

SEPARAT-ABDRUCK

AUS DEM

NEUEN JAHRBUCH

FÜR MINERALOGIE, GEOLOGIE UND PALÄONTOLOGIE.

Beilage-Band LIX. Abt. B.

(S. 357—430.)

Beiträge zur Lithogenese kalkalpiner Sedimente.

- I. Teil: Beobachtungen an Riffgesteinen der nordalpinen Trias.
- II. Teil: Gesteinsausbildung und Fossilien in der bayrisch-nordtiroler Fazies der norischen Trias.

Von

Kurt Leuchs, Frankfurt a. M.

Mit Taf. XXV—XXXVI.

Photographische Aufnahmen von A. Schwarz, Frankfurt a. M.



STUTTGART 1928

E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung
(Erwin Nägele) G. m. b. H.

Beiträge zur Lithogenese kalkalpiner Sedimente.

I. Teil: Beobachtungen an Riffgesteinen der nordalpinen Trias.

Von

Kurt Leuchs, Frankfurt a. M.

Mit Taf. XXV—XXXV.

Photographische Aufnahmen von A. Schwarz, Frankfurt a. M.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Vorwort	357
1. Aufbau und Entstehung der Großoolithe	359
2. Rote Korallen im Dachsteinkalk	388
3. Hohlraumsedimentation in Riffkalken	391
4. Dolomiteinlagerungen und endogene Breccienbildung im Wettersteinkalk.	401
5. Wechselschichtung im Ramsaudolomit	406

Vorwort.

Es ist eine bekannte und von mir in den letzten Jahren wiederholt betonte Tatsache, daß die Kenntnis der kalkalpiner Sedimentgesteine noch in den Anfängen steht. Wir besitzen zwar eine Menge von Beschreibungen der verschiedenen Formationen und Stufen — jede Einzeluntersuchung kalkalpiner Gebiete enthält solche —, aber bei den meisten dieser Beschreibungen beschränkt sich die Darstellung auf die Aufzählung der makroskopisch sichtbaren Eigenschaften der Gesteine. Selten werden An- und Dünnschliffe angefertigt, noch seltener werden chemische Analysen ausgeführt, so daß die Kenntnis der Gesteine im ganzen noch sehr wenig fortgeschritten ist.

Da es sich bisher bei den meisten dieser Untersuchungen im wesentlichen darum gehandelt hat, das Alter der Schichten und damit dann die Art ihrer Lagerung zu ermitteln, lag naturgemäß das Hauptgewicht in der paläontologischen Methode,

in dem Nachweis von Leitfossilien und daneben in der Aufsammlung und Bestimmung der übrigen Organismenreste.

Dadurch ist es gelungen, eine im großen ungefähr zutreffende Übersicht über die Entstehungsweise der Sedimente zu gewinnen und es lassen sich daraus schon vielfache Anhaltspunkte für den häufigen, örtlich und zeitlich auftretenden Wechsel der Sedimentationsbedingungen entnehmen.

Indessen genügen diese Untersuchungen noch lange nicht für die Aufklärung der kalkalpinen Tektonik. Bei dem oft so überaus verwickelten Bau des Gebietes besteht hier allzu leicht die Gefahr, unvermitteltes oder doch scheinbar unvermitteltes Neben- und Übereinander verschiedener, nach der bisherigen Betrachtungsweise unabhängig voneinander in getrennten Bildungsräumen entstandener Sedimentgesteine auf tektonische Bewegungen zurückzuführen. Damit wird dann ein System von Rückschlüssen in die Untersuchungsmethode eingeführt, das zu schweren Irrtümern führen kann und vielfach auch schon geführt hat.

Deren Ursache liegt größtenteils in der Vernachlässigung der Gesteinsuntersuchung. Erst wenn diese mit allen heute zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln ausgeführt ist, läßt sich ein einigermaßen sicheres Bild von Stärke und Ausmaß der tektonischen Bewegungen gewinnen. Daß dabei auch die aus den Fossilien und aus der Art ihrer Einbettung und Erhaltung sich ergebenden Schlüsse weitgehend herangezogen werden müssen, brauche ich, weil selbstverständlich, nicht besonders betonen. Nur durch die gleichmäßige Berücksichtigung aller für die Entstehung eines Sedimentes in Betracht kommenden Faktoren kann Einblick in seine Bildungsvorgänge erhalten werden.

Da wir es aber nicht mit den ursprünglichen Sedimenten, sondern mit den aus ihnen entstandenen Gesteinen zu tun haben, müssen auch die diagenetischen Vorgänge klargestellt werden, deren Bedeutung allein schon aus dem Vorkommen mächtiger Kalksteine und Dolomite hervorgeht, sowie aus dem mehr oder weniger vollständigen Fehlen organischer Reste in manchen Gesteinen, wie dem norischen Hauptdolomit.

Denn gerade die verschiedene Wirkung der Diagenese trägt in manchen Fällen dazu bei, an Stelle der ursprünglich einheitlichen Sedimente verschiedene Gesteine entstehen zu lassen, wofür die Riffgesteine der Trias gute Beispiele liefern.

Nur die wichtigsten Punkte wurden angeführt. Im einzelnen ergibt sich bei solchen lithogenetischen Untersuchungen eine große Menge von Beobachtungen und Erkenntnissen, die in ihrer Gesamtheit erst eine bessere und gründlichere Kenntnis der Gesteine verschaffen.

Seit längerer Zeit habe ich entsprechendes Material gesammelt, zuletzt noch 1926 mit Hilfe der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft, die mir in dankenswerter Weise dafür sowie für die Bearbeitung und Veröffentlichung des Materials einen Zuschuß bewilligte.

Ein Teil dieser so ermöglichten Untersuchungen ist bereits veröffentlicht¹, hier sollen weitere Ergebnisse folgen, die zunächst anscheinend ohne inneren Zusammenhang sind.

Da sie aber im ganzen eine Reihe von bisher nur ungenügend untersuchten und deshalb in ihrer Bedeutung besonders für die Bildung der Riffgesteine mehr oder weniger übersehenen Eigenschaften dieser Gesteinskörper darlegen, dürften sie zusammen mit den schon bekannten Tatsachen dazu beitragen, die Entstehungsbedingungen der Riff-Fazies und die in ihr sich vollziehenden diagenetischen Vorgänge näher zu erläutern.

Die photographischen Aufnahmen der Abbildungen wurden von Herrn A. Schwarz, Frankfurt a. M. angefertigt, wofür ich ihm auch an dieser Stelle danke.

1. Aufbau und Entstehung der Großoolithe.

a) Einleitung.

Vor kurzem habe ich² auf die weite Verbreitung der sog. Großoolithstrukturen in nord- und südalpinen Kalksteinen und Dolomiten hingewiesen und sie für sekundäre Ausfüllung von Hohlräumen in Riffgesteinen erklärt. Zu dieser Annahme gelangte ich durch den jetzt wohl allgemein anerkannten Riffcharakter der betreffenden Triassedimente und durch die aus dem Vergleich mit rezenten Riffen sich ergebende Übereinstimmung bezüglich der tierischen und pflanzlichen Organismen sowie der Struktur dieser Gesteine.

¹ LEUCHS und UDLUFT, Entstehung und Bedeutung roter Kalke der Berchtesgadener Alpen. Senckenbergiana. 8. 1926.

² Lithogenetische Untersuchungen in den Kalkalpen. C. Min. etc. Abt. B. 1925. Neue Probleme der Alpengeologie. Senckenbergiana. 7. 1925.

Nähere Untersuchungen über die Großoolithe wurden damals nicht ausgeführt. Zu solchen war es nötig, zuerst noch weitere Belegstücke zu sammeln, was im Herbst 1926 erfolgte. Auch aus der bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie in München erhielt ich, dank der Liebenswürdigkeit der Herren Prof. BROILI und DACQUÉ, einige an Ort und Stelle ausgesuchte Stücke zur Bearbeitung, die mein eigenes Material in erwünschter Weise vervollständigen.

Wenn ich den Ausdruck „vervollständigen“ hier gebrauche, so muß dazu doch gleich bemerkt werden, daß er im strengen Sinne nicht richtig ist. Denn es dürfte kaum gelingen, eine Sammlung aller hier einschlägigen Formen zusammenzubringen. Dazu ist die Gestaltung der Großoolithe viel zu mannigfaltig und abwechslungsreich und ich muß mich damit begnügen, einige wenige Formen hier zu beschreiben. Zugleich ergibt sich aber aus der Vielgestalt der Großoolithe schon ein weiterer Hinweis auf ihre anorganische Entstehung. Gleiches geht aus ihrer ganz verschiedenen Größe hervor, die zwischen Durchmessern von 15 cm oder mehr und mikroskopischer Kleinheit schwankt, während die Formen kugelig, langgestreckt oder eckig sind.

Indessen genügt die Untersuchung verhältnismäßig weniger typischer Stücke, da sich zeigen wird, daß Umfang und äußere Form der Großoolithe für die Erklärung ihrer Entstehung nebensächlich sind.

b) Geschichtlicher Überblick.

Seit ESCHER VON DER LINTH 1846 zuerst diese Gebilde beschrieben hat, sind sie von einer Reihe von Forschern immer wieder erwähnt und mehr oder weniger eingehend beschrieben worden.

ESCHER selbst hielt zunächst die Großoolithe (des südalpinen Esinokalkes) für möglicherweise organischen Ursprunges, 1853 aber nahm er für die „Riesenoolithe“, die er jetzt als sphäroidische Konkretionen bezeichnete, anorganische Entstehung an.

Dagegen hielt STOPPANI (1858—1860) die Großoolithe für Schwämme und teilte sie in mehrere Gattungen ein: *Amorphospongia*, *Stromatopora* und *Evinospongia*, letztere mit den beiden Arten *E. cerea* und *E. vesiculosa*.

Die Abbildungen STOPPANI's lassen die typische Ausbildung der Großoolithe recht gut erkennen. Vor allem tritt ihre wechselnde Größe und Form, ihre bald rundlich-kugelige, bald unregelmäßig

langgestreckte Gestalt, die Umwachsung von Fremdkörpern aus Kalksteintrümmern oder Fossilien, wie Kalkalgen, Crinoideenstielen, Muschelschalen, deutlich hervor.

SCHAFHÄUTL hatte schon 1854 Großoolithe als *Radiolites* beschrieben, gab aber diese Anschauung wieder auf und stellte 1863 die Großoolithe (hauptsächlich im Wettersteinkalk gesammelt) zu den Korallen, und zwar zu dem Genus *Chaetetes*. Er unterschied mehrere Arten und Varietäten, verfiel also in den gleichen Fehler wie STOPPANI, der sich ebenfalls durch die Formverschiedenheiten hatte täuschen lassen. Die Abbildungen SCHAFHÄUTL's beweisen, daß es sich um typische Großoolithe handelt.

Eine spezielle Widerlegung SCHAFHÄUTL's scheint nicht erfolgt zu sein. Jedoch erhielt die Annahme organischer Entstehung einen schweren Stoß durch BENECKE 1876, der nachweisen konnte, daß es sich bei STOPPANI's Formen einerseits nicht um *Stromatoporen* handelt und daß andererseits *Amorphospongia* keine wesentlichen Unterschiede gegenüber *Evinospongia* besitzt. Somit bliebe nur diese Gattung bestehen. BENECKE verweist bezüglich ihrer Struktur treffend auf die Formen des Glaskopfes als Analogon und gelangt zu dem Ergebnis, daß der Kalk bei den Evinospongien nicht durch Organismen abgeschieden wurde. Auf die von ihm als möglich angenommene Kalklösung durch Kohlensäure, die bei Verwesung organischer Reste frei wird, und spätere Abscheidung dieses gelösten Kalkes werde ich später noch zu sprechen kommen.

Auch LEPSIUS 1878 erklärte die Großoolithstruktur des Esinokalkes für anorganische Bildung.

Im gleichen Jahre veröffentlichte LORETZ Untersuchungen über „Oolith-Struktur im weiteren Sinn“ im Schlerndolomit der östlichen Dolomiten, wobei er die zonenförmige Anordnung der kristallinen Lagen parallel dem Umriß organischer Körper ebenso wie die oolithische Struktur überhaupt als nahe verwandt mit den Evinospongien bezeichnete. Aus seinen Ausführungen ergibt sich, daß er anorganische Entstehung dafür annahm.

1888 beschrieb ROTHPLETZ aus dem Wettersteinkalk des Karwendelgebirges die Struktur als kristalline Bänder mit Querstellung der Kalkfasern, bald von großoolithischem, bald von sinterartigem Aussehen.

Vom Wendelsteingebiet erwähnte FRAAS 1890 die an Kalksinter erinnernde Struktur und gab an, daß sich zwischen den Oolithen,

gleichsam ihren Kern bildend, häufig Spongien und korallen-ähnliche Gebilde erhalten haben.

Von neuem gewann die Annahme organischer Entstehung Boden durch die Untersuchungen von ROTHPLETZ 1892 an den unregelmäßig-knolligen Algenkalken des Großen Salzsees, wobei er auf die Möglichkeit hinwies, daß auch in älteren Formationen analoge Gebilde, insbesondere die sogenannte Großoolith-Struktur des Wettersteinkalkes, vorhanden seien. 1894 lehnt ROTHPLETZ die Deutung als Schwämme ausdrücklich ab und möchte wenigstens einen Teil der Großoolithe als fossile Kalkalgen ansehen. Auch aus dem Schlerndolomit erwähnt er diese Strukturen.

Im Hinblick auf die Ansicht von ROTHPLETZ bezeichnete SALOMON 1895 die Evinospongien des Marmolatakalkes als „*Plantae incertae sedis*“ und betonte die damalige Unmöglichkeit einer sicheren Entscheidung, gab aber für viele dieser Gebilde anorganische Bildung zu. Nur für einen Teil wollte er organische Entstehung im Sinne von ROTHPLETZ als wahrscheinlich annehmen und verwies im übrigen auf die von ROTHPLETZ beabsichtigte genaue Untersuchung.

Ebenfalls 1895 gab REIS seine Ansicht über die Großoolithe kund. Er bezeichnete sie als anorganische Oolithgebilde, als Produkte der Diagenese, eine diagenetische Sinterbildung, die im Wettersteinkalk hauptsächlich zwischen Brocken mit Gyroporellen beobachtet werden kann, wo sie achatartig die ursprünglichen winkligen Hohlräume auskleidet. Ihre Schalen runden sich mehr und mehr nach innen ab und schließen häufig in einer Kalkspatdruse ab.

1899 schrieb TORNQUIST über die Evinospongien, daß unter diese Bezeichnung bekanntlich eine Reihe sehr verschiedener Dinge falle. Über die Natur der eigentlichen E., d. h. der kugeligen Formen, sei man noch vollständig im Dunklen, jedenfalls sei ihre organische Entstehung nicht von der Hand zu weisen. Dagegen werden die gewundenen, aus quer zur Längserstreckung orientierten Kalkspat-Individuen bestehenden Körper von den eigentlichen Evinospongien abgetrennt und als anorganische Bildungen bezeichnet. Sie werden als Spalten- und Hohlraum-Ausfüllungen beschrieben, mit Kalkausscheidung in mehreren Abschnitten, die durch dunkle Linien parallel den Wänden des ursprünglichen Hohlraumes gekennzeichnet sind.

1902 unterschied REIS zwei zeitlich sehr verschiedene Bildungen, nämlich die sinterartige Umhüllung von Fossilien, -anhäufungen oder Gesteinsbrocken und eine spätere mandelsteinartige, grobfaserige Kalksinterauffüllung durch zirkulierendes, auflösendes und wieder absetzendes Wasser; für diese Auskleidung sei großkavernöse Struktur Vorbedingung.

Im Wettersteinkalk der Schicht (= Ebenerspitze) des Sonnwendgebirges fand WÄHNER 1903 zusammen mit den glaskopf-ähnlichen Großoolithen Kalkschwämme und Kalkalgen (von fächerförmigem und zugleich konzentrischem Bau) und meinte, sie könnten einem Teile dessen entsprechen, was unter der Bezeichnung Evinospongien-Struktur zusammengefaßt wird. Die sog. Großoolithe dagegen hielt er für anorganisch.

LINCK 1903 nahm an, daß die Großoolithe vielleicht auf ähnliche Weise wie die Karlsbader Sprudelsteine, d. h. also anorganisch aus heißem sprudelndem Wasser entstanden seien.

Dagegen kam PHILIPP 1904 zunächst wieder zu der Auffassung organischer Entstehung der Evinospongien, änderte aber, wie SALOMON in seiner Adamelloarbeit (1908) mitteilte, diese Auffassung auf Grund nachträglicher mikroskopischer Untersuchung von Evinospongien zugunsten anorganischer Bildung.

1908 verwies SALOMON auf die wenigstens makroskopisch häufig sehr große Ähnlichkeit der Spongiostromiden aus dem belgischen Kohlenkalk (GÜRICH 1906) mit triassischen Evinospongien, betonte deren Vorkommen in vor- und nachtriassischen Schichten, z. B. im *Stringocephalus*-Dolomit der Eifel, und sah in ihrer gelegentlich zu beobachtenden Beschränkung auf einzelne Bänke mächtiger katarischer Kalk- und Dolomitmassen sogar ein starkes Argument für ihre organische Herkunft. Er „möchte also noch immer glauben, daß unter dem Namen Evinospongien sowohl organische Reste, wie anorganische Sinterbildungen gehen“.

Im gleichen Jahre gelangte KALKOWSKY zu der Überzeugung, daß „die Evinospongien mit Oolithen und Stromatolithen gar nichts gemein haben, da jene rein strahlige Kristallaggregate sind“, während er für diese organischen Ursprung annahm.

1911 äußerte sich REIS im gleichen Sinne wie früher, indem er die Großoolithstruktur als sekundäre Ausfüllung einer ursprünglich weitläufigen Kalkausscheidung bezeichnete.

1918 (erschienen 1922) hatte ROTHPLETZ die Riesenoolithe

und verwandte Formen als besondere Gruppe von den eigentlichen Oolithen abgetrennt und es scheint aus seinen Worten hervorzugehen, daß er für diese „Bololith“ anorganische Entstehung annahm.

EDER wies 1923 auf das Vorkommen von Pyrit im Wettersteinkalk hin und schloß aus dem Nachweis von Pyritbildung in den Karlsbader Quellen (nach ALLAN etc., Z. anorg. Chemie 1902) auf die Notwendigkeit gleicher Voraussetzungen für die Bildung der Grossoolithe, entsprechend der Annahme von LINCK.

Aus diesem kurzen Überblick, der keinen Anspruch auf Vollständigkeit macht, ergibt sich schon, welches Interesse diese Formen seit langer Zeit immer wieder fanden. In Wirklichkeit ist ihre Erwähnung in der Literatur noch viel häufiger, denn jeder, der in entsprechenden nord- oder südalpinen Gebieten tätig war, mußte diese Gebilde finden. Sie werden deshalb auch noch in vielen anderen Arbeiten erwähnt, aber, soweit ich sehe, nirgends näher untersucht und beschrieben.

Es zeigt nun die Zusammenstellung der wichtigsten Literatur, daß die Annahme organischer Entstehung mit Einreihung der Großoolithe in verschiedene Organismenkreise: *Chaetetes* und *Radiolites* nach SCHAFHÄUTL, *Stromatopora* und *Evinospongia* nach STOPPANI, Kalkalgen nach ROTHPLETZ (und SALOMON) immer mehr an Wahrscheinlichkeit verlor zugunsten einer anorganischen Bildung. Außerdem setzte sich auch die Überzeugung durch, daß Großoolithe und Oolithe, selbst wenn zunächst noch die (organische oder anorganische) Entstehung der Oolithe strittig bleibt, verschiedene Bildungen sind, die zwar oft sehr große Konvergenzerscheinungen zeigen, deren strukturelle Ähnlichkeit aber nicht auf gleiche Entstehungsursachen schließen läßt.

Denn, soweit überhaupt nähere Untersuchungen der Großoolithe ausgeführt wurden (ihre Zahl ist im ganzen recht gering und steht in keinem Verhältnis zu der Zahl der Autoren, die über Großoolithe geschrieben haben, besonders wenn abgesehen wird von den ersten, die sich damit abgegeben haben), ist an keiner Stelle ein sicherer Hinweis auf Feststellung organischer Struktur zu finden.

Auch meine Untersuchungen konnten dafür keine Anhaltspunkte beibringen. Die Großoolithe (ich behalte diesen seit Jahrzehnten eingebürgerten Namen bei) müssen somit als anorganische Bildungen betrachtet werden.

c) Form und Ausbildung der Großoolithe.

Es wurde schon in der Einleitung die sehr verschiedene äußere Form der Großoolithe erwähnt. Neben kugeligen, ellipsoidischen, knolligen, mehr oder weniger symmetrisch um einen mittleren, im Querschnitt rundlichen oder länglichen Kern angeordneten Gebilden oder entsprechenden Gebilden ohne fremden Kern treten dick-linsenförmige auf, die ebenso wie die kugeligen und ellipsoidischen oft aus einer größeren Zahl von konzentrischen Einzelkörpern zusammengesetzt sind. Ferner finden sich Formen, die deutlich längsgestreckt sind, sich in einer Richtung fortsetzen und beiderseits einer Mittellinie nach den Seiten hin verschieden weit ausgebildet sind. Die Erstreckung nach einer Richtung kann kombiniert sein mit der nach einer oder mehreren anderen Richtungen, so daß daraus ganz unregelmäßige Formen entstehen. Auch die nicht längsgestreckten Formen endigen an ihrer Außenseite gelegentlich mit ganz unregelmäßigen Grenzen, indem sich ihre Lagen wellig oder stark gekrümmt an das Nebengestein anschließen oder teils kurze, teils längere Ausläufer in dieses entsenden.

Lagenförmiger Verband von Großoolithen kommt ebenfalls vor, dann zeigt sich eine Menge von kleineren Großoolithen verschiedener Größe und Form über- und nebeneinander, sich gegenseitig hindernd und deshalb nur zum kleinsten Teil in einigermaßen regelmäßigen Formen entwickelt, dabei häufig um einen deutlich erkennbaren Kern sich legend.

