935)

Die Kalke mit structure grumeleuse zeigen verschwommene, wolkige Strukturen, wobei in unserem Material alle Übergänge von feinstkrist. Kalk mit polygonalen Aufhellungsstreifen über unscharf abgegrenzte Onkoide bis zu eigentlichen Onkoiden (= autochthon-onkolithischer Kalk, siehe unten) vorkommen (s. Taf. I, Fig. 2, 3). Die Fauna besteht zur Hauptsache aus den bei den pelagischen Kalken aufgeführten Organismen mit Ausnahme von *Nannoconus*; daneben treten *Saccocoma*, Textularien, Lenticulinen, Echinodermentrümmern und, in einzelnen Schliften, Schwammnadeln, Fragmente von «*Halobia*» sowie «Globigerinen» auf. Die Radiolarien können vereinzelt noch teilweise kieselig erhalten sein. Während CAYEUX die Entstehung dieser Kalke als Umkristallisierung feinkrist. Kalke deutet, zeigen Untersuchungen von L.V. ILLING (1954), dass diese Struktur auch durch Verhärtung und Calcitisierung von in weichem Zustand eingelagerten Aragonit-Agglutinaten von verschiedenster Form und Grösse (lumps, grapestones, etc.) herbeigeführt werden kann. Wir schliessen uns dieser zweiten Auffassung an, da nur so die im gleichen Horizont nebeneinander auftretenden kleineren, onkoidartigen Korpuskeln und die grösseren, wolkig verschwommenen Formen erklärt werden können. Eine Umkristallisierung ursprünglich homogener, feinkrist. Kalke, wie CAYEUX sie annimmt, müsste demgegenüber einen bestimmten Horizont in gleichem Masse betroffen haben. Für eine primäre Genese spricht auch das Auftreten von benthonischen Organismen, welche in den pelagischen Kalken, die ja wohl als Ausgangsmaterial im Falle einer Umkristallisierung in Frage kommen müssten, fehlen. Die Entstehung aus Aragonitagglutinaten schliesst aber eine zu grosse Wassertiefe mit Aragonitauflösung aus; die Kalke mit structure grumeleuse dürften sich daher in geringerer Tiefe gebildet haben als die pelagischen Kalke.

#### c) Autochthon-onkolithische Kalke

Eine letzte, vom calcaire grumeleux nicht streng abtrennbare Gruppe von autochthonen Kalken findet sich oft im Südabschnitt der Neocomvorkommen. Wir sehen hier bis 10 m mächtige Lagen von Kalken, die aus einem Gemisch von calcaire grumeleux und onkolithischem Kalk bestehen. Partien mit Anhäufungen von Onkoiden verschiedener Grösse, mit Schalentrümmern, einschichtigen Ooiden und seltenen mehrschichtigen Ooiden<sup>2)</sup> gehen allseitig in unscharf begrenzte Nester und Lagen von calcaire grumeleux über. Die Fauna besteht aus einem Gemisch von benthonischen und pelagischen Organismen; Tintinniden finden sich oft in Onkoide eingeschlossen, stets sind aber auch gleichaltrige Formen frei in der Grundmasse vorhanden, so dass eine Aufarbeitung der in den Onkoiden enthaltenen ausge-

<sup>2)</sup> «Ooid» heisst immer mehrschichtiges Ooid; einschichtiges Ooid = oolithe superficielle.

geschlossen werden kann. Die Radiolarien besitzen teilweise noch ihr kieseliges Skelett. Die Grundmasse ist meist feinst- bis feinkrist.- opak, im Zentrum der onkolithischen Nester manchmal auch gröber und klar. Mit der genauen Tintinniden-Stratigraphie kann nachgewiesen werden, dass diese Kalke das Sediment einer längeren Zeitspanne darstellen. Dies, wie auch die uneinheitliche, verschwommene Struktur, schliesst Ablagerungen aus Turbidity currents und Schlammströmen aus.