Bevor ich auf diesen zu sprechen komme, erscheint es angebracht, zunächst die Struktur der Großoolithe zu erläutern. Das Wesentliche ist dabei der Aufbau aus konzentrischen Lagen von faserigem Kalkspat. Die Dicke dieser Lagen ist gering, meist nur 1—2 mm, gelegentlich erreicht sie 7 mm; manchmal erscheinen sie dicker durch undeutliche Ausbildung der Trennungsf lächen. Diese sind durch dunklere Farbe bezeichnet. Auch die Färbung der einzelnen Lagen wechselt häufig, so daß dunklere und hellere Lagen übereinander folgen oder innerhalb einer Lage die Farbe nach innen zu heller wird.

Der Kern ist verschieden. Oft besteht er aus einem Fossil: Korallen oder Diploporen finden sich am häufigsten, im Kaiser-

gebirge fand ich eine *Sphaeractinia*¹ von Großoolith umwachsen. Ebenso finden sich auch andere Fossilien (Mollusken etc.) oder Reste von solchen im Kern, manchmal wird er aus einer Anhäufung von Fossilteilen gebildet.

In anderen Fällen besteht der Kern aus einem Stück Kalkstein oder aus mehreren Trümmern von Kalkstein, im Dachsteinkalk des Steinernen Meeres bei Berchtesgaden schlingen sich die dort meist dunkleren Großoolithlagen häufig um die hellen, lichtgrauen bis weißen Trümmer des Dachsteinkalkes oder um die grellroten, rotbraunen und rotgelben Scherben der ursprünglich in Linsen und auskeilenden Lagen dem Dachsteinkalk unregelmäßig, aber massenhaft eingeschalteten stark eisenoxydhaltigen roten Kalke.

Bei einer Reihe von Großoolithen besteht der Kern aus einem Haufwerk von Kalkspatskalenoedern mit vollständiger Ausbildung der gegen das Innere gewendeten Teile. Bei diesen Stücken fehlt ein fremder Kern, so daß sich in dem innersten Raum die Kristalle frei entwickeln konnten, wie bei einer Druse.

Ähnliches zeigen auch einige Stücke von Algenrasen (Diploporen) aus dem Ramsaudolomit des Hochkönigs und dem Wettersteinkalk der Gehrenspitzen im Wettersteingebirge. Bei ihnen liegen zwischen den Diploporenröhren größere und kleinere (bis herab zu Durchmesser von 0,5 mm) Großoolithe ohne fremden Kern, deren innerste Teile von einer erst bei 30 facher Vergrößerung im Anschliff die Auflösung in Kalkspatkristalle zeigenden milchweißen Masse erfüllt sind.

Um die Verschiedenheiten der Ausbildung noch näher zu erläutern, gebe ich eine Beschreibung einzelner ausgewählter Stücke, wobei ich mich bemüht habe, nach Möglichkeit die wichtigsten Formenarten jeweils durch Beispiele darzustellen. Soweit tunlich, werden auch Abbildungen, und zwar in der Regel solche von Anschliffen gebracht.

1. Großoolith aus dem Wettersteinkalk des Sonneckes im Kaisergebirge (Abb. 1a u. b Taf. XXV).

Die beiden Stücke sind Teile eines rundlich-knolligen Großoolithes. Das größere Stück zeigt gut den schaligen Aufbau. Die

¹ Die geol. Zusammensetzung und Geschichte des Kaisergebirges. Z. Ferdinandeum. Innsbruck 1907.

Dicke der Schalen wechselt zwischen 1 und 3 mm, der unregelmäßige Farbenwechsel tritt deutlich hervor. Die Außenseite ist nicht vorhanden. Der Kern wird von einer dunkleren Masse gebildet, die aus kristallinischem Kalkstein mit klastischer Struktur besteht. Er bildet einen regellosen Klumpen, um den sich die innerste Kalkspatschale herumlegt, wobei sie allen Aus- und Einbuchtungen dieses Klumpens folgt. Auch die weiteren Schalen zeigen noch die Abhängigkeit von der Klumpenform, allmählich gleichen sich aber diese zunächst scharfen, dann flacheren Knicke in den Schalen aus und die äußeren Schalen zeigen nur noch Abhängigkeit von den größeren Umrissen des Kernes.

Spätere Bildungen sind die hellen Trennungsflächen zwischen einzelnen Schalen, es sind tektonisch entstandene Ablösungsflächen.

Das kleinere Stück zeigt einen anderen Teil der Kernmasse mit den innersten Schalen. Die Umrisse des Kernes sind hier noch viel unregelmäßiger als bei dem größeren Stück, deswegen ist das Anschmiegen der innersten Schale an die Kernmasse hier noch deutlicher und auffallender als dort. Einzelne quer und schief geschnittene rundliche Gebilde in der trümmerigen Kernmasse sind wahrscheinlich Diploporen. Feinste Sprünge (tektonischer Natur) treten besonders in den einspringenden Winkeln der Schalen auf und setzen quer durch sie hindurch.

2. Aus dem Wettersteinkalk des Hohen Winkels, Kaisergebirge (Abb. 2 Taf. XXV).

Kugeliges Gebilde mit angenähert kreisförmigem Querschnitt, wobei aber an der vom Schliff getroffenen Stelle der Kern etwas exzentrisch sitzt. Sein Durchmesser beträgt 15 zu 19 mm, sein Material besteht aus einer nicht weiter auflösbaren Kalksteinmasse mit Andeutungen einer schalenartigen Struktur. Bei den Großoolithschalen erfolgt der Ausgleich der unregelmäßigen Kernoberfläche fast schon vollständig mit der innersten Schale, die deshalb teilweise bis zu 7 mm Dicke erreicht.

Dieses Stück erweckt den Eindruck, als ob eine allseitige Umhüllung des Kernes durch die Schalen des Großoolithes vorhanden sei. Es handelt sich dabei jedoch um eine Täuschung, wie mit Hilfe anderer Stücke noch gezeigt werden soll (siehe 3.).

3. Aus dem Wettersteinkalk am Leitersteig, Karwendelgebirge (Abb. 3 a u. b Taf. XXVI).

Dieser halbkugelige Großoolith besteht aus sehr hellen, lichtbräunlichen Kalkspatschalen wechselnd mit deutlich hellbraunen. Im Anschliff (Abb. 3 a) ist ein gleichfalls hellbrauner, exzentrisch gelegener, fast kreisrunder Kern zu erkennen, sowie links unten eine Gruppe von dunkelbraunen ebensolchen Kernen. Jener ist aber nur das äußerste Stück eines seitlichen Ausläufers einer im Innern des Großoolithes steckenden nicht oolithischen Kalkmasse. Das ist deutlich sichtbar an dem anderen Stück (Abb. 3 b), von dem das erste abgeschlagen wurde. Dort streckt sich diese Kernmasse 2 cm weit in den Großoolith hinein und sitzt auf dessen Unterlage auf, die aus feinkristallinem Kalkstein von gleicher Farbe wie die Schalen besteht. Es zeigt sich demnach hier deutlich die U m h ü l l u n g v o n a u s d e r U n t e r l a g e a u f r a g e n d e n F r e m d k ö r p e r n m i t d e n S c h a l e n a u s K a l k s p a t. Demgemäß schließen sich auch die Schalen, wie schon Abb. 3 a zeigt, nach unten nicht zusammen, sondern treten dort sogar auseinander und biegen nach den Seiten um zu den nächsten Halbkugelformen.

Über die ursprüngliche Stellung dieser Formen besteht, da das Stück nicht aus dem Anstehenden gesammelt wurde, keine Klarheit. Es kann also nicht festgestellt werden, ob die Unterlage mit ihren Fortsätzen, die von den Schalen eingehüllt wurden, horizontal, geneigt oder senkrecht war. Wenn die Fortsätze, wie ich glaube annehmen zu dürfen, Reste von Korallen oder Kalkalgen sind, erscheint es als das Wahrscheinlichste, daß die Unterlage ungefähr horizontal lag, unter der Voraussetzung der Großoolith-Bildung vor dem Einsetzen tektonischer Bewegungen. Darüber wird später noch Weiteres zu sagen sein.

4. Aus dem Wettersteinkalk des Heuberg-Westhanges, Unterinntal (Abb. 4 Taf. XXVII).

Das Stück besteht im wesentlichen aus einer kompakten knolligen Masse, die sich in der Farbe vom lichtbräunlichweißen Nebengestein nur durch Fehlen von dunkleren grauen Partien unterscheidet. Die Struktur des Nebengesteins ist die eines zertrümmerten Kalksteins, während in dem makroskopisch dicht erscheinenden Großoolith nur eine größere Zahl der Schalen erkennbar ist. Die äußere Grenze zwischen ihm und dem Nebengestein ist größtenteils sehr deutlich ausgeprägt durch eine 2-3 mm dicke Lage von hellolivgrünem schwach tonigem Material, an dessen Unterseite teilweise ein dünner Überzug von gelbbraunem kalkigem Material sitzt.

Die innere Begrenzung des Großoolithes ist nur ganz wenig und undeutlich sichtbar; es macht den Eindruck, als ob die Verhältnisse die gleichen seien wie bei dem Stück Nr. 3. Es ist bei Nr. 4 das gleiche halbkugelige Wachstum zu sehen, nur mit dem Unterschiede, daß eine solche Halbkugel aus einer ganzen Anzahl von Kugelgebilden besteht. Die Abb. 4 zeigt eine größere Halbkugel, die am Außenrande von 4 kleineren Kugeln umgeben ist. Nach links geht die Halbkugel durch winkliges Umbiegen ihrer Schalen in eine zweite kleinere Halbkugel über (die Gesamtdicke nimmt in dieser Richtung ab!) und es schließt sich eine noch flach gewölbte Schalenpartie an, die wieder von einer Kugel überlagert ist. Dann endigt der Großoolith.

Kerne sind in den Kugeln und in der kleineren Halbkugel nicht sichtbar. Nur die große Halbkugel läßt einen solchen erkennen, der petrographisch gleiche Beschaffenheit hat wie das Nebengestein. Höchstwahrscheinlich besitzt auch die kleinere Halbkugel einen solchen Kern bzw. ist sie um einen solchen vom Nebengestein ausgehenden Fortsatz herum gewachsen, der nur im Bruch nicht getroffen ist.

Bei der manchmal sehr geringen Größe der Kerne ist es natürlich meist Zufall, wenn der Kern im Bruch oder Schriff berührt wird und das Fehlen von Kernen ist deshalb oft nur ein scheinbares.

Anders dagegen dürfte die Sache bei den erwähnten Kugeln liegen. Eine Erstreckung von Fortsätzen des Nebengesteins von unten her durch die Halbkugel ist ausgeschlossen, da ja diese den dort vorhandenen Fortsatz umhüllt. Ebensowenig können von oben und von den Seiten her Fortsätze durch die dort geschlossenen Kugelschalen in das Innere der Kugeln reichen. Somit muß angenommen werden, daß diese kugeligen Formen keinen fremden Kern besitzen, im Gegensatz zu den Halbkugeln und auch zu der unter Nr. 2 betrachteten Kugelform.

5. Aus dem Wettersteinkalk der Öchselschneid, Kaisergebirge (Abb. 5 Taf. XXVII).

Dieses Stück ist ein Teil eines größeren rundlichen Gebildes. Es zeigt sehr gut das verschiedene Dickenwachstum der innersten Schalen, das durch die unregelmäßige Form der Kernmasse hervorgerufen wird. Der Abschluß des Wechsels der Schalendicke ist erreicht mit einer höchstens 1 mm dicken weißen Schale. Innerhalb dieser schwankt die Gesamtdicke zwischen 1 und 12 mm, und

es zeigt sich dabei nicht nur Ausdünnung, sondern auch Auskeilen einzelner Schalen, so daß nur die äußersten Schalen der inneren Abteilung um den Kern aushalten, soweit seine Umgrenzung erhalten ist. Es ergibt sich daraus Beginn der Schalenbildung in den einspringenden Teilen der Kernmasse und erst nach Ausfüllung dieser Teile allseitige gleichmäßige Umhüllung.

Die Kernmasse besteht aus kleinen Trümmern des Kalksteins, teils feinkristallinisch, mit einigen Andeutungen von Diploporen, sowie aus deutlich kristalliner Ausfüllungsmasse der Hohlräume zwischen den Kalktrümmern. Es kann nicht entschieden werden, ob die Kernmasse nach unten mit dem Nebengestein in Verbindung war, doch erscheint dies wahrscheinlich.

6. Aus dem Wettersteinkalk des Hochglückkars, Karwendelgebirge (Abb. 6 Taf. XXVIII).

In einem groben, kavernösen Kalkstein, der mit geraden und gekrümmten länglichen Gebilden (z. T. wohl Diploporen) durchsetzt ist, liegt ein Großoolith mit sehr unregelmäßiger Begrenzung. Durch die Verwitterung ist sie deutlich sichtbar geworden, indem der weniger widerstandsfähige Kalkstein an der Grenze aufgelöst wurde.

Die unregelmäßige Form des Großoolithes entspricht der des Kernes. Er besteht aus feinkristallinischem Kalkstein, um den sich 5 Schalen legen. Ihre Gesamtdicke ist in einzelnen Teilen verschieden und schwankt zwischen 5 und 10 mm.

An 3 ausspringenden Winkeln der Kernmasse ist an Stelle des makroskopisch dichten Kalksteins Calcit in deutlichen Skalenoedern vorhanden als spätere Auskristallisation in Hohlräumen.

Über den ausspringenden Winkeln der Kernmasse (einschließlich der Calcithäufchen) erstrecken sich die Schalen noch verschieden weit in Höhlungen des Kalksteins hinein. Dabei erfolgt mit der zunehmenden Verengung der Hohlräume ein progressiver Ausfall von Schalen, so daß z. B. bei dem auf der Abbildung sichtbaren Schalenfortsatz der äußerste Teil nur noch aus der äußersten der 5 Schalen besteht. Gleiches ist auf der angeschliffenen Unterseite dieses Stückes sichtbar, wo die 4 inneren Schalen schon am Beginn des Ausläufers winkelig umbiegen und nur die äußerste Schale den 3 cm langen Ausläufer bildet. Auch dessen Form ist unregelmäßig, mit 2 Einschnürungen, das äußerste Ende zeigt innerhalb der Schale einen kleinen von Calcitkristallen erfüllten Raum.

Es ist bei diesem Stück die Entstehung als Ausfüllung von Hohlräumen im Kalkstein vollständig klar ersichtlich. Das tritt ebenso deutlich auch hervor bei den schon erwähnten länglichen, teilweise wohl ursprünglich *Diploporen* darstellenden Gebilden dieses Stückes. Von ihnen liegen 5 unmittelbar neben der die Hauptkernmasse umschließenden Schalenreihe. An diesen Stellen ist sie nur 5 mm dick, das ist die Folge des schmäleren, hier zur Verfügung stehenden Raumes, während die Schalenreihe sonst 10 mm Dicke hat. Zugleich wird der Verlauf der Schalen dort durch diese weiteren Fremdkörper maßgebend beeinflusst, so daß sich die 4 inneren Schalen im Halbkreis um sie herumlegen, während die 5. Schale das auf der Abbildung sichtbare im Querschnitt kreisförmige Gebilde allseitig umgibt. Auf der Außenseite ist dann noch eine weitere Schale ausgebildet.

7. Aus dem unteren Wettersteinkalk des Kaisergebirges, Südseite, gesammelt im Zinnerbach (Abb. 7 Taf. XXVIII).

Um eine nicht näher bestimmbare Koralle sitzt eine nach außen unregelmäßig begrenzte Masse dunkelgrauen dichten Kalksteins. Um sie herum liegt eine Anzahl von Großoolithen in helleren grauen Tönen, wobei stets die innerste Ausfüllungsmasse dieser Schalengebilde sehr hell gefärbt ist. Dicke und Anordnung der Schalen ist sehr wechselnd, ihre Verteilung zeigt neben der Abhängigkeit von den Umrissen der Hauptkernmasse auch solche von kleineren, teils im Querschnitt kreisförmigen und wahrscheinlich organischen, teils eckigen Kalktrümmern. Deshalb ziehen sich die Schalen in den verschiedensten Richtungen und mit wechselnder Breite zwischen diesen Fremdkörpern hindurch, ohne selbst Fremdkörper im Kern zu enthalten.

Die Außenfläche der dadurch entstandenen Menge von kugeligen Formen und ihre Lage zueinander gibt das Bild einer nierenförmigen Gestaltung.

Auch im Inneren des Fossilquerschnittes ist eine kleine, exzentrisch gelegene dreieckige Schalenbildung vorhanden.

Das Stück läßt sehr deutlich den Charakter der Großoolithen als Ausfüllungsmasse sekundärer Entstehung erkennen.

8. Aus dem Kalkstein des Lärchecks, Kaisergebirge.

Ein bräunlichgrauer Kalkstein ist von zahlreichen Diploporen durchsetzt. In ihm sind kleinere und kleinste Hohlräume mit schaliger Calcitmasse ausgefüllt. Stellenweise sind auch größere derartige Ausfüllungen sichtbar.

Sie leiten über zur Ausfüllungsmasse ausgedehnter Hohlräume wechselnder Breite (im Anschliff). Diese Großoolith-Masse hebt sich durch dunkle Farbe deutlich vom Kalkstein ab. Es ist in ihr schon makroskopisch eine annähernd in der Mitte gelegene Linie zu erkennen als Ausstrich der Medianfläche, die entstanden ist durch das Wachsen der Calcitfasern von den Außenseiten her und ihr Zusammentreffen an dieser Fläche, an der stellenweise die beiden Seiten durch verschiedene Längsrichtung der Kalkspatfasern ausgezeichnet sind. Sie stoßen demnach dort mit verschiedenen Wachstumsrichtungen aneinander. Dort liegen als schmale Streifen die hellsten Schalen.

Die Abhängigkeit der Großoolithform von der des Hohlraumes tritt sehr deutlich hervor und die innerste Zone ist demzufolge sehr schmal und längsgestreckt, wobei die Medianlinie aus einzelnen gekrümmten oder geraden, mit scharf ausgeprägter Richtungsänderung aneinander stoßenden Teilen besteht. Dort, wo größere seitliche Fortsätze des Großoolithes vorhanden sind, zweigt von der Hauptmedianlinie ein Ast ab und erstreckt sich in den Fortsatz hinein.

9. Aus dem Ramsaudolomit der Taghaube, Übergossene Alm (Abb. 8 Taf. XXIX).

Ein grauer, sandiger Dolomit ist von zahlreichen zylindrischen organischen Körpern durchsetzt. Das Gestein hat primäre Trümmerstruktur, indem sich um die organischen Reste (Korallen) und zwischen sie kleinere und größere Stückchen des Dolomites, von unregelmäßiger Form, legen.

Das dritte Gesteinselement bilden Großoolithe, in ganz regelloser Verbreitung dem Dolomit eingelagert und mit vielfachen Windungen zwischen den Teilpartien des Korallendolomites (denn auch die Korallen sind dolomitisiert!) sich ausbreitend. Sie werden breit und bilden unregelmäßige Knollen dort, wo entsprechend große Hohlräume vorhanden waren, und ziehen sich als schmale, oft nur aus 2 Lagen bestehende Bänder dort hindurch, wo nur ge-

ringe Zwischenräume bestanden. Die innersten Teile der Großoolithe zeigen öfters noch kleine Hohlräume, in die von der innersten Schale her Dolomitrhomboeder allseitig hereingewachsen sind. Wie diese, so sind auch die Schalen der Großoolithe dolomitisiert und es muß angenommen werden, daß die spätere Dolomitisierung das ganze Gestein ergriffen hat.

Aus Art und Verteilung der Großoolithe ergibt sich der ursprüngliche luckige Charakter des Gesteins, wie das bei einem Korallenkalk, um den es sich hier handelt, nicht auffallend ist.

Von diesem Dolomit wurde von UDLUFT¹ eine Analyse ausgeführt, wobei sich ergab, daß (bei 46,2 % C O₂) 30,49 % Ca O und 21,13 % Mg O vorhanden sind bei 1,77 % nicht näher untersuchtem grauem Rückstand.

Das Stück ist besonders wichtig, weil es die sekundäre Entstehung des Dolomites beweist. Die Dolomitisierung hat alle Bestandteile des Gesteins ungefähr gleichmäßig betroffen, bei Behandlung mit verdünnter Salzsäure zeigen sich nur geringe chemische Unterschiede derart, daß die Großoolithe ganz schwach und auch nur teilweise aufbrausen, während das eigentliche Gestein mit den Korallen überhaupt nicht braust. Diese selbst sind ebenfalls vollständig dolomitisiert.

Da schon bei der normalen Diagenese des Riffkalksteins die Hartteile der Organismen vielfach so vollständig verschwinden oder wenigstens unkenntlich werden, daß das Gestein in seinen größten Teilen als fossilfrei erscheint, ist die noch größere Fossilarmut der dolomitisierten Riffgesteine leicht verständlich. Um so wichtiger erscheint deshalb der mit dem vorliegenden Stück erbrachte Nachweis der Dolomitisierung von Riffkalk.

Es läßt sich weiter dabei die erst in einem späteren Stadium erfolgte Dolomitisierung feststellen. Denn die Großoolithe waren schon vorhanden, als die Umwandlung vor sich ging, das erste Stadium der Diagenese ist somit bezeichnet durch die Umkristallisation des Aragonites der Korallen in Calcit und die sekretionäre Abscheidung der Großoolithstrukturen als Calcit. Möglich wäre auch, daß diese beiden Vorgänge selbst wieder zwei Stadien entsprechen, die Dolomitisierung wäre dann erst im dritten Stadium erfolgt.

¹ l. c. S. 176 Nr. 3.

10. Aus dem Dachsteinkalk der Schönfeldspitze im Steinernen Meere (Abb. 9 Taf. XXIX).¹

Dieser hellgraue Kalkstein zeigt makroskopisch oft großoolithische Ausbildung. Er ist stark zertrümmert und stammt aus den oberen Lagen des Dachsteinkalkes, die im ganzen Steinernen Meere dadurch ausgezeichnet sind. Es handelt sich um die durch Wechsel der epirogenetischen Bewegungen (Stillstand der Senkung oder Hebung) entstandene Breccienbildung im Dachsteinkalk, wodurch vielfach auch graue und rote Kalktrümmer miteinander gemengt wurden¹. Dadurch erklärt sich die Entstehung der „schwimmenden Scherben“.

Es ist nun wichtig, daß auch die Trümmer dieser Breccien häufig von Großoolithen umrindet sind. Das vorliegende Stück zeigt im Anschliff seine Zusammensetzung aus einer Reihe von grauen, weißlichen und roten Kalktrümmern verschiedener Größe und Form. Jedes dieser Trümmer ist umgeben von Calcitschalen, die sich zunächst, d. h. die ersten 2, 3 oder 4, aufs genaueste dem Umriß der Kalkstücke anpassen. So erscheint jedes Kalkstück im Anschliff eingehüllt und von den anderen Stücken getrennt, dürfte aber nach oben oder unten mit anderen Kalkbrocken in Zusammenhang stehen.

Die noch verbleibenden Zwischenräume sind von weiteren, etwas dickeren Calcitschalen ausgefüllt, in den breitesten Zwischenräumen ist drusenartige Erfüllung des innersten Raumes sichtbar.

11. Aus dem Dachsteinkalk des Breithorns im Steinernen Meere (Abb. 10 Taf. XXX).

Noch viel schöner und ausgeprägter ist die Großoolith-Struktur bei diesem Stück. Makroskopisch tritt sie an der angewitterten Oberfläche deutlich hervor: um die grauen, roten und gelben Kalkbrocken legen sich in wechselnder Breite die dünnen und zahlreichen Calcitschalen, die weißlich anwittern. Aber erst im Anschliff läßt sich die ganze Mannigfaltigkeit klarer erkennen.

Liegend- und Hangendseite des quer zur Schicht angeschliffenen Stückes: zu unterst (links) liegt eine größere Partie roten Kalkes. Auf seiner Oberfläche, die nach ihrer unregelmäßigen, eckigen Form durch Bruch entstanden ist, liegt eine Reihe von dünnen ziemlich flachen Calcitschalen. Nach 5 bzw. 7 mm folgt eine dünne

¹ LEUCHS und UDLUFT, Entstehung und Bedeutung roter Kalke der Berchtesgadener Alpen. Senckenbergiana. 8. 1926.

unregelmäßige Partie rotgelben Kalksteins, über ihr beginnt wieder die Schalenbildung, und zwar liegt zunächst über dem dünnen Teile des Kalkfetzens eine dickere, darüber eine dünnere Calcitlage und erst die dritte Calcitlage transgrediert gewissermaßen über den jetzt gleichhohen, links aus den beiden ersten Lagen, rechts aus dem Kalkstein bestehenden Untergrund. Sie setzt sich um das spitze Ende des Kalksteins fort an seiner Unterseite.

Ähnlich, nur im einzelnen vielfach variiert, ist die Ausbildung im ganzen Stück. Stets liegen um einen Kalkbrocken herum einige Calcit-schalen, wobei auf der oberen Seite ihre Zahl größer ist als auf der Unterseite und ihre Dicke ebenfalls öfters oben größer ist als unten.

Das Umwachsen der einzelnen Kalktrümmer hört nach einer gewissen, im einzelnen sehr verschieden starken Schalenbildung auf und es beginnt jetzt die Ausfüllung der noch vorhandenen Hohlräume zwischen den Großoolithen. Dabei entstehen vielfach gewundene Schalen, bald dünner, bald dicker, die innersten Partien dieser Zwischenräume zeigen öfters drusenartige Ausbildung. Gegenseitige Behinderungen finden statt: Schalen einer Kalksteinumhüllung werden abgeschnitten durch solche einer Zwischenfüllung oder stoßen an die einer anderen Kalksteinumhüllung und es entstehen dadurch Unregelmäßigkeiten der Ausbildung.

Das Stück zeigt somit zwei Arten der Großoolithe: solche, die um einen fremden Kern herum gewachsen sind, und solche, die einen Hohlraum ausfüllen. Bei der ersten Art erfolgt das Wachsen von innen nach außen, bei der zweiten umgekehrt. Die Ausbildung ist regelmäßiger bei der ersten Art und abhängig von den Umrissen des Kernes, es bilden sich rundliche und ellipsoidische Formen mit angenähert allseitig, d. h. in der Ebene des Schlifves gleichmäßiger Umhüllung (abgesehen von den Unterschieden zwischen Unter- und Oberseite und dem Ausgleich von Eintiefungen des Kernes durch örtlich beschränkte Schalenbildung). Dagegen ist bei der zweiten Art die spätere Entstehung ohne weiteres ersichtlich aus ihrer oft gewundenen und sehr unregelmäßigen Form, so daß ihre Bildung als Ausfüllungsmasse der noch verbliebenen Hohlräume klar hervortritt.

12. Aus dem Dachsteinkalk der Teufelslöcher am Hochkönig (Abb. 11 Taf. XXX).

Ein lichter, gelblichweißer Kalkstein ist stark zertrümmert. Im unteren Teil sind die Trümmer nur durch schmale Zwischen-

räume getrennt, die mit dunkelgrauen Calcitlagen ausgefüllt sind. Der obere Teil zeigt im Anschliff teilweise oder ganz isolierte eckige Trümmer des hellen Kalksteins. Um sie herum legen sich dunkelgraue Calcitlagen, die alle Hohlräume erfüllen. Größere Hohlräume besitzen drusenartige Ausbildung mit gröberkristalliner Entwicklung der Kalkspatskalenoeder. Form und Breite der Calcitlagen steht in engster Abhängigkeit von der der Hohlräume, die infolge der meist länglichen Form der Kalktrümmer ebenfalls vorwiegend längsgestreckt sind.

Der Kalkstein läßt Aufbau aus organischen Resten erkennen, eine nähere Bestimmung ist infolge der schlechten Erhaltung nicht möglich.

Wenn auch die Formen der Calcitlagen von denen der eigentlichen, d. h. rundlich-knolligen Großoolithe durch ihre Länge und Schmalheit stark abweichen, sind es doch genetisch die gleichen Bildungen. Die Betonung dieser Gleichheit erscheint wichtig, da sie in hohem Maße geeignet ist, falsche Vorstellungen über die Entstehung der Großoolithe hinten zu halten.

13. Aus dem Dachsteinkalk westlich des Hochkönigs.

Der Kalkstein ist ganz ähnlich dem von Nr. 12, besitzt die gleiche starke Zertrümmerung in eckige, oft längliche Stücke und die Zwischenräume sind ebenfalls von dunkelgrauen Calcitlagen ausgefüllt. Bei der noch geringeren Breite der Zwischenräume als bei Nr. 12 tritt die Zusammensetzung ihrer Füllmasse aus einzelnen Lagen nur undeutlich hervor, jedoch zeigt ein etwas breiterer Zwischenraum des Stückes die für solche Ausfüllungsmassen bezeichnende Struktur.

In genetischer Hinsicht besteht demnach kein Unterschied gegenüber den anderen Formen mit breiteren und kugeligen Großoolithen.

14. Aus dem rhätischen Riffkalk des Sonnwendgebirges (Abb. 12 Taf XXXI).

Dieser mit organischen Resten (Korallen, Kalkalgen u. a.) erfüllte weißlichgraue Kalkstein enthält auch einige eckige Brocken von rotem Kalkstein. Es läßt sich bei dem vorliegenden Stück nicht feststellen, auf welche Weise sie in ihre heutige Lage gelangt sind, ob sedimentär durch Einlagerung in Höhlungen des Riffkalkes oder tektonisch. Für die Frage nach der Bildungsart der Großoolithe ist das ohne Bedeutung.

Das Stück zeigt einen roten Kalkbrocken ohne Umhüllung mit Calcitschalen (auf der Unterseite, im Bild nicht sichtbar!), einen zweiten roten Brocken mit dicker Schalenhülle (unten, Mitte!) und eine gleichfalls dicke Schalenbildung ohne fremden Kern (rechts!). Bei dieser letzten besteht aber die Möglichkeit, daß ein solcher in der fehlenden Fortsetzung des Großoolithes enthalten ist.

Beschaffenheit und Ausbildung der Schalen ist die gleiche wie bei den anderen Stücken, durch die Verwitterung treten die einzelnen Kalkspatfasern mehr oder weniger stark hervor.

Da das Gestein nach WÄHNER's sorgfältiger und auf eine Menge von lithogenetisch wichtigen Erscheinungen hinweisender Beschreibung (s. Lit.-Verz.!) ein typischer Korallenkalk ist, war in ihm die Möglichkeit für das Bestehen von Hohlräumen und für die Zirkulation von Wasser in hohem Maße gegeben. Deshalb sind auch alle Fossilien in Calcit umgewandelt und alle Spalten damit ausgefüllt.

Auch die breiteren Spalten lassen die Zusammensetzung der Calcitmasse aus 2 Lagen erkennen und ihre Trennung durch eine undeutlich sichtbare Medianlinie, so daß demnach auch bei diesem Stück die zwei nach ihrer äußeren Form so verschiedenen Calcit-
auskleidungen vorhanden sind.

15 Aus dem Wettersteinkalk des Zugspitz-Platts, Wettersteingebirge (Abb. 13 Taf XXXI).

Dieses aus dem oberen Wettersteinkalk stammende Stück läßt die Abhängigkeit der Großoolithform von der des Hohlräumtes ausgezeichnet erkennen. Der helle, fast weiße Kalkstein ist von Spalten durchsetzt, die in verschiedenen Richtungen verlaufen. Das Stück läßt drei solche sehen: eine (auf dem Bild) obere horizontale, eine dazu senkrecht und quer verlaufende und an ihrem Unterende die dritte schräg und wieder quer zur zweiten.

Dieses unter sich zusammenhängende Spaltensystem ist von einer Großoolithbildung erfüllt, die sich den wechselnden Wandungen anpaßt. In der senkrechten Spalte sind, wegen ihrer Enge, nur wenige Calcitlagen vorhanden, die symmetrisch von den Spaltenwänden aus gewachsen sind und sich an einer durch spätere Risse undeutlich hervortretenden Medianfläche berühren¹. Die

¹ An einer Stelle ist eine Linse aus Kalkspatskalenoedern dort ausgebildet.

Spalte geht durch das ganze Gesteinsstück hindurch und zeigt sich auf der Rückseite in ähnlicher Weise.

Nach oben und unten biegen die Calcitlagen um in die neuen Richtungen. Diese beiden Spalten waren breiter, deshalb konnten sich dort weitere Calcitlagen ausbilden, die auf dem vorliegenden Stück nur teilweise erhalten sind.

Durch die fast horizontale, gegen außen dann leicht sich hebende Lage der oberen Schalen ist eine „Tulpen“-Form entstanden, in der sich die oberen Schalen parallel den unteren in der neuen Kluft-richtung ausbreiten. Die obere Begrenzung dieser Kluft fehlt, doch war sie, nach der flachen Ausbreitung der Schalen zu schließen, wesentlich breiter als die untere schräge Kluft.

In dieser ist die innerste Füllung in der Form eines Dreiecks mit stumpfer Spitze sichtbar dort, wo die senkrechte Kluft an sie stößt. Um diese Füllung, die aus Calcitschalen besteht, legen sich die äußeren Schalen, die rechts davon ein kleines Stück Kalkstein einschließen und dann parallel weiterziehen.

Die Calcitschalen sind bei diesem Stück deutlich von den Seitenwänden der einzelnen Klüfte aus gewachsen und diese selbst waren, abgesehen von dem kleinen Kalktrum rechts neben der dreieckigen Schalenfüllung der unteren Kluft, frei von Gesteinstrümmern, so daß sich die Calcitschalen ziemlich gleichmäßig ausbilden konnten.

16. Aus dem Dachsteinkalk des Breithorns im Steinernen Meere (Abb. 14 a, b Taf. XXXII).

Dieses Stück gehört nicht zu den eigentlichen Großoolithen. Es stammt aus dem rhätischen Dachsteinkalk des Breithorns und ist ein prächtiges Beispiel für die Einschwemmung des roten Materials in das Riff und für die Einlagerung der aus jenem hervorgehenden roten Kalke.

Die unregelmäßige Oberfläche des grauen Dachsteinkalkes bot die Unterlage für die in Schichten von 1—2 mm Dicke sich darauf absetzenden roten Kalke. Ihre Ablagerung erfolgte zuerst in den tiefsten Teilen, allmählich, d. h. nach Ausfüllung dieser Teile griff die Ablagerung nach den Seiten über und schließlich war die gesamte verfügbare Hohlform von einer Folge horizontaler Schichten ausgefüllt. Ihre Farbe wechselt öfters: leuchtendrote und braunrote, gelbrote und weißlichgelbe Töne sind vorhanden, auch graue Lagen sind eingeschaltet.

Die Grenze gegen den liegenden Dachsteinkalk ist stets scharf und unvermittelt stoßen die roten Schichten an den Unregelmäßigkeiten dieser Grenze ab.

Außerdem schaltet sich an ihr immer eine Reihe von Calcitlagen oder mindestens eine Calcitlage ein, so daß der Dachsteinkalk mit einer Calcitlagenhülle von 1—5 mm Dicke überzogen ist, die allen Unebenheiten der Dachsteinkalk-Oberfläche folgt.

Das zeigt sich am vorliegenden Stück an den Seiten ebenso wie oben, indem dort die einzelnen Höcker des Dachsteinkalkes von Calcitlagen umgeben als elliptische oder längliche Querschnitte erscheinen und auf der linken Seite des Bildes die durch die Verwitterung freigelegte Grenzzone zwischen Dachstein- und rotem Kalk als unregelmäßiger, vor- und rückspringender Streifen wechselnder Breite freigelegt ist.

Über die Ursachen der Einschwemmung des roten Materials, seine Beschaffenheit und seine Herkunft habe ich mich schon 1926 geäußert und verweise auf diese Arbeit.

Heute möchte ich nur darauf hinweisen, daß, wie aus dem vorliegenden Stück hervorgeht, die Bildung der Calcitlagen vor der Einschwemmung des roten Materials erfolgte. Es entstehen dadurch Strukturen, besonders bei der Umhüllung der Kalkhöcker, die mit den typischen Großoolithen sehr große Ähnlichkeit haben. Es darf angenommen werden, daß sich die Bildung von Calcitlagen unter normalen Verhältnissen, d. h. wenn nicht die Einschwemmung des roten Materials erfolgt wäre, fortgesetzt hätte und es wären dann auch dort typische Großoolithe entstanden, als Ausfüllung von Hohlräumen durch Kalkspatabscheidung aus kalkhaltigem Wasser.

17. Andere, von mir im r h ä t i s c h e n D a c h s t e i n k a l k des B r e i t h o r n s gesammelte Stücke zeigen weniger einfache Verhältnisse.

Ein Stück besteht aus \pm 1 cm mächtigen Schichten von rotem, z. T. auch gelbgrünem Kalkstein. Zwischen den vier roten Schichten liegen 1—5 mm dicke Reihen von Calcitlagen, die gelegentlich ganz ausdünnen oder zu flachen Linsen anschwellen, die in der Mitte wieder eine dünne rote Kalklage einschließen (Abb. 15 Taf. XXXII).

Die beiden unteren Schichten sind gelbgrün. Auch sie sind durch Calcitlagen getrennt, die zu maximal 14 mm dicken Linsen anschwellen, deren Kern wieder von rotem Kalk gebildet wird. Die Calcitlinsen liegen auf der unregelmäßigen Oberfläche der

untersten Kalkschicht, die zweite grüne Kalkschicht ist oberhalb der dicken Linse nur halb so mächtig als seitwärts, wo die Linse ausgedünnt ist. Die Kalkschicht hat sich also zunächst um die Linse herum und erst nach Erreichen der Linsendicke in gleichmäßiger Stärke abgesetzt.

So bezeichnet die Linse eine Unterbrechung in der Materialzufuhr, während der sich die Calcitlinse bildete, und auch die anderen Calcitlagen sind in solchen Zeiten fehlender Zufuhr des grünen bzw. roten Materiales entstanden. Das geht auch aus der unregelmäßigen Unterseite und glatten Oberseite der Calcitbänder hervor.

18. Ein weiteres Stück vom Breithorn besteht aus einer Breccie von roten und grauen Kalktrümmern, deren Zwischenräume von dünneren oder dickeren Calcitlagenreihen erfüllt sind. (Abb. 16 a Taf. XXXIII).

Hier erfolgte also die Schalenbildung erst nach Zertrümmerung des Kalksteins.

Ein drittes Stück dagegen zeigt (Abb. 16 b Taf. XXXIII) einen von großoolithischen Calcitschalen umgebenen länglichen Hohlraum mit scharfen Ecken, im grauen Kalkstein liegend, wobei an der einen Seite die innerste Calcitlage mit gegen innen vollständig ausgebildeten Skalenoedern endigt. Daraus ergibt sich die spätere Einschwemmung des roten Kalkschlammes, der jetzt den Hohlraum erfüllt.

Im ganzen geben diese Beispiele aus dem Dachsteinkalk Belege für die Mannigfaltigkeit der Calcitschalenbildung, ebenso auch Andeutungen von der reichen Zahl von Einzelvorgängen, die als Stillstand der Senkung, Hebung, Brandungswirkung, wechselnde Zufuhr von chersogenen Stoffen, Ausscheidung von Kalkspat u. a. diese lithogenetisch so interessante Abteilung des Dachsteinkalkes mit den roten Lagen und Scherben entstehen ließen.

19. Algenkalk oberhalb Ehrwalderalm, Wettersteingebirge (Abb. 17 Taf. XXXIII).

Ein braungrauer Wettersteinkalk, der hauptsächlich aus den Röhren der *Diplopora annulata* aufgebaut ist. Der Anschliff zeigt die makroskopisch am angewitterten Stück schon deutlich erkennbaren Diploporen in ihrer vorwiegend senkrechten und deshalb quergeschnittenen Form, dazwischen liegen auch abgebrochene Röhren, die schräg und längsgeschnitten sind.

Die Ausfüllungsmasse zwischen den Röhren und in den Röhren besteht aus dicht erscheinendem, in Wirklichkeit feinkristallinem

Kalkstein. In ihm treten in Menge unregelmäßige, meist hellere Partien auf, gebildet von Calcit. An einigen Stellen, dort, wo diese Partien größere Ausdehnung haben, läßt sich auch lagenförmiger Aufbau feststellen. Es ist die Ausfüllungsmasse der massenhaften, aber zumeist kleinen und kleinsten Hohlräume dieses Gesteines.

Es verbietet sich hier die Bezeichnung Großoolith allein schon wegen der geringen Ausdehnung dieser Calcitfüllungen.

In anderen Algenkalkstücken, z. B. an den Gehrenspitzen im südöstlichen Wettersteingebirge, fand ich gleiche Ausbildung. Sie wird sich noch in vielen Kalksteinen (und Dolomiten) feststellen lassen, wenn einmal darauf geachtet wird.

Es handelt sich auch bei dieser Art der Calcitausscheidung genetisch um das gleiche wie bei den Großoolithen.

Ich erwähne dieses Vorkommen hier, um auf die Entstehungsgleichheit ausdrücklich hinzuweisen, weil damit auch die im folgenden näher zu besprechende Bildungsweise der Großoolithe um so verständlicher wird.

d) Entstehung der Großoolithe.

Die bisherigen Ausführungen ließen schon erkennen, daß bei der Bildung der Großoolithe Organismen nicht beteiligt sind. Soweit überhaupt organisch entstandene Körper in den Großoolithen auftreten, verhalten sie sich zu diesen vollständig passiv, indem sie von den Calcitlagen ebenso umhüllt werden wie die aus Gesteins-trümmern bestehenden Kerne der Großoolithe.

Organismenreste als Kerne von Großoolithen sind also keinerlei Beweis für deren organische Entstehung. Klar ist dagegen, daß eine Reihe von Organismen, besonders solche mit Stengel- oder Röhrenform, also hauptsächlich Korallen und Kalkalgen, allein schon durch ihre Form und durch ihr geselliges Vorkommen für die Bildung von Großoolithen günstige Vorbedingungen schufen.

Denn die durch sie entstandenen Riffkalksteine sind durch ihre in hohem Maße luckige und kavernöse Struktur für Großoolithe und ähnliche Bildungen besonders geeignet.

Deshalb treten sie auch in allen derartig entstandenen Kalksteinen (und Dolomiten) auf, so daß ich hier eine Aufzählung aller Formationsstufen und Faziesbildungen, in welchen bisher Großoolithe gefunden wurden, unterlassen kann.

Bei der häufig sehr weitgehenden Armut mancher dieser Gesteine an Fossilien — ich erinnere hier nur an die Seltenheit von solchen in vielen Teilen des Wettersteinkalkes, Ramsaudolomites, Schlerndolomites, Dachsteinkalkes — ist es daher nicht auffallend, daß in früherer Zeit die als nahezu einzige „Versteinerungen“ gefundenen Großoolithe durch ihre häufige Formgleichheit mit Oolithen, für die meist organische Bildung als sicher galt, ebenfalls für Fossilien gehalten wurden.

Zeitweise wurden sie selbst für Leitfossilien angesehen, so in den Nordkalkalpen für solche des Wettersteinkalkes. Erst als ihre große vertikale Verbreitung festgestellt wurde — heute sind sie aus der ladinischen, norischen und rhätischen Stufe sicher bekannt, wahrscheinlich ist auch ihr Vorkommen in der anisischen Stufe der Trias —, entfiel damit die Möglichkeit, sie als Leitformen für eine bestimmte Triasstufe zu verwenden.

Indessen besitzen sie trotzdem Bedeutung als Leitformen, wenn auch nicht in chronologischer Hinsicht. Vielmehr sind sie Leitformen einer Fazies, nämlich der Fazies der katharischen Kalke, der Riffkalke.

Denn ihre Bildung ist, soweit die Untersuchungen darüber eine Feststellung erlauben, abhängig von dem Vorhandensein solcher mit größeren und kleineren Hohlräumen reichlich ausgestatteten Kalksteine, wie sie die Riffkalke darstellen.

Die luckige und poröse Beschaffenheit ermöglicht leichte und starke Zirkulation von Wasser in diesen Gesteinen, und zugleich liefert das Gestein selbst dem Wasser die nötige Kalkmenge, die an entsprechender Stelle als Calcit wieder ausgeschieden wird.

Dieser Vorgang, der an jedem Riß und an jeder Spalte des Gesteins festzustellen ist, findet ebenso statt in allen anderen kleineren und größeren Hohlräumen. Die Oberflächen des Gesteins überziehen sich dabei zunächst mit einer Lage dort auskristallisierenden Kalkspats, erfolgt nun Zu- oder Durchfuhr von kalkhaltigem Wasser, dann bildet sich eine zweite Lage usf., bis endlich der ganze Hohlraum ausgefüllt ist oder der innerste Raum frei bleibt, wobei dann an seinen Wänden Kalkspatskalenoeder auskristallisieren, wie in einer Druse.