Sowohl in den autochthon-onkolithischen Kalken, als auch, allerdings zurücktretend, im calcaire grumeleux, treten neben den pelagischen auch benthonische Organismen auf (z. B. Milioliden, Textularien, Lenticulinen, Echinodermen). Untersuchungen im Golf von Mexico (T. F. GRIMSDALE & F. P. C. M. VAN MORKHOVEN, 1955) haben ergeben, dass benthonische Foraminiferen in einer Tiefe von mehr als 1000 m nur noch untergeordnet auftreten und tiefer als 2000 m praktisch fehlen. Wenn wir diese Resultate auf unser Gebiet extrapolieren wollen, könnten die autochthon-onkolithischen Kalke, je nach prozentualem Anteil der pelagischen Organismen, in einer Tiefe von 70–1000 m abgelagert worden sein. Sind Ooide vorhanden, muss sicher der weniger tiefe, noch bewegte Bereich in Betracht gezogen werden (s. S. 27). Für Kalke mit structure grumeleuse, mit ihrem untergeordneten Prozentsatz an benthonischen Organismen, dürfte etwa eine Bildungstiefe zwischen 500 und 2000 m in Frage kommen. Dies liegt oberhalb der Auflösungstiefe von Aragonit, welchen wir als Ursprungsmaterial des calcaire grumeleux angenommen haben. Die rein pelagischen Kalke, mit fehlendem Benthos, wären noch tiefer abgelagert worden, wofür ja auch die Aragonitauflösung spricht.

Wie bereits angedeutet, dürfen wir die aktualistisch erhaltenen bathymetrischen Kriterien nicht unbesehen auf die kretazischen Meere übertragen; immerhin weisen viele Erscheinungen darauf hin, dass sie wenigstens grössenordnungsmässig gültig sind.

### B. Detritische Kalke

Eingeschaltet in die uniformen Ablagerungen von feinstkrist. Kalk finden sich dünne, selten mehr als 1 m mächtige Lagen von detritischem Kalk. In der Anwitterung oft nur schwer erkennbar, zeigen sie im Bruch stets ein dunkleres, körniges bis feinspätiges Aussehen. Sie werden gebildet von rein karbonatischem Detritus ohne jegliche Beifügung von Quarz, Feldspat usw. in ebenfalls rein karbonatischer Grundmasse. Je nach Korngrösse der Komponenten werden Calcarenite (0,1–2,5 mm) und Calcirudite (über 2,5 mm) unterschieden. Bei Korngrössen unter 0,1 mm (Calclutite) wird das Erkennen von detritischem Material problematisch; das Auftreten von ausschliesslich zerbrochenen Tintinniden mag in unserm Fall ein Kriterium für solche feindetritische Ablagerungen sein. Werden weniger als 50% eines Kalkes durch Komponenten gebildet, wenn also eine lose Packung vorliegt, sprechen wir von «calcarenitischem» bzw. «calciruditischem» Kalk (analog zu «sandig»).

Die Grundmasse besteht aus klaren, grob- bis sehr grobkrist. Calcit oder aus opakem, fein- bis feinstkrist. Calcit ähnlich dem pelagischen Kalk. Letzteres steht im Widerspruch zur Auffassung von PETTJOHN, der als Kriterium für detritische Kalke u. a. eine klare Calcit-Porenfüllung erwähnt. In unserem Material kann jedoch häufig beobachtet werden, dass ein eindeutig detritischer Kalk (Kennzeichen:

faciesfremde Fauna, graded bedding, gerundete Kalkfragmente) eine opak-feinstkrist. Grundmasse aufweist.

Man könnte die Calcarenite mit klarem Sekundärzement mit den «Orthoquarziten», diejenigen mit feinkrist. Kalkgrundmasse mit den «Grauwacken» vergleichen.

#### a) Komponenten

Als Komponenten der detritischen Kalke treten Organismen und Organismentrümmer, Exkrement, chemisch abgeschiedene Korpuskeln sowie Fragmente von aufgearbeitetem Kalk auf.

#### Zoogene Komponenten

Die grösseren Organismen sind meist zerbrochen, wodurch sie sich in die Korngrösse der detritischen Kalke einfügen. Ihre Trümmer, wie auch die Foraminiferen, sind oft abgerundet und vielfach von einer dünnen Kalkkruste umgeben; sie bilden so den Kern eines einschichtigen Ooides (oolithe superficielle, s. S. 28).

Die Fauna setzt sich hauptsächlich zusammen aus Brachiopoden, Echinodermen und Bryozoen sowie den Foraminiferen (Reihenfolge nach der Häufigkeit): Textularien, Lenticulinen, Trocholinen («*Coscinoconus*»), Nautiloculinen, Pseudocyclamminen, Milioliden, Epistominen und Conicospirillinen; vereinzelt treten Algenknollen auf. Da diese Organismen in den pelagischen Kalken des Neocom nicht auftreten, muss eine lokale Aufarbeitung ausgeschlossen werden. Es kann kein Zweifel darüber bestehen, dass es sich um eine dem pelagischen Bereich vollständig fremde, in einem neritischen Bereich zu beheimatende Faunengesellschaft handelt (s. A. CAROZZI, 1949, 1952b).

Kalke mit einer rein benthonischen Fauna weisen nach T. F. GRIMSDALE & F. P. C. M. VAN MORKHOVEN (1955) auf Bildungstiefen von weniger als 50 m hin. Allerdings ist in den meisten Calcareniten unseres Untersuchungsgebiets noch ein kleiner Prozentsatz pelagischer Organismen vorhanden, wie dies für Tiefen von ca. 50–200 m signalisiert wird.

#### Onkoide

Wir greifen diesen von ARN. HEIM (1917) definierten und etwas in Vergessenheit geratenen Ausdruck wieder auf, weil er Bildungen zusammenfasst, deren genaue Entstehungsweise oft nicht mit Sicherheit angegeben werden kann. In den meisten von uns untersuchten detritischen Kalken sind weit mehr als die Hälfte der Komponenten als Onkoide zu bezeichnen. Es kann sich dabei erstens um aufgearbeitete, gerundete Kalktrümmer handeln, die infolge der Kleinheit ihre innere Struktur nicht mehr erkennen lassen.

Eine zweite Gruppe bilden die faecal pellets, runde oder ovale, dunkelbraune, strukturlose Körner, manchmal mit kleinen, helleren, undefinierbaren Einschlüssen. Die Untersuchungen von L. V. ILLING (1954) ergaben aber, dass viele Korpuskeln, die in ihrer Grösse, Form und Strukturlosigkeit den faecal pellets entsprechen, anorganisch entstandene, verhärtete Aragonitagglutinate (lumps, etc.) sind. In situ sedimentiert führen sie zur structure grumeleuse (s. S. 25), sind sie jedoch umgelagert, lassen sie sich von den faecal pellets kaum unterscheiden.

### Ooide und einschichtige Ooide

Neben den bereits erwähnten zoogenen Komponenten können auch Onkoide von einer dünnen Kalkkruste umgeben sein (= oolithe superficielle = einschichtiges Ooid). Dieses Phänomen zeigt sich in den gröberen Calcareniten beinahe durchgehend, in den feineren nur vereinzelt. Die Grenze zwischen Onkoid bzw. Schalentrümmer und Kalkkruste ist scharf, so dass es sich nicht um eine Entmischungserscheinung handeln dürfte, sondern um den Beginn der Bildung eines Ooids.

Nur selten, und nur in gröberen klastischen Horizonten, treten wahre Ooide auf. Sie sind stets einfach gebaut; um einen Kern aus einem kleinen Schalensplitterchen oder einem winzigen Kalkfragment legen sich selten mehr als 3–4 Schalen. Hin und wieder beobachtet man auch, dass zwei oder drei Onkoide von einer oder mehreren gemeinsamen Hüllen umgeben werden und so den Kern eines einschichtigen oder mehrschichtigen Ooids bilden. Die Bildung der Ooide und der analog entstandenen einschichtigen Ooide vollzieht sich nach A.J. EARDLEY (1938), L.V. ILLING (1954) und A. CAROZZI (1957b) in bewegtem, warmem Wasser; ein Beweis mehr, dass die Komponenten der Calcarenite, die im Neocom mit den pelagischen Kalken wechsellagern, aus einem neritischen Faciesbereich stammen.