Die Großoolithbildung hat demnach, worauf schon BENECKE hinwies, Ähnlichkeit mit der Sinterbildung, bei der sich ebenfalls die einzelnen Lagen übereinander absetzen. Sie

ist aber nicht mit ihr identisch, denn die Großoolithe entstehen nicht an der Oberfläche, sondern im Innern des Gesteins.

Zur Bildung der Großoolithe ist es auch nicht nötig, Wasser von höherer Temperatur anzunehmen. LINCK hatte 1903 für sie ähnliche Entstehung wie bei den Karlsbader Sprudelsteinen als möglich erwähnt, ohne aber näher darauf einzugehen. Dieser Hinweis wurde 1923 von EDER aufgegriffen, es wurde die Bildung von Pyrit in den Karlsbader Quellen mit dem Vorkommen von Pyrit im Wettersteinkalk parallelisiert und daraus auf ähnliche Entstehung der Großoolithe geschlossen.

Dazu ist zu bemerken, daß bisher von keiner Seite (auch von EDER nicht) Pyrit in Großoolithen nachgewiesen wurde. Auch in den von mir untersuchten Stücken konnte kein Pyrit festgestellt werden, wie ja überhaupt der Wettersteinkalk sehr rein ist und das Auftreten von Pyrit außerhalb von Störungszonen (solchen in Klüften nimmt auch EDER als zweifellos sekundär an) zu den Ausnahmen gehört.

Daher muß diese Bildungsmöglichkeit der Großoolithe abgelehnt werden, nicht nur wegen des Fehlens von Pyrit, sondern auch wegen ihrer weiten Verbreitung (horizontal und vertikal). Es müßten unzählige heiße Quellen vorhanden gewesen sein, um die massenhafte Großoolithbildung zu ermöglichen.

Da erscheint es doch wesentlich einfacher und natürlicher, auch für die Großoolithe die längst nachgewiesene Kristallisation von Kalkspat aus Wasser von gewöhnlicher Temperatur, welches gelösten Kalk und Kohlensäure enthält, anzunehmen.

Ob dabei auch andere Bestandteile, etwa von Organismen herrührende Ammonsalze, eine Rolle gespielt haben, läßt sich zurzeit nicht entscheiden. Auf die Wahrscheinlichkeit der Mitwirkung von solchen Bestandteilen hat BENECKE hingewiesen und es erscheint möglich, daß die gelegentlich zu beobachtende dunkle Färbung einzelner Lagen und Streifen auf organische Substanz zurückzuführen ist, ebenso wie auch entsprechende dunklere Kerne organisches Material enthalten dürften.

Der Aufbau „aus konzentrischen Schalen, mit oder ohne Fremdkörper in der Mitte, deutet auf mehr oder weniger intermittierendes Wachstum in bewegtem Medium hin“. Mit diesen Worten bezeichnet WETZEL¹ die sphärolithischen Umkristallisa-

¹ Sedimentpetrographie. Fortschr. d. Min., Krist., Petrogr. 8. 1923.

tionen in Kalksedimenten, die vielfach Oolithe genannt werden. Wenn er auch damit die oolithähnlichen Bildungen geringer Größe meint, so lassen sich doch seine Worte ohne weiteres auch auf unsere Großoolithe anwenden, besonders wenn die jetzt ziemlich allgemeine Ablehnung der unmittelbar organischen Oolithbildung berücksichtigt wird.

Ungeklärt ist noch die Frage, wann die Großoolithbildung stattfand und damit, ob sie noch während der Lage der Riffe unter dem Meeresspiegel oder erst nach der Heraushebung erfolgte.

An rezenten Riffen (australisches Wallriff) konnte SAVILLE-KENT¹ nachweisen, daß eine Verfestigung des Riffes innerhalb der Gezeitengrenzen stattfindet durch Verdunstung des bei Ebbe in den Höhlungen zurückbleibenden Wassers, dessen sich ausscheidender Kalk das lockere Riffmaterial verkittet.

Andererseits (Näheres s. ANDRÉE, Geol. d. Meeresbodens. II. p. 164) wurde die starke Verfestigung gehobener Riffe auf die Tätigkeit der Atmosphärlinien, also in erster Linie des zirkulierenden Wassers, zurückgeführt.

Anhaltspunkte bezüglich der Großoolithe geben nun einerseits die entsprechenden, aus Calcitlagen bestehenden Ausfüllungen tektonischer Spalten und andererseits die großoolithischen Bildungen im rhätischen Dachsteinkalk.

Jene beweisen Entstehung nach Einsetzen tektonischer Bewegungen, also doch wahrscheinlich erst nach Heraushebung aus dem Sedimentationsgebiete, diese zeigen, besonders deutlich die unter Nr. 11 und 18 beschriebenen Stücke, Großoolithbildung nach Heraushebung aus der Zone des lebenden Riffes und nach Zertrümmerung der obersten Teile (Dachsteinkalk mit roten Lagen und Linsen). Das Stück Nr. 17 beweist dagegen wiederholte Calcitlagenbildung zwischen den Zeiten der Einschwemmung roten Materials, Ähnliches ist an Nr. 19 zu erkennen, wo rote Einschwemmung noch nach der Großoolithbildung stattfand.

Es läßt sich somit aus diesen (und anderen, hier nicht näher zu besprechenden) Belegstücken erkennen, daß die Entstehung des die Großoolithe einschließenden Gesteins und dieser selbst durch

¹ The Great Barrier Reef of Australia. London 1893.

einen längeren Zeitraum getrennt ist. Erst mußte die Verhärtung und Verfestigung des Riffgesteines erfolgen, dann seine Zertrümmerung, die auch durch Brandungswirkung erfolgt sein kann, bevor die Großoolithbildung beginnen konnte.

Dann aber bestand keine obere Grenze in zeitlicher Hinsicht, abgesehen von der erneuten Senkung unter den Meeresspiegel, und es konnte bei späterer Hebung die Großoolithbildung wieder beginnen und kann sich in gleicher Weise heute noch vollziehen.

Indessen geht aus den Untersuchungen in F u n a f u t i hervor, daß auch die M ö g l i c h k e i t s u b m a r i n e r E n t s t e h u n g nicht ohne weiteres auszuschließen wäre. Ich verweise hier auf die von ANDRÉE (l. c. p. 171—175) angeführten Beobachtungen. Es läge nahe, auch für die Großoolithe gleiche Bildung anzunehmen. ANDRÉE's Abb. 65 zeigt Umwachsung von biogenen Komponenten durch radiafasrige Aragonitrinden. Allerdings handelt es sich hier um sehr kleine Gebilde (größter Durchmesser 0,5 mm) aus der obersten oder Aragonitzone. Abb. 68 läßt, aus dem untersten Teile der Aragonitzone (30 m Tiefe) stammend, die beginnende Umwandlung des Aragonites in Calcit erkennen, zeigt ebenfalls die Schalenstruktur und frei in den Hohlräumen endigende Calcitkristalle.

Selbst in den größten Tiefen der Bohrung (ca. 200 m Tiefe) ließen sich in Hohlräumen konzentrische faserige Schalen beobachten, meist aus Dolomit (Dolomitzone), z. T. aus Calcit. Auch diese Schalen haben sehr geringe Ausdehnung, aber das kann auf den Zufälligkeiten der Bohrung beruhen. Abgesehen von der Größe, zeigt jedoch die Abbildung so große Übereinstimmung mit den Großoolithen, hauptsächlich in der Art der an den fremden Kernen beginnenden Ausfüllung, daß an der Strukturgleichheit beider Gebilde nicht gezweifelt werden kann.

So könnten die Vergleiche mit den rezenten und subrezentem Riffen dazu führen, für die Großoolithe b e i d e E n t s t e h u n g s a r t e n a l s m ö g l i c h anzunehmen. Wenn dabei für die Entstehung unter dem Meeresspiegel, bzw. richtiger unter dem lebenden Riff zunächst Aragonitbildung und erst sekundär Calcitbildung angenommen werden muß, so entfällt diese Notwendigkeit für die Entstehung über dem Meeresspiegel. Vielmehr steht hier nichts der Annahme primärer Calcitbildung im Wege.

Im ersten Falle würde es sich also nach ANDRÉE um Verwesungsfällungskalk handeln, während der zweite Fall eine rein anorganische Ausscheidung wäre.

Da aber die Großoolithe deutlich die Calcitbildung auf festem, bereits verhärtetem Untergrunde erkennen lassen und die schmalen langgestreckten Calcitschalen unzweifelhaft Ausfüllung tektonisch entstandener Klüfte sind oder, wie im rhätischen Dachsteinkalk mit den roten Lagen und Scherben, ihre Entstehung zwischen den durch die Brandung erzeugten Kalksteintrümmern beweisen, so scheidet die submarine Bildung im gesenkten und diagenetisch noch nicht in festes Gestein umgewandelten Riff aus.

Die Großoolithe sind demnach als rein anorganische Gebilde anzusehen, die nach der Diagenese in den Hohlräumen und Spalten des festen Gesteins entstanden sind.

Nach der von KUMM aufgestellten Einteilung der Sphärite¹ wären sie zu den im Wasser entstandenen sphäritischen Kristallisationsniederschlägen, und zwar zu den in Spalten und Höhlen (allerdings sehr geringer Größe) gebildeten Höhlenoolithen zu stellen. Sie gehören somit zu den Sekretionen, die nach der Definition von ROSENBUSCH-OSANN² von außen nach innen gewachsen sind und einen Hohlraum im Gestein zur Voraussetzung haben. Diese Hohlräume entstehen nach ROSENBUSCH bei Sedimentgesteinen durch Auswittern von Gesteinsmaterial oder Fossilien. Dazu muß für die Großoolithe führenden Gesteine noch hinzugefügt werden, daß die Hohlräume in vielen Fällen primärer Entstehung sind und eine häufige Begleiterscheinung der Riffbildung darstellen.

Soweit die Calcitschalen Spalten des Gesteins ausfüllen, fallen sie unter den Begriff der plattenförmigen Sekretionen.

Zusammenfassung.

✓ 1. Die „Großoolithe“ der alpinen Triaskalksteine und -dolomite sind anorganische Bildungen aus Calcitlagen.

2. Sie sind durch Sekretion entstanden, demgemäß von außen nach innen gewachsen und in ihrer Form abhängig von der des Hohlraums.

¹ Zur Klassifikation und Terminologie der Sphärite. Z. D. Geol. Ges. 78. 1926.

² Elemente der Gesteinslehre. 4. Aufl. 1923.

3. Die aus Fremdkörpern (Gestein oder Fossilien) bestehenden „Kerne“ sind nicht allseitig von Calcitlagen umgeben, sondern besitzen stets eine Verbindung mit dem Nebengestein, bilden also nicht die Zentren der Großoolithe.

4. Die Zentren sind entweder durch einen Hohlraum mit frei ausgebildeten Kristallen (Druse) oder durch eine Medianfläche gekennzeichnet, längs welcher die ungefähr parallel den Wandungen des ursprünglichen Hohlraumes liegenden Calcitlagen zusammenstoßen.

5. Die Bildung der Großoolithe ist besonders begünstigt durch die kavernöse Struktur der Riffgesteine, findet aber auch in tektonischen Spalten statt.

6. Die Großoolithe sind nach der diagenetischen Verfestigung des Gesteins entstanden.

7. Die knolligen unregelmäßigen Großoolithe sind leitend für Riffgesteine.

Literatur über Großoolithe.

(Nur die wichtigeren Arbeiten.)

ESCHER v. D. LINTH: Geognostische Beobachtungen über einige Gegenden des Vorarlbergs. Dies. Jahrb. 1846.

— Vorarlberg 1853.

SCHAFHÄUTL: Südbayerns Lethaea geognostica. Leipzig 1863.

STOPPANI: Pétrifications d'Esino. Paléont. Lombarde I. Milan 1858—1860.

BENECKE: Über einige Versteinerungen, insbesondere aus den Umgebungen von Esino. Geogn.-pal. Beiträge. 2. München 1876.

LORETS: Untersuchungen über Kalk und Dolomit. Z. D. Geol. Ges. 30. 1878.

LEPSIUS: Das westliche Südtirol. Berlin 1878.

ROTHPLETZ: Das Karwendelgebirge. Z. D.-Öst. Alpenverein 1888.

FRAAS: Das Wendelsteingebiet. Geogn. Jahreshfte. 3. 1890.

ROTHPLETZ: Über die Bildung der Oolithe. Bot. Centralbl. 51. 1892.

— Ein geologischer Querschnitt durch die Ostalpen. Stuttgart 1894.

SALOMON: Geol. und pal. Studien über die Marmolata. Paläontogr. 42. 1895.

REIS: Erläuterungen zur geol. Karte der Vorderalpenzone zwischen Bergen und Teisendorf. Geogn. Jh. 8. 1895.

TORNQUIST: Neue Beiträge zur Geol. und Pal. der Umgebung von Recoaro und Schio. III. Der Spizz-Kalk. Z. D. Geol. Ges. 51. 1899.

REIS: Über Styloolithen, Dutenmergel und Landschaftenkalk (Anthracolith z. T.). Geogn. Jh. 15. 1902.

WÄHNER: Das Sonnwendgebirge im Unterinntal. Leipzig und Wien 1903.

LINCK: Die Bildung der Oolithe und Rogensteine. Dies. Jahrb. 1903. Beil.-Bd. XVI.

- PHILIPP: Pal.-geol. Untersuchungen aus dem Gebiete von Predazzo. Z. D. Geol. Ges. **56**. 1904.
- SALOMON: Die Adamellogruppe. Abh. K. K. Geol. Reichsanst. Wien. **21**. 1908.
- KALKOWSKY: Über Oolithe und Stromatolithe im norddeutschen Buntsandstein. Z. D. Geol. Ges. **60**. 1908.
- REIS: Erläuterungen zur geol. Karte des Wettersteingebirges. Geogn. Jh. **23**. 1911.
- ROTHPLETZ und GIESENHAGEN: Über die system. Deutung und die stratigr. Stellung der ältesten Verst. Europas und Nordamerikas. 3. Teil: Über Oolithe. Abh. Bayr. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Kl. **29**. 1923.
- EDER: Das Heuberggebiet und sein Vorland. Dies. Jahrb. 1923. Beil.-Bd. LII.

2. Rote Korallen im Dachsteinkalk.

In der Kammerkergruppe am Wege von der Loferer Alm nach Lofer sammelte ich 1926 im obernorischen Dachsteinkalk des Loferer Steinbergtyps (nach HAHN¹) Stücke von Korallenkalk, in welchen sich die Korallenformen durch rote Farbe ausgezeichnet von dem lichtgrauen Kalkstein abheben.

Rote Farbe der Korallen ist in den hellen nordkalkalpinen Riffgesteinen eine recht seltene Erscheinung. Denn in der Regel besitzen die Korallen, selbst wenn ihre Hartteile, wie gewöhnlich, vollständig umkristallisiert sind, eine von der des Nebengesteins nicht oder nur sehr wenig abweichende Farbe, so daß sie oft nur an angewitterten Flächen erkennbar sind.

Die Untersuchung der Stücke ergab nun, daß es sich nicht um rote Korallen handelt, sondern um rote Ausfüllungsmasse der von den Korallen ursprünglich eingenommenen Räume. Es hat demnach hier eine Auflösung und Wegführung der Korallenskelette stattgefunden und eine spätere Füllung der so entstandenen Röhren mit rotem Schlamm.

Auf ähnliche, genetisch gleichartige Vorgänge hat WÄHNER² schon aufmerksam gemacht. Er beschreibt aus dem obersten rhätischen Riffkalk des Sonnwendgebirges teilweise Ersetzung des Kalkspats von Megalodontenschalen durch roten Liaskalk, sowie aus dem Riffkalk von Adneth bei Hallein die Erfüllung von Hohl-

¹ Geologie der Kammerker-Sonntagshorngruppe. Jahrb. öst. geol. Reichsanst. **60**. 1910.

² Das Sonnwendgebirge im Unterinntal. Leipzig und Wien 1903. p. 115.

räumen, die von Korallen herrühren, mit grauem, grünlichem und rotem Liaskalk mit Crinoidenstielgliedern. Ferner erwähnt er den grauen, gelblichen, grünlichen oder roten „Tropfmarmer“ von Adneth, in gleicher stratigraphischer Stellung, der allmählich in den Crinoidenkalk des Lias übergeht. Auch von anderen Stellen, z. B. Basilalm westl. des Achensees und Sonnwendgebirge, gibt er solche Vorkommen an.

Es handelt sich somit in allen diesen von WÄHNER beschriebenen Fällen um Ausfüllung der durch Auflösung der Korallenäste entstandenen Hohlräume mit jüngerem Sediment und zwar solchem des Lias.

Auch meine Stücke zeigen die Ausfüllung mit jüngerem Sediment. Aber dieses Sediment ist mit größter Wahrscheinlichkeit nicht liassischen, sondern noch triassischen Alters und ist durch den schon in der karnischen Zeit beginnenden oder doch wenigstens stärker auftretenden Einschwemmungsvorgang roten, eisenoxydreichen Materials entstanden, der für den Berchtesgaden—Salzburger Faziesbereich große Bedeutung hat.

Diese Einschwemmung ist aber nicht auf das Gebiet dieser Fazies beschränkt, sondern erstreckt sich noch weit nach Westen in das oberbayrisch-nordtiroler Gebiet hinein. Es nimmt dort allerdings an Häufigkeit und Mächtigkeit stark ab, läßt sich aber in der Obertrias immer wieder gelegentlich feststellen.

Daß im Lias allgemein die Zufuhr solchen Materials in das nordkalkalpine Meer wesentlich stärker wurde, habe ich vor kurzem (s. Fußnote 1 p. 389) dargelegt. Es wurde dort auch auf die Bedeutung dieser Zufuhr chersogener Stoffe für die Riffbildung hingewiesen, die im Lias soweit ging, daß zusammen mit anderen Ursachen das Riffwachstum überhaupt aufhörte.

In der Kammerkergruppe, die nach ihrer ganzen Fazies Übergangsgebiet zwischen Berchtesgadener und oberbayrisch-nordtiroler Triasausbildung ist, treten rote Kalke in verschiedenen Stufen auf. HAHN erwähnt sie aus dem obernorischen Kalk des Loferer Steinbergtyps (aus dem auch die roten Korallen stammen), aus den bunten obernorisch-rhätischen Grenzkalken, aus dem Dachsteinkalk des Reiteralmtyps (Stirnrandgebiet der Berchtesgadener Schubmasse), aus den bunten Kalken und Konglomeraten des Rhäts und aus dem oberrhätischen Riffkalk. Aus diesem, der

den obersten Teil der Felsmauer am steilen Südrande der Kammerkergruppe aufbaut, werde ich später noch ein Gesteinsstück beschreiben, das für die Art der Sedimentation des roten Materials wichtige Beobachtungen liefert und die aus den roten Korallen sich ergebenden Folgerungen in wertvoller Weise ergänzt.

Die bräunlichrote Füllmasse der Röhren hat dichte Struktur und läßt keine Textur erkennen. Sie stimmt mit der roten Kalkmasse aus den Riffgesteinen der Berchtesgadener Alpen, die von UDLUFT und mir analysiert und untersucht wurde, so sehr überein, daß es unnötig erscheint, eine chemische Analyse davon zu machen. Für die Altersbestimmung des roten Sedimentes ist eine Analyse zudem wertlos, da ja 1926 gezeigt wurde, daß keine ins Gewicht fallenden Verschiedenheiten zwischen den nach Auflösung und Entfernung von Ca O und CO₂ verbliebenen Rückständen des roten Materials vorhanden sind, ganz gleich, ob es sich um karnischen Hallstätter Kalk, norischen und rhätischen Dachsteinkalk, norischen Hochgebirgsriffkalk oder Adnether Liaskalk handelt.

Im queren Anschliff sind (bei 10facher Vergrößerung) an einem Teil der Röhren Reste der Außenwand mit Teilen der Septen zu erkennen, wodurch die Korallenstruktur nachgewiesen ist. Wahrscheinlich (für sichere Bestimmung ist der Erhaltungszustand zu schlecht) handelt es sich um *Thecosmilia*. Bei einer Koralle ist das Innere von weißer feinkristalliner Calcitmasse ausgefüllt, um sie herum liegt in wechselnder, durchweg sehr geringer Breite und mit Unterbrechungen dort, wo äußere Teile der Septen erhalten sind, die rote Füllmasse, die wieder teilweise von der Wand mit Septenresten umgeben ist.

Sehr kleine Massen des roten Materials liegen auch zwischen den Korallen oder ziehen sich von diesen aus in den die Zwischenräume zwischen den Korallen erfüllenden Kalkstein hinein. Dieser ist lichtgrau, dicht und enthält eine Menge von sehr kleinen Schalenresten, die nicht näher zu bestimmen sind, wahrscheinlich aber der Hauptsache nach von Foraminiferen stammen.

Der Längsschliff zeigt nichts Besonderes, die baumförmige Verzweigung der Korallen ist gut sichtbar.

Die rote Füllung halte ich nach dem schon Gesagten für triassisch. Sie erfolgte, soweit sich das feststellen läßt,

mit größter Wahrscheinlichkeit in der durch stärkere Bodenbewegungen charakterisierten r h ä t i s c h e n Z e i t, nachdem die fast vollständige Auflösung der Korallenskelette stattgefunden hatte.

Dann wäre die Ausfüllung der diagenetisch entstandenen Hohlräume in die Reihe der gleichartigen Vorgänge einzuordnen, die für die Berchtesgaden-Salzbürger Obertrias so bezeichnend sind, auch im oberbayrisch-nordtiroler Gebiete noch gelegentlich auftreten und in ihrer Gesamtheit die mit Unterbrechungen immer wieder erfolgende E i n s c h w e m m u n g v o n c h e r s o g e n e n S t o f f e n i n d a s k a l k a l p i n e M e e r e s g e b i e t b e w e i s e n.

Die Sedimentation dieses in feinsten Verteilung dem Meerwasser zugeführten Materials (nach UDLUFT wäre an Ausflockung des $\text{Fe}(\text{OH})_3$ -Sols bei Zusammentreffen mit den Elektrolyten des Meerwassers und \pm weite Verfrachtung im Meere zu denken) erfolgte am leichtesten, soweit die Riffe in Betracht kommen, in deren Vertiefungen und Höhlungen, und die außerordentliche Feinheit der Flocken ermöglichte ihr Eindringen selbst in die engsten Hohlräume. Das beweisen die Korallenröhren und noch deutlicher die von diesen aus in die kleinsten Hohlräume des Kalksteins sich hineinziehenden Ausfüllungen.

3. Hohlraumsedimentation in Riffkalken.

(Abb. 18 u. 19 Taf. XXXIV).

An der Steinplatte im Südwestteil der Kammerkergruppe fand ich ein Stück lichtgrauen oberrhätischen Riffkalkes, das in klarer Weise seine Zusammensetzung aus zwei altersverschiedenen Gesteinen erkennen läßt. Oberer und unterer Teil des Stückes (s. Abb.) bestehen aus massivem Kalkstein, die Mitte aber wird von einer Reihe unter sich konkordanter, dünner Lagen von sehr feinkörnigem, makroskopisch dicht erscheinendem rotem und lichtgrauem Kalkstein gebildet, der sich durch die Schichtung und das feinere Korn ebenso wie durch seine vorwiegend rote Farbe deutlich von dem hangenden und liegenden Riffkalk unterscheidet.

Die Grenze zwischen geschichtetem und Riffkalk tritt scharf hervor. Sie ist ganz unregelmäßig und wird durch die Wände eines Hohlraumes im Riffkalk gebildet. Dieser Hohlraum ist an der

Vorderseite 7—8 cm hoch, nach links, 1 cm vom linken Bildrande, wird er wesentlich niedriger, mißt an der dort liegenden, auf dem Bild nur undeutlich erkennbaren Kante nur noch 3 und dann sinkt seine Höhe herab auf 2 und 1 cm (auf dem Bilde als dunklere Partie kenntlich), bis sie an der Rückseite mit 0,5 cm ihr Minimum erreicht.

Auch nach rechts erfolgt rasche Abnahme der Höhe, der Hohlraum läuft dort auf der Rückseite spitz zu und dieses spitze Ende bleibt 13 mm von dem von links herziehenden Ende entfernt.

Die Form des Hohlraumes ist somit ganz regellos. Es läßt sich an dem freiliegend gefundenen Stück auch nichts über die Art der Hohlraumfortsetzung nach vorn aussagen, doch ist sicher, daß sich der Hohlraum noch beträchtlich weit dorthin erstreckt hat.

Für die hier zu besprechende Frage der Füllung des Hohlraumes mit dem feingeschichteten Material ist es belanglos, wie ausgedehnt er war, und es genügt die Feststellung, daß der Riffkalk unregelmäßig gestaltete und in ihrer Größe sehr verschiedene Hohlräume besitzt. In ihnen setzte sich das spätere Sediment ab.

Bevor ich auf dieses eingehe, erscheint es angebracht, die Beschaffenheit des Riffkalkes zu untersuchen.

Die auffallendsten Merkmale, die ihn von der Füllmasse unterscheiden, sind Schichtungslosigkeit, etwas gröberes Korn und Erfüllung mit Organismenresten verschiedener Art, die an den angewitterten Flächen deutlich hervortreten. Es lassen sich feststellen: Querschnitte von *Megalodon* (auf der Rückseite), von turmförmigen *Gastropoden* (oben), knollen- und lagenförmige Gebilde von *Hydrozoen* und *Kalkalgen* aus der Familie der *Corallinaceen* (beide ober- und unterhalb der Füllmasse).

Die Organismenreihe ist somit die gleiche, die WÄHNER aus dem oberrhätischen Riffkalk des Sonnwendgebirges beschrieben hat. Besondere Aufmerksamkeit verdienen die *Hydrozoen* und *Corallinaceen*. Jene stimmen in ihrer Struktur vollkommen mit den Stücken aus dem Sonnwendgebirge überein und zeigen demgemäß große Ähnlichkeit mit jurassischen *Ellipsactinien*. Die äußere Form ist unregelmäßig, die Stücke erscheinen als mehr oder weniger dicke knollige Überzüge auf Kalkstein und Fossilien, mit welligen Biegungen aller Lagen, aus denen die Stücke zusammengesetzt sind.

Vertikale Pfeiler zwischen den einzelnen unter sich parallelen Lagen konnte ich an den angewitterten Stellen nicht beobachten. Die genaue Beschreibung wird erst später erfolgen, deshalb genügt es hier, darauf hinzuweisen, daß auch WÄHNER nur gelegentlich solche Pfeiler feststellen konnte. Dieses Fehlen der Pfeiler zwischen den meisten Lagen scheint ein generisch verwertbarer Unterschied gegenüber anderen Hydrozoen, z. B. *Sphaeractinia*, zu sein.

Die *Corallinaceen* gehören zu der von WÄHNER beschriebenen *Cheilosporites tirolensis*. Schon HAHN fand sie in der Kammerkergruppe an der Perchtalm und an der Südwestseite der Steinplatte, von der auch das vorliegende Stück stammt. Die Ausbildung stimmt vollständig überein mit der Beschreibung WÄHNER'S: Verästelung, kreisförmiger Querschnitt, napf- oder schüsselförmiger Längsschnitt und stielartiger Fortsatz der Glieder nach unten in eine zylindrische Höhlung des tieferen Gliedes, wodurch vielfach der Zusammenhang zwischen einer größeren Zahl von Gliedern erhalten blieb.

In und auf dem Riffkalk zeigen sich ferner einige *Großoolithstrukturen*.

Die Unterkante des Hohlraumes läßt an zwei Stellen: 2 mm vom rechten Rande aus 1,5 cm weit und unter der tiefsten dunklen Füllmasse ebenfalls 1,5 cm weit (auf dem Bilde als dunkle Höhlung mit weißem Rand rechts) *Calcitlagen* erkennen. Sie sind an der rechten Stelle 1—2 mm dick und ziehen sich nach rechts abwärts in den Riß hinein, dort ist ein kleiner Hohlraum von ihnen ausgefüllt nach Art der Großoolithbildung, im übrigen Teile bestehen sie im Querschnitt aus zwei Lagen, die am linken spitzwinkeligen Ende erkennen lassen, daß es in Wirklichkeit nur eine einzige, von den Wänden dieses kleinen Hohlraumes gegen innen gewachsene Lage ist.

Etwas größer ist der von den Calcitlagen ausgefüllte Raum an der linken Stelle. Bei ihm ist deshalb die großoolithische Ausfüllung schon makroskopisch deutlich zu erkennen. Die Form dieses Hohlraumes ist im Querschnitt unregelmäßig fünfeckig, rechts unten erstreckt sich ein spitz zulaufender Fortsatz, der sich vor seinem Ende noch etwas erweitert, 10 mm weit in den Riffkalk hinein, und ebenso verlängert sich der Großoolith rechts oben 8 mm weit.

Das aufgebrochene Innere des Großoolithes zeigt vielfach die freien Skalenoderspitzen der Calcitlagen, so daß wahrscheinlich der Innenraum hohl geblieben war. Ein kleineres und ein größeres hellrotes eckiges Kalkstückchen liegen im Innenraum; es läßt sich nicht entscheiden, ob sie nach rückwärts mit dem Kalkstein in Verbindung stehen.

An rechter und linker Außenseite des Großoolithes sind ganz dünne Lagen von rotem Kalk. Zusammen mit anderen apophysenartigen roten Kalklagen im unteren Teil des Riffkalkes deuten sie darauf hin, daß zuerst Einschwemmung von rotem Material erfolgte und dann erst die Großoolithbildung.

Klarer wird die Reihenfolge der Vorgänge bei Betrachtung der oberen Begrenzung des Großoolithes. Er endigt mit einer glatten, durch eine kleine Verschiebung zerschnittenen Fläche und über dieser liegt eine 0,5 mm dicke gelbbraune Lage, darüber folgt eine 1 mm dicke rote Lage, dann folgt die erste der bis an den rechten Rand aushaltenden Lagen.

Wäre die Großoolithstruktur entstanden vor dem Absatz des gelbbraunen Materials, dann könnte sie nicht die horizontale obere Grenzfläche haben, vielmehr hätte sie sich nach den Seiten hin ausbreiten und die Unterfläche des großen Hohlraumes überkrusten müssen. Deshalb kann die Ausfüllung des Hohlraumes unter der gelbbraunen Lage nur nach deren Entstehung erfolgt sein. Es muß unentschieden bleiben, ob dieser Hohlraum schon vorher vorhanden war und durch irgend eine Art von Absperrung vor der Zufüllung mit dem gelbbraunen Material geschützt blieb, oder ob er durch spätere Auslaugung von Riffkalk entstand. Wahrscheinlicher ist dieses der Fall gewesen, hier wie bei der Großoolithstruktur rechts, und die roten Lagen beiderseits des linken Großoolithes deuten auf feine Spältchen oder Risse, von denen aus die Auflösung des Riffkalkes vor sich gegangen sein mag, während sie rechts an der Grenze zwischen Füllmasse und Riffkalk erfolgte.

Ich komme zur Beschreibung der Füllmasse. Ihre auffallendsten Eigenschaften sind die (teilweise) rote Farbe und die Feinschichtung, sowie das Fehlen makroskopisch sichtbarer Fossilien.

Die Rotfärbung ist nicht vollständig. Es schalten sich vielmehr schon in der unteren Partie dünne, verschieden weit aushaltende graue Lagen ein, das gleiche wiederholt sich in der

Mittelpartie und in der oberen Partie erfolgt ein ziemlich allmählicher Übergang durch immer heller werdende rote Lagen in solche von grauer Farbe, die mit der des Riffkalkes nahezu übereinstimmt. Die Füllschichten liegen horizontal, im einzelnen sind jedoch kleine Abweichungen von der Horizontalen vorhanden. Am stärksten sind sie bei den untersten Lagen. Das sind die *Transgressionslagen*, nämlich der Transgression des roten Sedimentes über die unregelmäßige Oberfläche der Unterseite des Hohlraumes. Seine tiefste Stelle und demzufolge auch erste Transgression liegt über dem linken Großoolith, die von dort erwähnte gelbbraune und die darüber folgende rote Lage sind mit 20° nach links geneigt und gleiche Neigung besitzt die darüber folgende dunkelste rote Lage, die nach links noch über die liegende rote Schicht und über Riffkalk übergreift. Sie ist dort 9 mm dick, nach rechts wird sie dünner (6 mm), an dem dort befindlichen Riffkalkhöcker sinkt ihre Dicke auf 2 mm und von dort zum rechten Rand misst sie 4–5 mm.

Auch die folgenden, etwas helleren roten Lagen sind links noch schwach dorthin geneigt, während sie rechts schon horizontal liegen, soweit sie sich nicht ausdünnen oder ganz auskeilen.

Überhaupt zeigt die genauere Untersuchung der Füllschichten kleine Lagerungsdiskordanzen in größerer Zahl. Sie sind wichtig deshalb, weil sie erkennen lassen, wie die Schichtenbildung im einzelnen vor sich ging. Es tritt hier die Abhängigkeit von Stärke und Dauer der Wasserbewegung deutlich hervor und es ergibt sich das Bild einer diskordanten Parallelstruktur, die allerdings äußerst flache Neigungswinkel hat.

Die Einschaltung von grauen Lagen, bei denen schon wegen des Farbunterschiedes das Auskeilen deutlicher hervortritt als bei den roten Lagen, beweist die Episodizität der Einschwemmung von Sediment und den gelegentlichen Wechsel des Sedimentmaterials.

Im ganzen können zwei größere Abschnitte der Sedimentation unterschieden werden: der erste beginnt mit der Transgression, die untersten Schichten zeigen noch starke Abhängigkeit von der Riffkalkoberfläche, haben Neigung nach innen (links), deshalb tritt bei den Schichten des ersten Abschnittes Ausdünnung und Auskeilen recht oft auf. Dann schalten sich rechts einzelne graue Lagen ein.

Ohne scharfe Grenze folgt darüber der zweite Abschnitt. In ihm geht die Transgression weiter, nach links in den niedrigen rückwärtigen Teil des Hohlraumes und ebenso nach rechts. Dort erfolgt vollständige Zufüllung mit rotem Sediment, im weiteren Fortgang der Füllung entstehen im Hauptraum zunächst vorwiegend rote Schichten, in höherem Niveau schalten sich graue ein und die obersten 3 cm des Hohlraumes enthalten zwischen den grauen nur noch ganz wenige blaßbrötliche Schichten von sehr geringer Dicke.

Im ganzen ergibt sich zunächst vorübergehendes, später vollständiges Aufhören der Zufuhr von rotem Sediment.

Für die mikroskopische Untersuchung der Füllschichten wurde ein 6,8 cm langer Anschliff (s. Abb. 18 rechts) hergestellt, der es gestattet, von der Unterlage der Füllmasse aus deren gesamte Schichtreihe zu studieren. Die Auflagerungsfläche zeigt im Querschnitt ihre unregelmäßige Form, die von der Füllmasse nicht nur durch den Farbenunterschied, sondern auch durch eine sich scharf ausprägende Linie getrennt ist.

Die unterste, dunkelste Lage der Füllmasse besteht aus dicht gepackten rundlichen und eckigen Körnern, teils dunkler, teils heller. Die Oberfläche dieser Lage ist ebenfalls noch unregelmäßig, mit kleinen eckigen Erhöhungen, dann folgt eine hellere rote Lage, die kleinere dunklere rote Körner enthält und über ihr liegt eine Schicht aus größeren roten Körnern (bis 1 mm Durchmesser) mit vereinzelt hellen Kalkspatfüllungen dazwischen. Sie stößt links unter einem Winkel von 12° an die unterste Schicht, die Zwischenschicht keilt dorthin aus und damit ist die im ganzen horizontale Schichtfolge erreicht, die jetzt, nach Ausgleichung der durch den unebenen Untergrund hervorgerufenen anfänglichen Schräglage, herrscht.

Die folgenden Schichten besitzen im allgemeinen gleiche Struktur und Zusammensetzung wie die unteren. Die Farbe ist abhängig von Menge und Größe der roten Körner, im ganzen nimmt Korngröße und -menge nach oben ab. Die Räume zwischen den roten Körnern sind ausgefüllt mit glasklarem oder weißem Calcit, der wahrscheinlich, wenigstens teilweise, von Organismenresten (Foraminiferen?) her stammt, andere Teile der Schichten bestehen aus dichtem hellem Kalkmaterial in amorpher Form und gegen das Hangende wird mehr und mehr der kristalline Anteil verdrängt von dem amorphen.

Kleine helle Körnchen von 0,2—0,1—0,05 mm Durchmesser setzen die Hauptmasse einer höheren Lage zusammen, finden sich aber auch, bald häufiger, bald nur vereinzelt, in den anderen Lagen. Ihre Natur ließ sich nicht feststellen, organischer Ursprung ist naheliegend wegen der rundlichen Formen.

Ein Dünnschliff aus der untersten roten Lage läßt die Zusammensetzung deutlich erkennen. Dreierlei Bestandteile sind vorhanden: 1. Die roten Körner mit runden, elliptischen und unregelmäßig eckigen Formen, in der Größe wechselnd zwischen Durchmessern von 0,3 mm bis herab zu 0,05 mm, auch in der Farbe verschieden von dunkelrot bis gelbrot.

2. Weißlichgraue Körner, mit gleichen Formen und Größen wie die roten. Es sind Ausfällungen von amorphem Kalkcarbonat. Sie bilden zusammen mit den roten Körnern und gleichwertig mit diesen die primäre Sedimentmasse.

Vereinzelte Schalenbruchstücke liegen ebenfalls, wenn auch spärlich, in dem Gestein.

3. Lichtgelblicher Calcit füllt die Zwischenräume zwischen den roten und weißlichen Körnern aus und gibt sich damit als sekundäres Bindemittel zu erkennen.

Späterer Entstehung sind die Calcite, die in den schmalen, den Schliff in verschiedenen Richtungen durchsetzenden Spalten zur Ausscheidung gekommen sind. Diese Verwerfungen treten scharf hervor und lassen die intensive Zertrümmerung erkennen, welche die gesamten Gesteinsmassen betroffen hat. Nicht weniger als drei verschieden alte Verwerfungsgruppen sind sichtbar, die sich gegenseitig verwerfen, dazu tritt Zerschlagen und Auskeilen von Gängen, so daß diese Mikrostruktur ein getreues Abbild der Makrostruktur gibt. Denn sowohl der Anschliff als auch das Handstück selbst zeigen Verwerfungen und Spalten in der Füllmasse, und einige setzen sich noch in den Riffkalk fort. Die Verschiebungen an diesen Verwerfungen sind allerdings sehr gering und treten erst bei stärkerer Vergrößerung deutlich hervor.

Diese Zusammensetzung der Füllmasse stimmt in allen wesentlichen Eigenschaften überein mit derjenigen der roten Kalke, die UDLUFT und ich aus dem Berchtesgadener Gebiete beschrieben haben. Als ein Unterschied gegenüber der damals gegebenen Be-

schreibung wäre hervorzuheben: die weißliche Masse hat ebenfalls noch körnige Beschaffenheit und beide Körnergruppen, die roten und die weißlichen, sind als gleichzeitige Bildungen deutlich kenntlich. Damit steht in Zusammenhang die stärkere Beteiligung von Calcit gegenüber jenen Stücken, so daß der Calcit als Bindemittel erscheint.

Die Körner dürften als kolloidale Niederschläge aufzufassen sein, die seitdem keine stärkere diagenetische Umwandlung, abgesehen von Verfestigung, mehr erfahren haben.

Es bedarf nach dem bisher Gesagten keiner näheren Begründung mehr für die Gleichsetzung des roten Kalkes mit den für den Dachsteinkalk bezeichnenden roten Lagen und Linsen. Von diesen wurde in einer früheren Arbeit eine größere Anzahl untersucht und chemisch analysiert, woraus sich eine Reihe von Ergebnissen für die Entstehungsart dieser Sedimente ableiten ließ.

Während es sich aber bei jenen Proben vorwiegend um solche aus mehr oder weniger weit aushaltenden Lagen oder um Stücke aus zertrümmerten Lagen handelte und überhaupt die Lagerung dort weniger eingehend untersucht wurde, weil es damals in erster Linie darauf ankam, Klarheit über die Sedimente und die Herkunft der Stoffe zu gewinnen, konnte bei dem vorliegenden Stück das Hauptgewicht auf die Untersuchung der Lagerungsverhältnisse gelegt werden, da die petrographische und chemische Beschaffenheit der Füllschichten nach jenen Untersuchungen als hinreichend geklärt angesehen werden kann.

Es zeigt sich somit hier die langsame Ausfüllung eines Hohlraumes im Riffkalk von der Seite her. Das sedimentbeladene Wasser dringt von vorn in den dort breiten Hohlraum ein, lagert zunächst nur im vorderen Teil Transgressionsschichten ab, bis nach Auffüllung dieses tieferen Teiles auch die rückwärtigen niedrigen und in höherem Niveau liegenden Teile ausgefüllt werden, worauf dann wieder nur im vorderen Teile Sedimentation stattfindet, bis endlich der ganze Hohlraum ausgefüllt ist.

Wechsel in der Stoffzufuhr ist kenntlich durch Einschaltung grauer Lagen, nach oben tritt rotes Material immer mehr zurück und im obersten Teil wird nur graues Material zugeführt. Die Sedimentation erfolgt in sehr ruhigem Wasser, denn

abgesehen von dem geringen Ausdünnen und Auskeilen einzelner Schichten liegen sie horizontal und enthalten keine Bestandteile von größerem Korn, vor allem fehlen selbst sehr kleine Trümmer des Riffkalkes in der Füllmasse, die bei stärkerer Wasserbewegung vorhanden sein müßten.

Die Seltenheit organischer Reste in der Füllmasse muß als zufällig angesehen werden. Denn in entsprechenden Stücken aus dem Berchtesgadener Gebiete konnte früher ziemlich reicher Gehalt an Foraminiferen nachgewiesen werden, in anderen, mir vorliegenden Stücken vom Breithorn und von der Hochalm im Hochkalterstock sind solche mit vorwiegend roter Masse ausgefüllte Hohlräume voll von Brachiopoden (*Rhynchonellina iuvavica*, s. Abb. 19 Taf. XXXIV) und das gleiche erwähnt schon JOH. WALTHER¹ aus dem Dachsteingebirge: „Fast alle diese Tiere sind einander parallel so orientiert, wie lebende Brachiopoden mit ihrem Stiele angeheftet sind, und der erste Blick lehrt, daß sie in einer Höhlung gelebt haben, später von übergeflossenem Schlamm eingehüllt und begraben wurden.“

Ich habe schon früher darauf hingewiesen, daß das Auftreten von Gesteinslinsen mit reichem Versteinerungsinhalt als typisch für Riffgesteine bezeichnet werden kann². Es ist das eine Erscheinung, die gerade für die Kalkalpen schon lange bekannt ist und häufig erwähnt wurde, besonders durch v. MOJSISOVIC³, der es als geradezu charakteristisch für die Alpen bezeichnete, „daß die meisten der fossilführenden Ablagerungen, weit entfernt, kontinuierliche, über größere Strecken verbreitete Schichten zu bilden, nur sporadisch auftretende, linsenförmige Einschaltungen darstellen“.

HÄBERLE untersuchte die Entstehung solcher Linsen und Nester eingehend⁴ und erörterte die verschiedenen Möglichkeiten. Es ergibt sich daraus für die Fossilnester im Riffkalk, soweit in

¹ Die gesteinsbildenden Kalkalgen des Golfes von Neapel und die Entstehung strukturloser Kalke. Z. Deutsche Geol. Ges. 37. 1885. 353—354.

² Lithogenetische Untersuchungen in den Kalkalpen. Centralbl. f. Min. etc. 1925. Abt. B.

³ Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien. Wien 1879.

⁴ Über die Entstehung von Lumachellen, speziell in der Form von Nestern etc. Verh. Naturhist.-Mediz. Verein Heidelberg. 9. 1908.

ihnen die Fossilien unzerbrochen auftreten, nur Entstehung an Ort und Stelle als möglich, während bei zerbrochenen Schalen und wirrer Formenmischung die verschiedenen Arten der Zusammenschwemmung in Betracht kommen.

Belege für diese Entstehung am Orte des Wachstums der Fossilien konnte ich im Berchtesgadener Gebiete mehrfach finden. Oberhalb der Hochalm im Hochkalterstock und am Breithorn im Steinernen Meere sind solche Hohlräume erfüllt mit Tausenden von *Rhynchonellen* (*Rh. iwavica*). (s. Abb. 19 Taf. XXXIV). Sie sind vorwiegend klein, unzertrümmert, häufig in paralleler Lage, die Räume zwischen den Brachiopoden sind ausgefüllt mit dem roten Kalk und die Stücke zeigen unzweifelhaft das gleiche, was WALTHER seinerzeit schon im Dachsteingebirge beobachtet hatte.