### Aufgearbeitete Kalkkomponenten

Hier ist zu unterscheiden zwischen Fragmenten von feinstkrist. pelagischen Kalken vom allgemeinen Typus des Neocoms und allochthonen Kalktrümmern. Erstere zeigen stets unregelmässige, zackige Formen, oft sind sie schlierig oder fetzenartig (s. Taf. I, Fig. 4); sie führen dieselbe Fauna wie sie im Liegenden der detritischen Horizonte auftritt und dürfen daher als lokal aufgearbeitete Bestandteile des noch nicht vollständig verhärteten autochthonen pelagischen Sediments angesehen werden. Diese Komponenten erreichen oft eine recht beträchtliche Grösse, doch spielen sie bei der Bezeichnung der detritischen Kalke nach der Korngrösse keine Rolle, da sie ja meist kaum stark umgelagert sind und deshalb nicht zum eigentlichen Detritus zählen. Genetisch können sie mit den Tonscherben vieler Flysch- und Molasse-sandsteine verglichen werden.

Im Gegensatz dazu sind die allochthonen Kalktrümmer i.a. gut gerundet und, entsprechend der Fraktion des detritischen Kalkes, von einheitlicherer Grösse (s. Taf. II, Fig. 1). Je nach ihrer Struktur und ihrem Fossilinhalt kann ihre Provenienz erkannt werden, was für die Ermittlung des Ursprungsgebietes der Calcarenite eine ausschlaggebende Rolle spielen kann.

### b) Strukturen

Die Strukturen der klastischen Horizonte sind mannigfacher Art, doch können drei Haupttypen unterschieden werden:

1. Detritische Kalke mit graded bedding, 2. Solche ohne Vertikalsortierung und 3. Breccien mit ganz dichter Packung der Komponenten, also ohne Zement. Im folgenden seien einige Merkmale dieser Typen dargelegt; es muss jedoch bemerkt werden, dass, speziell zwischen den beiden ersten Arten, Übergänge auftreten.

Die Calcareniten und Calcirudite mit *graded bedding* haben stets eine scharfe Bankuntergrenze, allerdings mit Unregelmässigkeiten, da grobes Material in das bei der Ablagerung der detritischen Kalke noch nicht vollständig verhärtete Substrat eingedrungen sein kann. Gegen oben besteht ein allmählicher Übergang in die feinstkrist. Kalke des Hangenden, indem die Komponenten kleiner und seltener werden, die feinstkrist. Grundmasse dagegen die Überhand gewinnt. Dieses Verhältnis zeigt sich auch faunistisch, indem die benthonische Fauna plötzlich einsetzt, um gegen oben langsam an Bedeutung zu verlieren. Umgekehrt verhalten sich die pelagischen Organismen: an der Basis oft gänzlich fehlend, vergrössern sie gegen oben ihren Anteil, bis sie in den feinstkrist. Kalken wieder allein auftreten. Entsprechend der Korngrösse finden sich die grösseren zoogenen Trümmer – Brachiopoden, Bryozoen – nur in den gröbereren Lagen und auch hier nur nahe der Basis (analog zu Nummuliten etc. im Flysch). Häufig sind im untersten Teil dieser Horizonte unregelmässige Fetzen von aufgearbeitetem pelagischem Kalk eingelagert, welche z. T. noch kaum vom Liegenden losgerissen sind (s. Taf. I, Fig. 4). Der Gehalt an solchen Komponenten ist direkt abhängig von der Korngrösse der detritischen Kalke, indem in gröbereren mehr aufgearbeitetes Material vorhanden ist. Der grösste Durchmesser der pelagischen Komponenten liegt meist parallel der Schichtung, was auf die Setzung des Sediments zurückzuführen ist, sind doch diese weich eingesedimentierten Komponenten darauf viel anfälliger, als die bereits verhärteten, faciesfremden Kalkfragmente, welche letztere denn auch diese Resultate einer Kompaktion nicht zeigen.

In einigen Fällen lässt sich beobachten, dass die Komponenten dachziegelartig aneinander gereiht sind (s. Taf. II, Fig. 1). Dies darf als Indiz für die Einströmungsrichtung des Detritus angesehen werden. Andere Merkmale, welche die Angabe der Strömungsrichtungen erlauben würden, z. B. Kreuzschichtung oder Fließmarken, fehlen.

Die detritischen Kalkbänke ohne *graded bedding* sind unten und oben scharf begrenzt. Das Gefüge ist chaotisch und Einordnungen nach der Strömungsrichtung treten nicht auf. Der Anteil an benthonischen Mikroorganismen bleibt sich über die ganze Schichtmächtigkeit gleich, und auch die grösseren Fossilien können auf die ganze Höhe verstreut sein. Auch die Grundmasse zeigt eine durchgehend gleichartige Ausbildung, sie ist in gröbereren Calcareniten und in Calciruditen meist klar, grobkrist., in feineren Calcareniten eher feinkrist. Es ist auffallend, dass diese unsortierten Niveaux meist gar keine aufgearbeiteten pelagischen Kalke enthalten; ihre Basis ist scharf und Eindringungen von detritischem Material in das Liegende fehlen.

Zwischen diesen beiden Typen von detritischen Kalken bestehen Übergänge in Form von Calcareniten mit undeutlichem oder unvollständigem *graded bedding*; diese weisen Eigenschaften von beiden Haupttypen auf.

Die klastischen Horizonte mit ganz dichter Packung der Komponenten sind in unserem Material selten. Sie bestehen aus sich allseitig berührenden und deformierenden pelagischen Kalkfragmenten ohne verbindenden Zement (s. Taf. II, Fig. 2). Neritische Einflüsse fehlen vollkommen. In diesen Horizonten ist meist ein unvollständiges *graded bedding* vorhanden, bei dem die feinste Fraktion im Dach nicht ausgebildet ist, so dass auch die Obergrenze scharf erscheint.



## c) Genese

Über die Entstehung der detritischen Horizonte an der Malm-Kreide-Grenze der Klippendecke bemerkt H. WEISS (1949, p. 115), dass es sich um einen «ausgesprochenen Trümmerhorizont, eingeschwemmt aus einer neritischen Zone» zu handeln scheint. R. UMIKER (1952) sieht in diesen Kalken neritische, riffähnliche Ablagerungen, die auf eine Verflachung des Meeres zurückzuführen wären.

Eingehendere Untersuchungen erfuhren sog. Pseudobreccien im Tithon der französischen Westalpen, Bildungen von oft ganz ähnlichem Habitus wie in unserem Fall. M. GOGUEL (1944) deutet sie als intraformationelle Breccien frei von transportierten Komponenten, entstanden anlässlich Erdbeben. Nach M. GIGNOUX & L. MORET (1952) handelt es sich meist um Konkretionen, ausgeschieden aus zirkulierenden Wässern im bereits abgelagerten Gestein, in selteneren Fällen um in seichtem und bewegtem Wasser lokal aufgearbeitetes Material. Gestützt auf die Erkenntnisse von Ph. H. KUENEN (1950, 1952, 1953) deutet A. CAROZZI (1952a, b, c, 1955, 1957a) solche Kalke im Tithon der Morcles-Decke als Ablagerungen von Turbidity currents. Als Beweis dienen die der Hauptmasse fremde Mikrofauna sowie das in gewissen Horizonten auftretende graded bedding.

J. REMANE (1960) befasst sich kritisch mit den bisherigen Auffassungen über die Entstehungsweise dieser Gesteine, wobei er feststellt, dass die von CAROZZI beschriebenen Horizonte analog den Pseudobreccien der «facies dauphinois» sind. Die Theorie der konkretionären Genese kann verneint werden, da die Mikrofauna in den «Konkretionen» von derjenigen der Hauptmasse stark abweicht. Mit Sicherheit als Ablagerungen untermeerischer Schlammströme oder Turbidite können nach REMANE nur zwei Extremfälle der Struktur angesehen werden: Breccien mit einem überwiegenden Anteil an Bindemittel, d. h. mit weit verstreuten Komponenten, sowie Breccien mit ganz dichter Packung, ohne Zement. In den übrigen Fällen ist für REMANE der Beweis für Turbidite erbracht, wenn allochthone Komponenten vorhanden sind, die, wegen ihrer Grösse oder weil sie noch unverfestigt waren, nicht von gewöhnlichen Meeresströmungen verfrachtet worden sein können. Die pseudooolithischen Kalke werden von REMANE eher als autochthone Ablagerungen, gebildet in weniger tiefem und bewegtem Wasser, angesehen.