Im Anschliff tritt die sekundäre Natur der roten Füllmasse klar hervor. Die Brachiopoden sind weitaus in der Mehrzahl zweiklappig erhalten, ihr Inneres ist ausgefüllt von glasklarem Calcit, der öfters schalige Struktur hat und dann das gleiche Bild wie Großoolithe gibt. Auch außerhalb der Brachiopodenschalen liegen Großoolithgebilde, die Räume dazwischen \pm ausfüllend. Deshalb findet sich die rote, z. T. auch gelbbraune oder lichtgraue Füllmasse nur in den letzten freigebliebenen Räumen als größere zusammenhängende Ausfüllung und in schmalen Bändern um Großoolithe und Brachiopoden herum oder, wo Möglichkeit dazu gegeben war, auch in einzelne Brachiopoden eindringend und sie teilweise ausfüllend.

Es sind demnach bei diesen Stücken die Großoolithstrukturen vor der Einschwemmung des roten Materials entstanden, während für die entsprechenden Gebilde in dem Dachsteinkalk der Steinplatte Entstehung nach der roten Sedimentation angenommen werden mußte.

Wie im Abschnitt über die Großoolithe näher dargelegt wurde, fand ihre Bildung in verschiedenen Zeiten statt oder, richtiger ausgedrückt, sozusagen dauernd, auch zwischen den episodisch auftretenden Einschwemmungen roten Materials, und es ist keine obere zeitliche Grenze festzustellen, die etwa den Abschluß der Großoolithbildung bezeichnen würde.

Durch die Zufuhr des roten, Fe_2O_3 -haltigen Sedimentes treten solche Nester und Linsen besonders auffällig hervor. Daß aber

auch vielfach derartige Nester ohne Rotfärbung vorkommen, wurde schon in einer früheren Arbeit erwähnt (l. c. p. 223) und dort wurde auch auf die genetische Gleichheit der Linsen von Hallstätter Kalk mit diesen sowie mit der hier näher untersuchten Art von Hohlraumfüllung hingewiesen.

Die Hohlraumsedimentation erweist sich somit als integrierende Begleitfazies der Riffbildung und gerade die Hohlräume in den Wänden der Riffe, sowie auf ihrer jeweiligen Oberfläche, die durch Senkung vom jüngeren Riff überwachsen werden und dann fossil als Linsen und Nester im Innern der Riffe erscheinen, sind von größter Bedeutung für die Erforschung der biologischen und lithogenetischen Verhältnisse, da sie eine Menge von Tatsachen dafür liefern und so die aus den Riffgesteinen allein erzielbaren Ergebnisse in hohem Maße erweitern.

4. Dolomit-Einlagerungen und endogene Breccienbildung im Wettersteinkalk.

(Abb. 20 bis 22 Taf. XXXIV u. XXXV.)

An der Südseite der Großen Arnspitze bei Scharnitz fand ich im oberen Wettersteinkalk Stücke von eigenartiger brecciöser Struktur. Der lichte, gelblichgraue Kalkstein wittert hellgrau an und von ihm heben sich dadurch deutlich Einlagerungen von lichtbräunlicher, meist aber weißer Farbe ab. Sie sind in den verschiedensten Größen vorhanden, in den mir vorliegenden Stücken messen die größten Einlagerungen 8 cm Länge (ohne daß auf beiden Seiten das natürliche Ende erreicht würde) und 3 cm Dicke, die Mehrzahl ist kleiner: 4—2 cm Länge, 1 cm Dicke und noch kleinere Trümmer bis herab zu Durchmessern von 0,2 mm sind in großer Zahl vorhanden.

Bei den größeren Trümmern überwiegt die langgestreckte Form und teilweise ist deren Lagerung unter sich noch mehr oder weniger parallel, so daß sie, wenn auch undeutlich, eine Art von Schichtung im Kalkstein erkennen lassen.

Es zeigt sich indessen dort, wo bei solcher Lagerung noch primäre Endigungen erhalten sind, häufig eine Dickenabnahme nach den Seiten hin, woraus auf ursprüngliche, verschieden weit aushaltende, allseits auskeilende und somit im ganzen die Form sehr flacher Linsen besitzende Gestaltung geschlossen werden muß.

Diese primäre Form der Einlagerungen ist nun in hohem Maße zerstört und ersetzt durch eine intensive Zertrümmerung, wodurch die frühere horizontale Einschaltung teilweise ganz verloren gegangen und das Haufwerk von Trümmern verschiedenster Größe entstanden ist.

Die Abbildungen geben eine Vorstellung von diesen Strukturen. Bei dem *angewitterten Stück* (Abb. 20) sind die Einlagerungen vielfach, weil weniger widerstandsfähig, verschieden weit aufgelöst, wodurch das Gestein löcherig ist und eine Vorstufe der Rauhackebildung darstellt. Die ursprünglich horizontale Stellung der Einlagerungen wird auch durch die gelegentlich in ihnen zu sehende Schichtung bezeugt, die durch die Verwitterung noch deutlicher hervortritt.

Das *angeschliffene Stück* (Abb. 21) läßt die Textur noch klarer erkennen. Es zeigt eine untere und obere, ziemlich kompakte horizontale Lage bzw. Reihen von Lagen, dazwischen liegt eine wirrstruierte Breccienzone, rechts unten zeigt sich der Beginn einer weiteren solchen und oben (außerhalb des Anschliffes) folgt wieder eine Breccienzone. Sie hängt rechts oben mit der Mittelzone zusammen, infolge des dorthin auskeilenden Endes der oberen Horizontallage, und diese ist, ebenso wie die untere, nur ein größerer Horizontaleinschluß in der Gesamtbreccie.

Das Stück gewährt weitere Einblicke in die *Beschaffenheit der Einsprenglinge*. Während sie auf den angewitterten Flächen durchwegs helle leuchtende weiße Farbe mit Stich ins Gelbliche besitzen, zeigt der Anschliff eine reiche Folge von verschiedenen Farben in braun, rötlichbraun, hellbraun, bräunlichweiß. Die schichtige Textur tritt sehr deutlich hervor, die Schichtflächen sind nicht eben, sondern schwach und unregelmäßig gewellt, die Schichten schwellen an und ab bis zu vollständigem Auskeilen, andere Schichten schieben sich ein und lassen Divergieren der sehr dünnen Schichten (1—0,25 mm) klar erkennen. Öfters ist keine scharfe Grenze zwischen einzelnen Schichten vorhanden und die Schichten unterscheiden sich dann nur durch verschiedene Färbung.

Einzelne der Einsprenglinge sind erfüllt mit kleinen Körnern von gleicher Beschaffenheit wie der normale Kalkstein. Sie liegen teils regellos verteilt, teils in Lagen angeordnet bzw. in Lagen angereichert, ihre Formen sind unregelmäßig eckig, die Größe

ist verschieden, 0,5—0,01 mm Durchmesser. Einige größere Körner dürften von Fossilresten stammen, an einer Stelle liegt ein Schalenstück, flach gewölbt, von 6 mm Höhe.

Im Dünnschliff zeigen sich diese Körner in den Einsprenglingen als Kalkspathäufchen. Darauf ist es auch zurückzuführen, daß manche der Einsprenglinge, mit verdünnter Salzsäure beputzt, aufbrausen, andere, in denen weniger Kalkspat liegt, nicht. Die Einsprenglinge und damit auch die ursprünglichen Linsen sind dolomitisch, im Gegensatz zu dem normalen Wettersteinkalk.

Dieser selbst besteht aus Körnern von Kalkspat, die unregelmäßige Form haben. Es lassen sich zwei Gruppen unterscheiden: die eine aus solchen mit deutlich (bei 100 facher Vergrößerung) hervortretenden Kristallkörnern, die andere aus Häufchen von bei dieser Vergrößerung gerade noch als Kalkspat erkennbaren Körnchen. Beide Gruppen sind unregelmäßig durcheinander gemengt.

Auch die Dolomittrümmer bestehen aus feinkristalliner körniger Masse, die im ganzen etwas dichter ist als die des Kalksteins und mit den schon erwähnten verschieden großen Kalkspathäufchen durchsetzt ist.

Im ganzen ergibt die mikroskopische Untersuchung eine durchaus klastische Struktur des Gesteins. Das stimmt überein mit den, allerdings bisher nur sehr spärlichen entsprechenden Beobachtungen anderer Autoren über die Struktur des Wettersteinkalkes, woraus sich die Art der mechanischen Bearbeitung dieses Gesteins und petrographisch gleichartiger Gesteine ergibt.

Die verhältnismäßig große Starrheit und Sprödigkeit des Riff-Kalksteins erzeugt bei Gebirgsdruck eine sehr starke Zertrümmerung, die das vorher schon durch Diagenese vorwiegend kristallinisch gewordene Gestein in eine endogene Breccie umwandelt. Infolge der geringen Größe der einzelnen Trümmer wird diese Breccienstruktur erst bei stärkerer Vergrößerung sichtbar, deshalb wird sie auch meist übersehen und vernachlässigt.

Bei den vorliegenden Stücken tritt sie aber schon makroskopisch deutlich hervor durch den Farbunterschied der Dolomitfetzen gegenüber dem Kalkstein und es hat sich gezeigt, daß jedes dieser Trümmer, sowohl Kalkstein als auch Dolomit, selbst wieder

aus kleineren und kleinsten Trümmern zusammengesetzt ist, die infolge der herrschenden Drucke (tektonischer Druck, Belastungsdruck) keine Möglichkeit zu größeren meßbaren Verschiebungen hatten.

Solche Verschiebungen lassen sich nur bei den größeren Trümmern feststellen, hauptsächlich wieder mit Hilfe der zerfetzten Dolomitlinsen, die so den Beweis für die starke Druckwirkung geben.

Außerdem sind in dem einen Stück (s. Abb. 20) deutlich Fugen zu erkennen, die besonders im frischen Bruch zur Annahme von Schichtfugen verleiten könnten. Es zeigt aber die Struktur des Gesteins, daß es sich hier um Druckklüfte handelt, die unter einem Winkel von 60° zu der Hauptrichtung der Dolomitlinsen verlaufen. Sie sind ebenso wie schmale, mit Kalkspat ausgefüllte Klüfte, die das mikroskopische Bild im Kalkstein und Dolomit erkennen läßt, jünger als die Breccienbildung, da sie ohne Richtungsänderung durch beide Gesteinsarten hindurchsetzen.

Die Frage, ob der Dolomit primär oder diagenetisch entstanden ist, läßt sich nicht entscheiden. Sicher waren ursprüngliche Verschiedenheiten des Sedimentes vorhanden, was durch die Form und Ausbildung der Dolomitlinsen bewiesen wird. Ob aber diese Verschiedenheiten auch schon chemische waren, muß dahingestellt bleiben. Es könnte angenommen werden, daß stellen- und zeitweise unter flacher Wasserbedeckung eine Abscheidung von Dolomit stattfand, wobei weniger der Magnesiumgehalt des Meerwassers, als vielmehr der Gehalt der Organismenhardtteile (Kalkalgen, Korallen) an Magnesiumcarbonat stoffliefernd anzunehmen wäre. Flache Eintiefungen an der jeweiligen Oberfläche des Riffes können dann mit dem feinsten Schlamm, der durch Zerstörung an anderen Stellen des Riffes in gelöster Form im Wasser enthalten ist, ausgefüllt werden, wobei eine ziemlich weitgehende, wenn auch, wie die vereinzelt Kalkspathäufchen im Dolomit beweisen, nicht vollständige Trennung der beiden Carbonate entsteht.

Auch seitliche Hohlräume und Lücken des Riffes können mit solchen wagrecht liegenden Feinschichten ausgefüllt werden, wie das im vorhergehenden Abschnitt beschriebene Riffgestein zeigt. Dort bestehen die Füllschichten aus Kalkstein, lassen aber

in ihrer Textur, besonders in dem öfteren Auskeilen einzelner Lagen, die gleichen Erscheinungen erkennen wie die Schichten der Dolomitlinsen, so daß es sich genetisch-texturell um gleiche Vorgänge handelt.

Das Vorkommen solcher Dolomitlinsen ist keine vereinzelte Erscheinung. Ich fand sie auch im südlichen Wettersteingebirge im obersten Wettersteinkalk oberhalb der Wangalm und konnte bei meinem Aufenthalt in München im Herbst 1926 in der paläontologisch-stratigraphischen Staatssammlung ein gleiches Stück Wettersteinkalk vom Südhang des Hochkienberges bei Seehaus (Chiemgauer Alpen), von NOETH gesammelt, auffinden und zur Untersuchung mitverwerten.

Das Stück vom Hochkienberg zeigt vollständige Übereinstimmung mit den Stücken von der Arnspitze, so daß eine nähere Beschreibung unnötig ist.

Das Vorkommen von der Wangalm läßt makroskopisch viel weniger Dolomittrümmer, dagegen besonders deutlich die starke Zertrümmerung des gesamten Gesteins erkennen. Im Anschliff (Abb. 22) tritt die Breccienstruktur klar hervor, dort zeigen sich auch viele kleine Dolomitfetzen von lichtbräunlichen Farbtönen. Teilweise sind sie stark mit Kalkspatkörnern und -häufchen durchsetzt, Schichtung ist in den größeren Fetzen zu sehen.

Zusammen mit den dunkleren, graubraunen feinkristallinen Kalksteintrümmern bilden die Dolomitfetzen die primären Komponenten der Breccie.

Die Ausfüllungsmasse besteht aus glasklarem, gröber kristallinem Kalkspat und Pyrit. Der Kalkspat liegt meist in den ursprünglichen Hohlräumen zwischen Kalkstein- und Dolomitfetzen, an einer Stelle des Anschliffes ist er zwischen zwei Schichten des Dolomites eingedrungen.

Auch die Erzpartikel liegen in den ursprünglichen Hohlräumen der Breccie, zusammen mit dem Kalkspat, in diesem regellos verteilt oder meist an den Außenrändern der Kalkspatfüllungen schmale Säume bildend. Der Kalkstein ist erzfrei, dagegen ist die schmale Dolomitschicht, die durch Kalkspat von den anderen Dolomitschichten abgetrennt ist, mit Erzkörnern reich gespickt und einige andere Dolomitfetzen enthalten gleichfalls Erzkörner. Wo reichere Erzanhäufungen liegen, ist der Kalkspat dunkelgrau.

Jüngerer Entstehung sind schmale Sprünge in der Breccie, an denen teilweise nur geringe Verschiebungen erfolgt sind, während die breiteren unter ihnen mit lichtem Calcit ausgefüllt sind. Sie setzen ganz unabhängig von den einzelnen Komponenten der Breccie und ihrem Ausfüllungsmaterial durch das Gestein und beweisen damit dessen vorausgegangene Verfestigung sowie Breccienbildung, diese Sprünge sind die Erzeugnisse eines späteren tektonischen Druckes.

5. Wechselschichtung im Ramsaudolomit.

(Abb. 23 Taf. XXXV).

An der Südseite des Hochkönigs (Übergossene Alm) im Berchtesgaden-Salzburger Gebiete fand ich in dem normalen ungeschichteten oder nur undeutlich gebankten Ramsaudolomit eine Partie mit deutlicher Schichtung. Sie tritt durch Wechsellagerung von dunkelgrauen mit hellgrauen Schichten auffallend hervor. Die Dicke der Schichten schwankt zwischen 3 und 10 mm, die einzelnen Schichten selbst wechseln in ihrer Mächtigkeit stark, sie sind auch nicht planparallel, sondern biegen sich leicht auf- und abwärts, so daß nur im großen parallele Lagerung besteht.

Die Schichtflächen sind sehr uneben. Bei der normalen Orientierung des Handstückes, wie sie die Abbildung gibt, läßt sich ein Unterschied feststellen: die dunklen Schichten besitzen meist zackige Oberfläche (im Querschnitt), die hellen Schichten füllen zunächst die Vertiefungen dieser Oberflächen aus und endigen oben mit einer wesentlich ebeneren Fläche. Die Unterflächen der dunklen Schichten sind dementsprechend ebenso wie die Oberflächen der hellen Schichten.

Die Reaktion auf verdünnte Salzsäure ergibt für beide Schichtarten Dolomit. Makroskopisch erscheinen die dunklen Lagen dichter als die hellen, der Dünnschliff zeigt die Zusammensetzung der dunklen Lagen aus einem sehr feinkörnigen Dolomitaggregat, während die hellen Lagen aus wesentlich größeren (bis zu 0,25 mm Länge) Dolomitkörnern bestehen.

Lagenförmige Anordnung ist in den hellen Schichten teil- und stellenweise zu erkennen, in einem der Dünnschliffe zeigt sich deutlich das Anschmiegen dieser Lagen, die bis zu 1 mm Dicke erreichen, an die unregelmäßige Oberfläche der liegenden dunklen Schicht.

Das ist genetisch die gleiche Erscheinung wie bei den Großoolith-Strukturen, die sich ebenfalls um und auf die unregelmäßigen Oberflächen des Gesteins legen und dort, wo die Ausdehnung dieser Gebilde wesentlich flächenhaft ist, als *Calcitrasen* bezeichnet werden können.

Indessen tritt die lagenförmige Anordnung, wie erwähnt, nur teilweise auf, sei es, daß sie an den anderen Stellen durch die spätere Umkristallisation von Calcit in Dolomit zerstört wurde oder daß sie dort überhaupt nicht zur Ausbildung gelangte, was bei der geringen Dicke aller dieser Schichten nicht ausgeschlossen ist.

Die Oberfläche der hellen Schichten zeigt schon bei geringer Vergrößerung unscharfe Grenze gegen die dunklen Schichten und der Dünnschliff u. d. M. bestätigt dies. Innerhalb eines ziemlich schmalen Saumes erfolgt Mischung von größeren und kleineren Körnern und zugleich damit Übergang in die dunklere Farbe.

Dieser Wechsel zwischen hellen und dunklen Lagen erfolgt in ziemlich regelmäßiger Weise, so daß an rhythmische Vorgänge gedacht werden könnte. Ich habe den Eindruck gewonnen, als ob nach dem Absatz des dunklen, mit organischer Substanz getränkten Sedimentes eine Trockenlegung erfolgt wäre. Dabei ist dann das Material an der Oberfläche durch die verschiedenen dort wirkenden Vorgänge korrodiert worden, Sackungen mögen mitgewirkt haben, wohl auch teilweise Abspülungen, so daß dadurch die unregelmäßigen Oberflächen der dunklen Schichten entstanden wären.

Es folgte jeweils der Absatz von reinerem Sediment, z. T. als *Calcitrasen*, z. T. als körniger Kalk, solange, bis wieder die Sedimentation des dunklen Materials einsetzte.

Die Ursache dieses Wechsels ist unbekannt. Vielleicht könnte an Sedimentation in einem größeren Hohlraum des Riffes gedacht werden, mit rhythmischem Wechsel zwischen Einschwemmung und Sedimentation des mit organischen Stoffen beladenen Materials, Unterbindung dieser Zufuhr durch Hebung, entsprechende Trockenlegung der dunklen Schicht, Korrosion ihrer Oberfläche und Absatz von Calcit als Auskristallisation in der Höhlung solange, bis durch Senkung wieder die Bedingungen für das dunkle Sediment geschaffen wurden. Es wären das ähnliche Vorgänge, wie sie bei den Großoolithen unter Nr. 17 beschrieben wurden.

Es ist mir leider nicht mehr erinnerlich, welche Ausdehnung diese geschichtete Partie hatte. Deshalb sowie auch wegen der noch

fehlenden Sicherheit in der Deutung der Vorgänge muß es unentschieden bleiben, auf welche Weise die Wechselschichtung entstanden ist.

Da es aber Zweck dieser Beiträge ist, nicht nur leicht erklärbare Gesteinsstrukturen zu untersuchen, sondern auch solche, die zunächst nicht klar zu deuten sind, bringe ich diese Beschreibung hier, auch aus dem Grunde, um zu weiteren diesbezüglichen Forschungen anzuregen.

Wenn sich die Vermutung, daß es sich um Sedimentation in einem Hohlraum handelt, bestätigen sollte, wäre hier ein weiteres Beispiel für die *Einschaltung anders beschaffener Sedimente in das Riff* gegeben. Solche Einschaltungen wurden bereits 1926 (l. c.) näher untersucht in Form der „schwimmenden Scherben“ des Dachsteinkalkes, weitere Beispiele sind in den vorhergehenden Abschnitten (1—3) beschrieben worden und in einem späteren Teil dieser Beiträge werde ich noch einige andere derartige, nicht aus dem Riff selbst abzuleitende Sedimente beschreiben.

So unbedeutend alle diese Einschaltungen der Masse nach auch sind gegenüber dem gewaltigen Volumen der Riffgesteine selbst, so wichtig erscheint doch ihre Untersuchung in Hinblick auf die sich daraus ergebenden Schlüsse über Zufuhr von fremden, chersogenen Stoffen in das Riff und, in weiterem Betracht, über die daraus abzuleitenden paläogeographischen Folgerungen.

Beiträge zur Lithogenesis kalkalpiner Sedimente.
II. Teil: Gesteinsausbildung und Fossilien in der bayrisch-nordtiroler Fazies der norischen Trias.

Von

Kurt Leuchs, Frankfurt a. M.

Mit 5 Abbildungen auf Taf. XXXVI.

Photographische Aufnahmen von A. Schwarz, Frankfurt a. M.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	409
A. Gesteinsausbildung	411
1. Endostratische Breccien im Hauptdolomit	411
2. Quarzkörner im Hauptdolomit	413
3. Diskordante Paralleltexur im Hauptdolomit	414
4. Fließtexturen im Tierbergkalk und Plattenkalk	415
B. Fossilien im Tierbergkalk, Hauptdolomit und Plattenkalk	420
1. Fischschuppe und Foraminiferen im Tierbergkalk	420
2. Foraminiferen im Hauptdolomit	421
3. Foraminiferen im Plattenkalk	423
C. Lithogenesis der norischen Sedimente	425

Einleitung.

Von den Gesteinen der bayrisch-nordtiroler Triasfazies bieten bisher die der norischen Stufe und hier wieder besonders die mächtigen Schichtfolgen des **Hauptdolomites** noch die größten Schwierigkeiten bezüglich der Feststellung ihrer Entstehung.