In den meisten von uns untersuchten detritischen Kalken finden sich Komponenten, die in einem neritischen Bereich zu beheimaten sind und keinesfalls als aus dem pelagischen Kalk der jeweiligen Unterlage aufgearbeitetes Material angesprochen werden können, treten sie doch dort gar nicht auf. Es ist nicht anzunehmen, dass normale Meeresströmungen dieses Material verfrachtet haben, da solche Strömungen längere Zeit anzudauern pflegen und nicht, wie es hier der Fall sein müsste, plötzlich einsetzen und grosse Mengen von Material ablagern, um hierauf wieder ganz zu verschwinden. Die konstanten Strömungen dürften lediglich die in den pelagischen Kalken hin und wieder auftretenden Onkoide und benthonischen Fossilbruchstücke transportiert haben. Die weitaus plausibelste Möglichkeit für den Transport der grossen Mengen von Detritus sind Turbidity currents und Schlammströme.

Die Horizonte mit deutlichem graded bedding sind Ablagerungen von eigentlichen Turbidity currents, wobei der hohe Anteil an direkt aufgearbeiteten pel-

gischen Kalkfetzen auf deren relativ grosse Erosionskraft hinweist, welche direkt abhängig von der Korngrösse ist, sind doch in gröberen Calcareniten mehr aufgearbeitete Komponenten enthalten.

Die detritischen Horizonte ohne graded bedding sind das Resultat von Schlammströmen hoher Dichte («Fluxoturbidite»), bei deren schlagartiger Ausfällung keine Vertikalsortierung erfolgen konnte. Durch das Fehlen von innerer Turbulenz blieb ihre erosive Wirkung gering, es finden sich in diesen Lagen denn auch nur selten aufgearbeitete Kalkfragmente.

Naturgemäss bestehen zwischen den Produkten von Turbidity currents und Schlammströmen Übergänge; entsprechend der mehr oder weniger grossen inneren Turbulenz führt dies zu Ablagerungen mit undeutlichem graded bedding, wenig aufgearbeiteten Komponenten und unvollständiger Faunenmischung.

Die onkolithischen Kalke, von REMANE als autochthone Bildungen aufgefasst, können z.T. ebenfalls als Ablagerungen von Turbiditäts- und Schlammströmen angesehen werden; dies wenn sie im Beckennern, d.h. im nördlichen Abschnitt der Neocomvorkommen, als dünne, sich scharf abhebende Lagen auftreten und keine undeutlich begrenzte Nester von calcaire grumeleux enthalten, sondern eine klare Trennung der Grundmasse und der gut gerundeten Onkoide einheitlicher Grösse zeigen. In diesen Fällen handelt es sich um die feinste Fraktion, die an der Stirnpartie der Trübestömungen zur Ablagerung kam. Die übrigen onkolithischen Kalke – in unserem Material die Mehrheit – sind autochthon bis parautochthon (s. S. 25).

In den bei uns auftretenden klastischen Horizonten mit ganz dichter Packung zeigt das angedeutete graded bedding, dass die ganze Masse des noch nicht vollständig verhärteten Sediments auf einen Schlag aufgearbeitet worden ist, wie dies für eine intraformationelle Breccie (Thixotropiebreccie, s. E. GENGE, 1958) charakteristisch ist.

## 2. SILEXBILDUNGEN

Den Silexbildungen kommt im Neocom der Klippendecke eine gewisse Bedeutung zu. Sie sind häufig in den feinstkrist., nicht fleckigen Kalken, also im Nordabschnitt im Ober-Tithon und Berriasian, in der Zone 4 im Berriasian und in der Zone 5 kurzfristig zwischen den autochthon-onkolithischen Kalken und den Fleckenkalken. Stark zurücktretend, und meist auch nur in den basalen Lagen, findet sich Silex im Fleckenkalk, sehr selten in den restlichen Gesteinen.

In den oben aufgeführten Horizonten mit viel Silexbildungen treten diese in Form von dunklen, scharf vom umgebenden Gestein abgegrenzten, ungeschichteten Knauern und Bändern deutlich in Erscheinung. Die stets schichtparallelen Bänder erreichen bis zu 20 cm Mächtigkeit; sie liegen sowohl innerhalb als auch zwischen den Bänken. Nicht selten finden wir sie im unmittelbar Liegenden oder Hangenden von detritischen Lagen. Wir konnten durchziehende Bänder über mehr als 30 m verfolgen, vielfach sind sie jedoch auch unterbrochen, um dann nach einer mehr oder weniger grossen Lücke in unveränderter Mächtigkeit ihre Fortsetzung zu finden.