Während im Berchtesgaden-Salzburger Faziesgebiete die anisichen bis rhätischen Dolomite vielfach schon mit Sicherheit als sekundäre Umwandlungsprodukte aus den ursprünglich kalkigen Riffgesteinen erkannt sind und gleiches auch für die ladinischen Dolomite der bayrisch-nordtiroler Fazies gilt, besteht für die norischen Dolomite dieser Fazies noch keine nähere Kenntnis über ihre Entstehung.

Ein Haupthindernis ist die bisher vollständige Fossilfreiheit dieser Dolomite. Denn die einzigen Fossilien sind die Fische in den dem Hauptdolomit eingelagerten Seefelder Asphaltschiefern. Diese müssen aber schon nach ihrer petrographischen Beschaffenheit als bituminöse Mergel vom eigentlichen Hauptdolomit getrennt werden, so daß sie von DEECKE als Absätze seichter Meeresbuchten betrachtet werden.

Ob wegen der unregelmäßigen Einlagerung dieser Mergel und ihres öfteren Auftretens in verschiedenen Horizonten des Hauptdolomites nun auch für diesen selbst geringe Bildungstiefe anzunehmen ist, läßt sich zunächst nicht entscheiden, wenn auch große Wahrscheinlichkeit dafür besteht.

Denn die norische Stufe liegt zwischen zwei Stufen, die ihrerseits entweder durch starke Hebung und Litoralbildungen (bis zur Ermöglichung der Gipsabscheidung), wie die karnische Stufe, oder durch typische Litoralbildungen und Hebung über den Meeresspiegel, wie die rhätische Stufe, gekennzeichnet sind.

Es besteht aber keine Notwendigkeit, weder aus faunistischen noch aus faziellen Gründen, für die Zeit zwischen karnisch und rhätisch wesentlich größere Meerestiefe anzunehmen.

Ob und wie weit nun diese Annahme durch lithogenetische und faunistische Tatsachen gestützt werden kann, ist Aufgabe der folgenden Untersuchungen an Material, das in einem längeren Zeitraum von mir gesammelt wurde, meist nur gelegentlich, das deshalb auch keinen Anspruch auf Vollständigkeit machen kann. Aber gerade wegen der Unkenntnis bezüglich der Entstehung des Hauptdolomites dürfte es nützlich sein, diese Einzelfunde zu untersuchen und festzustellen, ob sich nicht doch schon einige Sicherheiten oder wenigstens Möglichkeiten daraus ergeben.

Etwas günstiger liegen die Dinge bisher schon bei dem Plattenkalk, der oft den oberen Teil der norischen Stufe bildet. Fossilien sind allerdings auch im Plattenkalk nicht häufig. Meist finden sich nur einige Gastropoden, Brachiopoden und Lamellibranchiaten, dazu treten Sphärocodien, die bisher nur an drei Stellen gefunden wurden, ein Zahn von *Sargodon* am Hochfelln im Chiemgau und die von mir kürzlich beschriebenen Funde von *Plesiolepidotus* und *Colobodus*¹ am Pendling bei Kufstein.

¹ Ganoidenreste aus dem norischen Plattenkalk Nordtirols. Centralbl. f. Min. etc. Abt. B. 1927.

Die petrographische Ausbildung des Plattenkalkes, seine teilweise Ersetzung durch Dolomit, die unregelmäßigen Übergangszonen zwischen Hauptdolomit und Plattenkalk und noch andere, später näher zu besprechende Eigenschaften, wie besonders das Auftreten von kalkigen Lagen und Kalksteinen ähnlicher Ausbildung, wie der Plattenkalk im Hauptdolomit, enthalten für die hohe Übereinstimmung der primären Sedimente beider Gesteinsarten so viele Beweise, daß daran nicht mehr gezweifelt werden kann.

Daraus ergibt sich dann kalkige Beschaffenheit des primären Sedimentes und diagenetische Umwandlung in Dolomit, deshalb auch größere Wahrscheinlichkeit, in den jetzt noch kalkigen Lagen Fossilien erhalten zu finden. In dem seinerzeit von mir in der unteren Abteilung des Hauptdolomites festgestellten *Tierbergkalk* konnten nun tatsächlich Fossilien nachgewiesen werden und außerdem gelang auch der Nachweis von Fossilien im *Hauptdolomit* selbst. Endlich lieferte der *Plattenkalk* außer den schon bekannten Organismen weitere Funde.

A. Gesteinsausbildung.

1. Endostratische Breccien im Hauptdolomit.

(Abb. 1 Taf. XXXVI).

Bei einer Exkursion in der Gegend von Füssen am Lech machte mich Herr Dr. KOCKEL auf eine eigentümliche Bank des Hauptdolomites aufmerksam, die im Lechbett bei Füssen ansteht und bei normalem Wasserstand sichtbar ist.

Diese Bank liegt konkordant zwischen etwa gleich dicken Bänken des Hauptdolomites, die normale Beschaffenheit haben, d. h. mehr oder weniger stark zertrümmert sind, so daß bei Schlag mit dem Hammer das Gestein in größere und kleinere eckige Stücke zerfällt. Dabei bestehen sie aber nur aus Hauptdolomit und nur selten sind äußerst schmale Spaltenfüllungen aus Kalkspat zu beobachten.

Es ist das die für den Hauptdolomit typische Ausbildung. Um so auffallender ist daher die zwischengelagerte *Breccienbank*, deren genaue Mächtigkeit mir nicht mehr erinnerlich ist, die aber über die der normalen Hauptdolomitbänke nicht hinausgeht.

Das Bindemittel der Breccie ist kalkig, die Komponenten bestehen aus Dolomit und Kalkstein von hellgrauer, brauner oder dunkelgraubrauner Farbe. Form und Größe der Komponenten sind sehr verschieden: neben rundlichen, meist kleineren von 1—6 mm Durchmesser treten in größerer Zahl unregelmäßig eckige auf, wie im normalen Hauptdolomit, außerdem kommen auch wesentlich größere Komponenten vor und in einem mir vorliegenden Stück dieser Breccie steckt ein Brocken geschichteten Hauptdolomites von mindestens $10 \times 8 \times 5$ cm. Solche größere Brocken sind häufig vorhanden, ihre interne Schichtung läßt erkennen, daß sie ebenfalls wirt durcheinander geworfen in der Bank liegen.

Ein Dünnschliff, den mir Herr KOCKEL in dankenswerter Weise zur Verfügung stellte, enthält zwischen den Dolomitstückchen eine Anzahl von unregelmäßig geformten Quarzkörnern, mit Durchmessern von $1/10$ — $1/20$ mm.

Seigerung des Materials hat also nicht stattgefunden, so daß an tektonische Entstehung gedacht werden könnte. Dem widerspricht aber die Beimengung von Quarzkörnern und Kalkbrocken. Diese stammen nicht aus dem normalen liegenden und hangenden Hauptdolomit, sondern sind von anderer Stelle zugeführt. Es läßt sich noch nicht entscheiden, ob sie von Kalklagen des Hauptdolomites oder von einer anderen, älteren Formationsstufe herrühren, wahrscheinlich ist ersteres.

Daß sie aber von außen her in die Breccienbank gebracht wurden, ist sicher und es erhebt sich damit die Frage, wodurch und wann diese Zufuhr stattgefunden hat?

Tektonische Entstehung ist, wie erwähnt, ausgeschlossen und es bleibt nur die *A n n a h m e s e d i m e n t ä r e r B i l d u n g* möglich. Die normale Ablagerung von Dolomit hat also eine Unterbrechung erfahren, und es wurde über die letztentstandene Dolomitbank eine Breccienlage ausgebreitet, jedoch wurde dabei die liegende Bank nicht mechanisch beansprucht und erlitt infolgedessen keine Zerreißung und keine Einpressung von Gesteinsbrocken. Die Liegendbank war demnach schon soweit verfestigt, daß ihr Verband nicht mehr zerstört werden konnte. Da nun dafür eine Unterbrechung der Sedimentation nötig ist, beweist der Kontakt der Breccienbank mit der Liegendbank einen *H i a t u s*.

Die Breccienbank selbst liefert den Beweis für eine während der norischen Zeit eingetretene Hebung eines Teiles des bereits ver-

festigten Hauptdolomites, damit Einrücken dieses Dolomites in die Aufarbeitungszone und Verfrachtung des zertrümmerten Gesteins aus der Aufarbeitungs- in die Sedimentationszone.

Die oben geschilderten Eigenschaften der Breccie: meist eckige Form und wechselnde Größe der Komponenten, dazu Fehlen fremder Beimengungen (die Kalksteinbrocken stammen höchstwahrscheinlich aus Kalklagen im Hauptdolomit!, unsicher ist die Herkunft des Quarzes, s. auch unter 2), sprechen für kurzen Transport.

Es muß demnach auch für die, wegen der im allgemeinen überaus gleichförmigen Ausbildung des Hauptdolomites, bisher als Zeit gleichbleibender Sedimentationsbedingungen geltende norische, speziell Hauptdolomit-Zeit mit dem Auftreten von tektonischen Bewegungen gerechnet werden. Epirogenetische Vorgänge, etwa als geringe Hebung von Teilen des Sedimentationsgebietes, genügen zur Hervorbringung solcher Breccien, die geringe Bedeutung dieser Hebungen ergibt sich aus der geringen Mächtigkeit der Breccie und der fehlenden Bearbeitung des Untergrundes (Liegendbank).

Zu beachten ist die Lage der Breccie in dem nördlichen Randgebiete des norischen Meeres, in dem nicht nur die Mächtigkeit des Hauptdolomites gegenüber der im südlicheren Gebiete stark verringert ist, sondern in dem sich auch schon einige, bis heute allerdings erst spärlich bekannte andere Anzeichen für Unterbrechungen der Normalsedimentation einstellen, wie tonige Schiefer und Tonlagen von grauer, grüner oder roter Farbe. Diese, und zwar besonders die roten, sind schon früher als solche Anzeichen angeführt worden.

Indessen geht aus einigen, von mir aufgefundenen Belegstücken das Auftreten von weiteren Merkmalen für anormale Sedimentation in der norischen Zeit auch im südlicheren Hauptgebiete hervor.

2. Quarzkörner im Hauptdolomit.

Dazu gehört zunächst ein Fund von Quarzkörnern im Hauptdolomit am Südgrate der südlichen Jlfenspitze in der Hornbachkette (Allgäuer Hochalpen).

Es handelt sich um ein Aggregat von unregelmäßigen höchstens 1 cm Durchmesser besitzenden Quarzkörnern, die durch kieseliges

Bindemittel zusammengehalten werden. Leider ließ sich über den Verband mit dem Hauptdolomit nichts feststellen, da das Stück lose daliegend gefunden wurde. Irgend eine Beziehung zu einer Verwerfung besteht aber nicht, so daß Deutung als Rest einer Spaltenfüllung ausgeschlossen ist. Ebensowenig kommt Deutung als Erosionsrelikt einer jüngeren Formationsstufe in Frage, so daß nur die Annahme einer sedimentären Einlagerung in den Hauptdolomit durch Einschwemmung bestehen bleibt.

Analoga dazu bilden die Einlagerungen von biotitführenden Quarzsandsteinen im anisichen Kalkstein des Karwendel- und Kaisergebirges, die ebenfalls ganz vereinzelt Funde darstellen. Wie diese gewissermaßen als Rückfälle in die noch in der unteren Abteilung der anisichen Stufe häufig auftretende Sandsteinbildung bezeichnet werden könnten, so ließe sich die Einschwemmung der Quarzkörner in den Hauptdolomit als Rückfall in die karnische Sedimentation bezeichnen.

L a n d n ä h e ist auf jeden Fall Vorbedingung für die Ermöglichung solcher Einschwemmung.

3. Diskordante Paralleltexur im Hauptdolomit.

(Abb. 2 Taf. XXXVI.)

Gleiches verlangt ein Stück Hauptdolomit mit ausgezeichneter diskordanter Paralleltexur. Ich fand das Stück östlich der Krottenkopfscharte am Westende der Hornbachkette im Allgäu. Das Gestein ist feinsandig, von einigen Kalkspatquerhängen und -lagergängen durchsetzt, an denen keine Verschiebungen erfolgt sind. Deshalb ist die primäre Textur klar sichtbar, besonders auch durch öfteren Farbwechsel der verschiedenen, allgemein ziemlich dünnen Lagen des hell- bis dunkelbraunen Gesteins. Die Diskordanz zwischen den unteren horizontalen und den oberen Lagen beträgt 10°.

Wenn auch das im Gehängeschutt gefundene Stück nur klein ist, genügt es doch, um das Vorkommen von diskordanter Paralleltexur im Hauptdolomit zu beweisen.

Bezüglich der Lage zu einem Rande des Sedimentationsgebietes läßt sich nur sagen: das Vorkommen liegt so küstenfern wie möglich, wenigstens nach der bisherigen Auffassung, wonach

die Hauptdolomitzeit im Kalkalpengebiete durch ein gleichmäßig tiefes, nur am N- (und S-) Rande seichteres Meer charakterisiert war.

Indessen fordert das Auftreten diskordanter Paralleltexur sowie der eingeschwemmten Quarzkörner, die in gleicher Entfernung vom angenommenen Meeresrande liegen, zu einer Überprüfung dieser Auffassung heraus.

4. Fließtexturen im Tierbergkalk und Plattenkalk.

Ich fand Gesteine mit Fließtexturen an zwei Stellen in der norischen Stufe. Es sind folgende:

- a) Tierbergkalk des Törlerbaches, Guffert-Pendinggruppe,
- β) Plattenkalk des Eiberger Beckens, Kaisergebirge.

Aus der norischen Stufe der nördlichen Kalkalpen Tirols sind derartige Texturen bisher nicht bekannt, deshalb gebe ich eine Beschreibung davon, auch aus dem Grunde, weil sie zur Kenntnis der Entstehungsart dieser Gesteine beitragen können.

a) Tierbergkalk des Törlerbaches.

Das Gestein ist ein hellbrauner, schwach toniger Kalkstein aus Schichten von verschiedener, allgemein geringer Dicke (0,1 bis 3 mm), die nicht planparallel sind, sondern schon im frischen Bruch eine Fließtextur erkennen lassen.

Unter der Lupe im Anschliff tritt bei schwacher Vergrößerung das Texturbild deutlich hervor. Zwei Arten von Schichten sind zu unterscheiden:

a) Die eine Art besteht aus unregelmäßig wechsellagernden dichten und aus stark mit Kalkspat durchsetzten, deshalb helleren und feinkörnigen Lagen. Die Abgrenzung dieser beiden Unterarten ist selten planparallel, meist lassen die Schichten eine Fließtextur erkennen.

b) Bei der zweiten Art von Schichten herrscht ausschließlich die stark kalkspatdurchsetzte Ausbildung. Kleine Trümmer der dichten Lagen der ersten Art schwimmen in den Schichten der zweiten Art, die sich ebenfalls mit Fließtextur zwischen den Schichtpaketen von a) ausbreiten. Außerdem ist aber klar sichtbar, daß die a-Lagen auf Schichtflächen und quer dazu regellos zerbrochen sind und in die dadurch entstandenen Hohlräume und Spalten die b-Lagen sich hineingepreßt haben. Dadurch umfließen sie die

a-Lagen auch vor solchen queren Abbrüchen und hüllen kleinere abgelöste Trümmer der a-Lagen vollständig ein.

So ist im ganzen wieder Fließtextur entstanden, deren Ursache in *submarinen Rutschungen* zu suchen ist.

Bei 76 facher Vergrößerung läßt sich die *Zusammensetzung der Schichten* recht gut erkennen. Das ganze Gestein ist feinkristallin. Die dichten Lagen bestehen aus sehr kleinen Körnchen von ungefähr $\frac{1}{100}$ mm Durchmesser, in verschiedenen lichtbraunen und weißlichen Farbtönen, letztere von Kalkspat herrührend, der in der Masse regellos verteilt ist.

Die feinkörnigen kalkspatreichen Lagen sind von etwas größerer Struktur und waren ursprünglich, wie die starke Einstreu von Kalkspat beweist, lockerer als die dichten Lagen.

In der zweiten Schichtenart (b) nimmt die Kalkspatmenge noch stärker zu. Die kalkspatreichen Lagen umhüllen vielfach die $\frac{1}{2}$ und mehr Millimeter Durchmesser erreichenden unregelmäßig geformten Stückchen der dichten Ausbildung, deren Schwimmen in diesen Lagen nur so gedeutet werden kann, daß sie von den dichten Lagen abgebrochene Fetzen sind. Die dichten Lagen wurden in Teilstücke und Teilpakete zerlegt und zwischen sie schob sich die porösere Masse ein. Deshalb ist bei ihr auch die Fließtextur stärker ausgebildet als bei den Schichten von a) und die Abhängigkeit der Erstreckung und Lagerung von den vorher entstandenen Hohlräumen oder richtiger von den Möglichkeiten, sich zwischen die gelockerten und zerbrochenen Schichtpakete von a) hineinzupressen, tritt klar hervor.

Als Entstehungsursache möchte ich, wie erwähnt, submarine Rutschung annehmen. Für tektonische Bildung ist die ganze Erscheinung zu gering, sowohl in ihrer Stärke, als auch wegen ihrer wahrscheinlich doch nur unbedeutenden Erstreckung.

Allerdings verlangt die Zertrümmerung der Lagen von a) schon eine stärkere vorausgegangene Verfestigung. Da aber das Gestein konkordant in einer mächtigen, in sich ebenfalls konkordanten Schichtreihe liegt, sehe ich keine Möglichkeit, orogenetisch-tektonische Vorgänge hier anzunehmen. Es dürfte auch kein Zwang dazu bestehen. Wenn nämlich, sei es durch vorübergehenden Stillstand der epirogenetischen Senkung, sei es durch Unterbrechung der Sedimentation aus exogenen Ursachen, die oberste Kalkschlammlage dort erhärten konnte, so wäre wohl

die Vorbedingung für die bei wieder stärker einsetzender Sedimentzufuhr erfolgende Herausbildung der jetzt sichtbaren Textur gegeben.

Die an dem mir zur Verfügung stehenden Gesteinsstück möglichen Beobachtungen sind räumlich zu sehr eingeeengt, als daß eine vollständig sichere Entscheidung möglich wäre. Indessen bestärken mich die bisher schon beschriebenen Beispiele submariner Rutschungen, besonders die von HAHN¹ gegebene Beschreibung endostratischer Breccien, in meiner Auffassung. HAHN sagt:

„Eine fast verfestigte, ins Gleiten gekommene Lage lieferte die Scherben, die nun in den nachgiebigen Schlamm versanken.“
Mir scheint diese Entstehung auch für die hier geschilderte Textur zuzutreffen, nur mit dem Unterschiede, daß sich der lockere Schlamm zwischen die Scherben der festeren Lage einschob.

Denn die allerdings einfachste Erklärung der Entstehung: vorübergehende Trockenlegung mit Verhärten und Zerbrechen der ausgetrockneten Kalkschlammagen und darauf folgende neue Überflutung mit Einspülen von Kalkschlamm in die Fugen und Hohlräume möchte ich wegen der Konkordanz der ganzen Schichtfolge und auch wegen der in dem Gestein enthaltenen, in beiden Schichtarten vorkommenden *Foraminiferenreste*² nicht annehmen, solange nicht sichere Beweise für diese Entstehungsart gebracht werden können.

β) Plattenkalk des Eiberger Beckens (Abb. 3 Taf. XXXVI).

Der Plattenkalk des Kaisergebirges, zu dem auch das Eiberger Becken gehört, ist häufig sehr feinschichtig. Die Dicke der Schichten geht bis zu 0,1 mm herunter, erreicht andererseits gerade auch in solchen allgemein dünnschichtigen Partien Mächtigkeiten von 1 cm und mehr. Im Anschliff zeigt sich dabei vielfacher Wechsel in der Dicke der einzelnen Schichten. An- und Abswellen, mehr oder weniger starke wellenförmige Biegungen, Auskeilen von Schichten sind häufig zu beobachten. Tektonische Entstehung (Faltung) ist ausgeschlossen, es handelt sich bei all diesen Schichteigentümlichkeiten um primäre Sedimentationserscheinungen.

Dazu gehören auch knollige Verdickungen einzelner Schichten. Auf der abgebildeten Fläche liegt eine solche rechts

¹ Untermeerische Gleitung etc. Dies. Jahrb. 1908. 2.

² s. unter B 1.

unten. Sie zeigt Verdickung der Schicht von rechts nach links, bis zu einem Knollen von 4 mm Vertikaldurchmesser, nach rechts ist der Knollen, rasch dünner werdend, in eine Spitze ausgezogen. Damit keilt diese Schicht nahezu ganz aus, bis sie sich, nach Überwindung der durch den Knollen hervorgebrachten Störung des parallelen Schichtenverlaufes, wieder in der Dicke von einigen Millimetern ungefähr normal einstellt.

Die gesamte Textur ist die eines zähen Fließens. Dadurch entstanden Anschoppungen und Ausdünnungen, die zur Herausbildung der Unregelmäßigkeiten in der Lagerung führten. Einzelne Schichten sind auch zerbrochen. Auf der Abbildung ist rechts oben dafür ein gutes Beispiel zu sehen. Ein Knollen von 3 mm Vertikal- und Horizontaldurchmesser liegt dort auf einer 1 mm dicken Schicht, die durch sein Gewicht hinabgebogen und in Teilstücke zerbrochen ist. Auch die liegenden 5 oder 6 Schichten sind noch abwärts gebogen, unter teilweisem Zerbrechen, entsprechend legen sich die hangenden Schichten, auch diese noch z. T. zerbrochen, kuppelförmig um die Oberseite des Knollens. Die Vertikalausdehnung der ganzen durch den Knollen erzeugten Störungszone beträgt 12 mm. Einsinken des Knollens in die Schichten wird bewiesen durch die Schleppung der dünnen Schichten am linken Knollenrand.

Die bisher geschilderten Erscheinungen sind im ganzen als Anzeichen für Fließtextur aufzufassen und müssen, wegen der bei einzelnen Schichten zu sehenden Zertrümmerung, zu einer Zeit erfolgt sein, in der schon eine gewisse Verhärtung der Schichten oder wenigstens einzelner eingetreten war.