In den Fleckenkalken fehlen die Silexlagen, es treten höchstens die auch in den hellen Kalken vorkommenden Knauer auf. Die seltenen Silexbildungen in Kalken

mit structure grumeleuse und mit autochthonen Onkoiden zeigen uneinheitliche, knorrig-bizarre Formen. Sie heben sich ebenfalls deutlich vom umgebenden Kalk ab, doch dringt dieser in Taschen und Spalten der Konkretionen hinein. In einzelnen detritischen Horizonten mit graded bedding liess sich wurr verteilt, nur undeutlich vom Kalk unterscheidbarer Silex erkennen, während in groben detritischen Kalken ohne Vertikalsortierung ganz selten kleine Konkretionen ähnlich denjenigen im Calcaire grumeleux auftreten.

Dünnschliffe zeigen, dass die Silexbildungen aus mikrokristallinem Quarz gebildet sind und wurr von feinsten Calcitadern durchzogen werden. Fasriges  $\text{SiO}_2$  konnten wir nicht feststellen. An den Randpartien und längs den Adern beobachtet man Einschlüsse von bis 0,1 mm grossen, idiomorphen Calcitkristallen.

Mit dem Problem der Genese der Silices haben sich schon zahlreiche Autoren befasst, doch sind sowohl Herkunft der Kieselsäure, als auch der Zeitpunkt der Entstehung auch heute noch umstrittene Probleme. Es ist im übrigen klar, dass es unmöglich ist, eine einzige Erklärung für die Genese aller Silexbildungen zu geben.

Als Lieferant der Kieselsäure können in den pelagischen Kalken die durch Calcit ersetzten Radiolarien in Frage kommen, bei deren Umkristallisierung eine gewisse Menge Kieselsäure frei wurde. Dies dürfte möglicherweise jedoch nicht die alleinige Art der Entstehung sein, finden sich doch Radiolarien im ganzen Neocom, während die Silexbildungen im Ober-Tithon und Berriasian angereichert sind, wo diese Stufen in Form von pelagischem Kalk vorliegen. Für diese Massen muss vielleicht ein Teil der Kieselsäure auf andere Art geliefert worden sein. Besteht hier allenfalls ein Zusammenhang mit den von vielen Autoren – z. B. H. GRUNAU (1959) – als Malm bis Unterkreide datierten Ophiolithen im Hochpenninikum und Unterostalpin, indem die bei deren Extrusion ins Meerwasser abgewanderte Kieselsäure durch Strömungen in andere Regionen verfrachtet worden wäre? Andererseits bestünde auch die Möglichkeit, dass das Milieu in den tonigeren Fleckenkalken für die Bildung von Silexkonkretionen weniger geeignet war (geringere Porosität?), doch stellt sich dann die Frage, was mit dem bei der Calcitisierung der Radiolarien frei gewordenen  $\text{SiO}_2$  geschah.

Für die Angabe des Zeitpunktes der Entstehung scheint uns die Beobachtung der wirren Silexbildungen in den Calcareniten mit graded bedding von grosser Bedeutung. Diese detritischen Horizonte enthalten ja u. a. in noch unverhärtetem Zustand aufgearbeitete Komponenten des Liegenden. Da die Silices ähnliche Formen wie diese pelagischen Kalkfragmente zeigen, darf angenommen werden, dass auch sie in noch weichem Zustand aufgewirbelt wurden. Die primäre Anhäufung von Kieselsäure muss also synsedimentär in Form einer Gallerte erfolgt sein (vgl. z. B. auch J. DEBELMAS, 1959), diese kann (nach BARTH et al., 1939)... «ihren Ort verändern, in Mulden abfliessen, Schalen ausfüllen und ähnliches mehr».

Auch die bizarren Formen der Silices in den autochthon-onkolithischen Kalken können so ihre Erklärung finden: die in seichterem, bewegtem Wasser abgeschiedene Gallerte wurde während der Kristallisierung und Verhärtung noch etwas umgelagert und teilweise zerrissen.