Es läßt sich aber auch eine gelegentlich erfolgende Zufuhr von fremdem Material in fester Form feststellen während der Sedimentation. Der kleine Kalkknollen rechts oben, der schon besprochen wurde in seiner Wirkung auf die ihn umgebenden Schichten, gehört hierher. Denn er liegt als Fremdkörper, allseitig isoliert, in den Schichten und muß von der Seite her in die noch nachgiebige Schichtfolge eingepreßt worden sein. Wesentlich deutlicher ist ein anderer Fremdkörper, den die Abbildung in der linken unteren Hälfte zeigt. Seine vollständige Ausdehnung läßt sich nicht feststellen, da mit dem linken Außenrande des Handstückes sein natürliches Ende noch nicht erreicht ist. Er ist dort 17 mm breit und seine Länge auf dem Gesteinsstück beträgt 36 mm, seine Breite am rechten Ende 6 mm.

Dieser Brocken besteht aus in sich ungeschichtetem, im Vergleich zu den Feinschichten grobkörnigem Kalkstein, der mit Resten von Fossilien gespickt ist. Schmale helle Zonen von wirrer Struktur umgeben ihn besonders auf der schrägen Oberseite. Die organischen Reste dieses Kalksteins ebenso wie die vereinzelt auch in den Feinschichten erkennbaren Reste werden im zweiten Abschnitt dieser Arbeit noch beschrieben werden, jetzt möge ihre Erwähnung zusammen mit der fehlenden Feinschichtung genügen, um, wie es ja auch die Abbildung schon deutlich zeigt, die fremde Natur des Kalkbrockens darzulegen.

Mit der Unterseite liegt er auf flachwelligen Feinschichten derart, daß sich nach links weitere solche Schichten einstellen, die rechts teils stärker zusammengedrückt, teils seitlich ausgepreßt sind. Das rechte Ende bildet eine ziemlich ebene Fläche, die von rechts herziehenden Schichten endigen plötzlich an ihr ohne Schleppungserscheinungen. Eine hier durchstreichende Verwerfung von minimaler Sprunghöhe ist sekundär und für die Verbandsverhältnisse ohne Bedeutung.

Auf die schräge Oberseite des Kalkbrockens legen sich die Schichten, von rechts her schwach ansteigend, eine über die andere transgredierend und demgemäß links auskeilend, bis, 2 mm über der Oberkante am linken Gesteinsrande, die Einwirkungen des Kalkbrockens ausgeglichen sind und sich wieder normale, d. h. horizontale durchlaufende Schichten bilden können.

Es ergibt sich aus der Anordnung der Schichten mit Sicherheit die Einspülung des Kalkbrockens in das geschichtete Sediment während der Sedimentationszeit, so daß der Brocken auf den damaligen Boden zu liegen kam und nun allmählich von dem sich weiter bildenden Sediment eingehüllt wurde. Da es sich um eine Einspülung von Plattenkalk in Plattenkalkschlamm handelt, muß also schon eine Verfestigung (und Freilegung?) eines Teiles des Plattenkalkes in der Nähe erfolgt sein. Durch welche Vorgänge dies zu erklären ist, läßt sich bei der Seltenheit solcher Beobachtungen noch nicht mit Sicherheit entscheiden. Doch ist es möglich und wahrscheinlich, auch hier wieder mit submarinen Rutschungen auszukommen, wie im Falle des Tierbergkalkes, jedoch dürfte eine Erweiterung nötig sein dahingehend, daß vorübergehende teilweise Trockenlegung oder wenigstens Hebung bis in die Brandungszone erst die Gerölle und eckigen Brocken erzeugte.

B. Fossilien im Tierbergkalk, Hauptdolomit und Plattenkalk.

1. Fischechuppe und Foraminiferen im Tierbergkalk.

In einem Stück Kalkstein vom T ö r l e r b a c h , das durch Fließtextur ausgezeichnet ist, liegt eine zerbrochene F i s c h - s c h u p p e , die ich für eine solche von *Colobodus* halte. Soweit die ursprüngliche Form noch erkennbar ist, hat sie große Ähnlichkeit mit Schuppen des Caudalabschnittes von *Colobodus*, wie sie GORJANOVIĆ-KRAMBERGER beschreibt und abbildet¹. Sichere Bestimmung ist nicht möglich und ebensowenig liefert dieser Fossilrest einen Beweis für die stratigraphische Stellung des Kalksteins. Sein Alter ist jedoch durch seine Lagerung in Form konkordanter Einschaltung im unteren Hauptdolomit festgelegt. Es kann dieser Fossilfund aber doch dazu dienen, die aus der Lagerung ersichtliche Stellung in faunistischer Hinsicht zu unterstützen. Denn unter den Fischen der Seefelder Bitumenmergel sind einige *Colobodus*-Arten enthalten und Reste der gleichen Fischfauna konnte ich auch im Plattenkalk (s. oben) nachweisen. Sie tritt also in der ganzen norischen Stufe auf.

Im gleichen Gesteinsstück wurden in dem zur Untersuchung der Fließtextur angefertigten Anschliff Reste von F o r a m i n i f e r e n nachgewiesen. Durch die starke Kristallinität des Gesteins sind sie zumeist unkenntlich geworden, aber einzelne Durchschnitte von rundlicher, ovaler und Linsenform, z. T. mit Resten perforierter Schalen, sowie ein Durchschnitt durch eine spiralförmige Form, ferner isolierte, in größerer Zahl vorhandene gebogene Schalenreste, alle in sehr geringer Größe (die größten Durchmesser 0,1 mm) erscheinen, besonders auch durch Vergleich mit den Foraminiferen im Hauptdolomit, genügend deutlich, um wenigstens das Vorhandensein solcher Fossilien zu beweisen. Eine nähere Bestimmung lassen sie allerdings nicht zu, so daß es weiteren Funden überlassen bleiben muß, am Törlerbach besseres Material zu gewinnen.

Das zweite Vorkommen von Tierbergkalk mit Fossilresten liegt am Länggraben östl. des Tierberges bei

¹ Die obertriadische Fischfauna von Hallein in Salzburg. Beitr. z. Pal. und Geol. Österreich-Ungarns und des Orients. 18. 1905.

Kufstein. Ich konnte dort einige Gesteinsstücke sammeln, in denen schon makroskopisch Schalenreste erkennbar sind.

Dieser Kalkstein ist etwas heller als der am Törlerbach, makroskopisch dicht mit vielen eingesprengten Calcitpartien und natürlich auch Calcitgängen. Schon bei geringer Vergrößerung ist auch bei diesem Gestein durchaus kristalline Beschaffenheit zu sehen.

Im Anschliff bei stärkerer Vergrößerung (bis 76 fach) zeigen sich im Gestein Durchschnitte von Foraminiferen, kreisrund, oval, unregelmäßig rundlich, bikonvex, z. T. mit Schalen, z. T. ohne daß solche deutlich erkennbar sind. Einige der Schalen sind perforiert. Die kugeligen Gebilde sind sehr zahlreich, entweder isoliert oder in Häufchen liegend, an einigen ist die Übereinstimmung mit den Kammern von *Globigerina* nicht zu verkennen. Ebenso konnten einige Exemplare von *Textularia* festgestellt werden, das größte 2 mm lang, andere nur 0,75 mm lang, mit verschiedener Kammerzahl und öfters auch nur einzelne Kammern. Eine langgestreckte Form mit Kammerteilung ist 0,4 mm lang erhalten.

Neben diesen einigermaßen gut erhaltenen Stücken enthält das Gestein noch eine Menge von nicht näher bestimmbareren Teilstücken in verschiedenen rundlichen oder länglichen Formen, daneben bis 7 mm lange gebogene Schalenstücke und anderes unbestimmbares Material, darunter auch einige kalkalgenähnliche Strukturen.

Wenn auch die schlechte Erhaltung der Fossilien genauere Bestimmung ausschließt, so ergibt sich doch mit Sicherheit die Zugehörigkeit der meisten zu den kalkschaligen Foraminiferen.

Gleiches gilt für das dritte Vorkommen in der den Pfrillsee abdämmenden Felswand, westl. der Tierseestraße. Der Kalkstein ist dort lichtbraun, makroskopisch dicht und läßt im Anschliff zahlreiche Foraminiferendurchschnitte, meist kreisrunde und linsenförmige, erkennen.

Sicher lassen sich im Tierberggebiete noch weitere Funde machen, so daß die Hoffnung auf besseres Material bestehen bleibt.

2. Foraminiferen im Hauptdolomit.

(Abb. 4, Taf. XXXVI.)

An der Samspitze in den Lechtaler Alpen fand ich eine von der normalen abweichende Ausbildung des Hauptdolomites, die an angewitterten Flächen den Eindruck einer sinterartigen Textur erweckt. Das Gestein ist im frischen Bruch dunkelgrau, gegen ver-

dünnte Salzsäure verhält es sich wie der Hauptdolomit sonst auch. Die weißlichbraune Verwitterungsfläche läßt deutlich Aufbau aus sehr dünnen, über 1 mm nicht hinausgehenden Lagen erkennen. Sie sind im ganzen parallel, aber im einzelnen unregelmäßig wellig, an- und abschwellend und gelegentlich auskeilend.

Zur näheren Untersuchung wurde ein Stück mitgenommen. Im Anschliff ergab sich dabei die überraschende Feststellung des Vorhandenseins zahlreicher mikroskopischer Fossilien, allerdings von schlechter Erhaltung, aber doch genügend, um die starke Beteiligung organischer Reste an der Zusammensetzung des Gesteins erkennen zu können. Die Sinterstruktur, die ursprünglich angenommen wurde, ist nicht vorhanden, vielmehr besteht das Gestein weitaus überwiegend aus den Fossilresten, die in Form kleiner kugeliger Gebilde die einzelnen Lagen zusammensetzen. Durch die unregelmäßige Häufung und verschiedene Dicke der Formen ist die wechselnde Dicke der einzelnen Lagen entstanden, die teilweise durch dünne Häutchen von dunklerem, wahrscheinlich bituminösem Material getrennt sind.

Das ganze Gestein ist stark kristallinisch. Außer den in verschiedenen Richtungen und in zwei Generationen hindurchsetzenden Gängen aus Dolomitspat sind makroskopisch schon zahlreiche Einlagerungen von Dolomitspat (die größeren in deutlichen Rhomboedern) zu erkennen, die zwischen den Gesteinslagen ausgebildet sind. Im Anschliff tritt das besser hervor: sie bilden dünne Lagen und linsenartige Einlagerungen mit raschem Wechsel der Dicke, von den dickeren Linsen als schmale Kristallzüge sich fortsetzend oder plötzlich an den kugeligen Gebilden und dunklen Häutchen absetzend.

Außerdem ist aber auch das Gestein selbst kristallisiert, was besonders bei Betrachtung im auffallenden Licht klar sichtbar wird. Bei 76facher Vergrößerung zeigt das Gestein seine Zusammensetzung aus kleinen Körnern von verschiedener Form: rundlich, eiförmig, unregelmäßig gerundet, eckig, sowie verschiedener Größe, die zwischen 0,1 mm und 0,6 mm Durchmesser schwankt. Dazu kommen die dunklen Häutchen, die ebenfalls kristallinisch sind, aber aus noch kleineren Einzelteilen bestehen. Sie lassen schon unter der Lupe ihre unebenen Grenzflächen erkennen, noch deutlicher u. d. M., wo sich zeigt, daß sie nur eine Ausfüllungsmasse zwischen den Körnern, allerdings mit im ganzen lagenartiger Anordnung bilden.

Die Körner nun sind Reste von Foraminiferen, wie schon bei 30facher Vergrößerung bei einzelnen festgestellt werden konnte, während die Hauptmasse erst bei stärkerer Vergrößerung (76 fach) als solche erkennbar ist. Runde, ovale, unregelmäßig rundliche, bikonvexe Querschnitte sind in allen untersuchten Flächen in sehr großer Zahl vorhanden. Umhüllung mit Schalen zeigt sich oft, manche von ihnen lassen Perforationen erkennen. In einer Reihe von kreisrunden Durchschnitten ist eine zentrale Achse kenntlich. Spiralförmigkeit wurde in einigen Fällen beobachtet. Mit Sicherheit wurde *Globigerina* festgestellt. Einige Formen haben Ähnlichkeit mit *Biloculina*. Auch stabförmige, gekammerte Stücke sind zu sehen, sowie häufig isolierte gebogene Schalenteile.

Im ganzen besteht große Übereinstimmung mit den Formen des Tierbergkalkes, sowohl in dem Vorkommen einzelner, als auch in der Art der Erhaltung aller Formen, so daß auch die des Hauptdolomites keine genauere Bestimmung zulassen.

Die Bedeutung dieses Fundes liegt in erster Linie darin, daß bisher der Hauptdolomit als vollständig frei von Fossilien gegolten hat. Denn die Fische der Seefelder Bitumenmergel (sog. Asphalt-schiefer) sind keine Fossilien des eigentlichen Hauptdolomites, d. h. des norischen Dolomites des bayrisch-nordtiroler Faziesgebietes, der bis heute noch kein Fossil geliefert hat.

Wenn nun auch die von mir gefundenen Fossilien als planktonische Formen noch nicht viel Aufschluß geben über die Entstehungsart des Sedimentes, aus dem diagenetisch der Hauptdolomit geworden ist, so lassen sich doch, wie ich glaube, schon einige Hinweise zur Lösung dieser Frage daraus entnehmen, die im Abschnitt C näher besprochen werden.

3. Foraminiferen im Plattenkalk.

Auch im Plattenkalk konnten Foraminiferen nachgewiesen werden. Das schon bei den Fließtexturen beschriebene Gesteinsstück vom Eiberger Becken enthält Reste dieser Organismen, und zwar in seinen beiden Gesteinsarten, dem feinschichtigen Kalkstein und dem eingelagerten Kalksteinbrocken. In ersterem sind sie in sicher erkennbarer Erhaltung spärlich vorhanden. Dagegen zeigt sich bei stärkerer Vergrößerung (76 fach) eine Menge von weißlichen, meist rundlichen, z. T. auch unregelmäßig eckigen

Häufchen in dem braunen Gestein, die wahrscheinlich Reste von *Foraminiferen* sind. Die sicher kenntlichen Formen sind im Querschnitt meist kreisrund, einige zeigen feine spiralgige Struktur, einige lassen Perforationen der Schale erkennen.

Gleiches gilt für den Kalksteinbrocken. Jedoch sind in ihm sowohl die weißlichen Häufchen als auch die deutlich erkennbaren Foraminiferen zahlreicher, unter diesen konnte *Globigerina* festgestellt werden, außerdem treten auch bikonvexe, linsenförmige Durchschnitte auf, sowie eine Anzahl von größeren Schalenbruchstücken, die wohl von Muscheln stammen dürften und in der weißlichen Lage an der Oberfläche des Brockens ihre größte Anhäufung haben.

Eine weitere foraminiferenführende Bank konnte ich im *Glemmtal* am *SO-Fuße* des *Lärchberges* (*Pending-Guffertgruppe*) nachweisen. Das Gestein ist ein hellbrauner, schwach toniger Kalkstein, durch Anwitterung treten die massenhaften Schalenstücke von Muscheln deutlich hervor. Im Anschliff zeigt sich sehr unregelmäßige Anhäufung dieser Schalen, bald liegen sie in Menge beisammen, bald stecken sie mehr vereinzelt im Gestein. Außerdem enthält diese Bank auch Reste von Foraminiferen, ebenfalls meist schlecht erhalten, so daß nur *Textularia*, *Discorbina* sowie eine enge Spiralen bildende Form (*Rotalia?* *Amphistegina?*) mit einiger Sicherheit nachzuweisen sind.

Ein dritter Fundpunkt liegt am *Hinteren Sonnwendjoch* südwestlich des Gipfels. Das Gestein ist sehr ähnlich dem des *Glemmtales*, ein schwach toniger Kalkstein. Es dürfte sich um die gleiche Bank handeln wie im *Glemmtal*, die dort im Südflügel der *Landl-Tiersee-Mulde* liegt, während sie am *Sonnwendjoch* im Nordflügel dieser Mulde auftritt. (Taf. XXXVI Abb. 5).

Die Schalenbreccie tritt noch deutlicher hervor, ebenfalls örtlich besonders stark ausgebildet. Zwischen den Schalenstücken liegen, nicht sehr häufig, verschieden gefärbte und struierte Kalksteinbröckchen, die den Eindruck machen, als ob sie in der Nähe aufgearbeitet und zusammen mit den Schalen und dem normalen Füllmaterial wieder sedimentiert worden seien. Für eine lebhafte Sedimentation sprechen auch die, wie im *Glemmtal*, ausnahmslos stark zertrümmerten Schalen. Keine einzige der größeren Formen, von denen die Schalen stammen, ist vollständig erhalten, vielmehr

geht die Zertrümmerung soweit, daß eine auch nur generische Bestimmung der Schalentheile unmöglich ist.

Trotzdem glaube ich in diesen Schalenbreccien ein Analogon zu den anderwärts im Plattenkalk öfters beobachteten, aus meist mäßig gut erhaltenen Gastropoden, Brachiopoden und Lamellibranchiaten zusammengesetzten Schalenbänken annehmen zu dürfen. Durch stärkere Wasserbewegung sind die Schalen und Gehäuse hier zertrümmert.

Die Foraminiferen treten in gleicher Weise auf wie im Glemmtal, in der Grundmasse und meist nicht bestimmbar. Einigermaßen deutlich sind: *Discorbina*, *Rotalia*? oder *Amphistegina*? Eine dieser Formen mit rundlichem Querschnitt läßt mit Sicherheit 7 enge spiralförmige Umgänge erkennen, ein anderer spiralförmig gewundener Querschnitt hat länglich runde Form. Eine Anzahl von organischen Resten (kleine Kügelchen, Stäbchen u. a.) ist für nähere Bestimmung unbrauchbar.

Im ganzen lassen diese allerdings noch wenig bestimmbar Funde — neue Aufsammlungen und eingehendere Untersuchungen könnten wahrscheinlich weitere Ergebnisse liefern! — doch schon einige für die Lithogenese des Plattenkalkes wichtige Tatsachen erkennen. Dazu gehört vor allem der Nachweis der kalkschaligen Foraminiferen, ferner die schon bekannte, durch die neuen Funde in größerer Erstreckung nachgewiesene Ausbildung von Schalenbreccien und die durch die Zertrümmerung der Schalen bezeugte starke Wasserbewegung, sowie die Einschwemmung von Gesteinstrümmern älterer Plattenkalklagen in die jüngeren, sich erst bildenden Sedimente.

Wichtig ist ferner die Verbindung von Schalenbreccien und Foraminiferenschlick, besonders für die Frage nach dessen Entstehungstiefe.

C. Lithogenese der norischen Sedimente.

Unter voller Würdigung der Lückenhaftigkeit der über Gesteinsausbildung und Fossilgehalt der norischen Stufe von Bayern-Nordtirol in den vorhergehenden Abschnitten gebrachten Ausführungen möchte ich versuchen, die daraus abzuleitenden Ergebnisse darzustellen.

Die Frage nach der stratigraphischen Stellung des foraminiferenhaltenden Dolomites an der Samspitze führt auf

Grund der Angaben der geol. Spezialkarte Blatt Landeck zu der Wahrscheinlichkeit eines ziemlich tiefen Horizontes im Hauptdolomit. Seine genaue Stellung läßt sich wegen der tektonischen Störungen, besonders der Einfaltung der Oberkreide zwischen ihm und Wettersteinkalk—Raibler Schichten nicht ermitteln. Aber das Auftreten dieser fossilführenden Schichten im unteren Teil des norischen Hauptdolomites ist anzunehmen.

Damit bietet sich die Möglichkeit, die Fossilsschichten der Samspitze mit den ebenfalls foraminiferenführenden Schichten des Tierbergkalkes am Törlerbach zu parallelisieren. Die Kalke des Törlerbaches beginnen etwa 200 m über der Basis des Hauptdolomites und stimmen darin ungefähr überein mit dem Tierbergkalk am Südhang des Stripsenkopfes im Kaisergebirge. Auch für die weiteren Vorkommen von Tierbergkalk (Maistaller- und Tierberg, St. Nikolai) muß gleiche stratigraphische Lage angenommen werden.

So wird es in hohem Maße wahrscheinlich, daß in einem ungefähr gleich tiefem Niveau der norischen Stufe die diagenetische Umwandlung des Sedimentes weniger stark war und deshalb entweder, wie beiderseits des Inndurchbruches bei Kufstein, keine Dolomitisierung erfolgte oder, wie an der Samspitze, die Dolomitisierung zwar vor sich ging, aber die im Sediment enthaltenen Fossilien nicht gänzlich zerstörte.

In dem fossilführenden Dolomit der Samspitze wäre demnach ein umgewandelter Tierbergkalk zu sehen.

Außerdem aber geben diese Funde auch weitere Hinweise auf die Entstehung des Hauptdolomites. Ich knüpfe hier an das an, was ich eingangs ausgeführt habe. Es steht fest, daß im Hauptdolomit, und zwar sowohl in ihm eingelagerten Kalksteinen, als auch im Dolomit selbst, kalkschalige Foraminiferen (Globigerinen u. a.) in einer Häufung vorhanden sind, die eine Bezeichnung des ursprünglichen Sedimentes als Foraminiferenkalkschlick rechtfertigt. Damit ist die primär kalkige Beschaffenheit dieses Sedimentes erwiesen, ebenso wie die spätere diagenetische Umwandlung in Dolomit. Ferner ergibt sich daraus die örtlich verschiedene Stärke und Art der Diagenese, wodurch in dem einen Gebiete Kalksediment erhalten blieb, während es im anderen dolomitisiert wurde.

Auch zeitliche Verschiedenheiten der Diagenese geben sich durch die Niveaubeständigkeit der Kalksteine zu erkennen. Vorher und nachher war die Diagenese stärker, wobei allerdings auch ein Wechsel der Stoffzufuhr die Ursache sein könnte.

Aber die petrographisch gleichartige Ausbildung des Plattenkalkes, der im Handstück häufig vom Tierbergkalk nicht zu unterscheiden ist, läßt diese Annahme hinfällig werden, besonders in Zusammenhang mit dem vielfachen Alternieren von Dolomit und Kalkstein in der Übergangszone und ihren anderen, schon erwähnten Erscheinungen.

Es sind auch keine Anzeichen bekannt, welche für eine Deutung der norischen Gesteine des bayrisch-nordtiroler Faziesbezirkes als Riffgesteine sprechen. In Riff- und ihren Begleitgesteinen konnten zwar verschiedentlich schon Foraminiferen nachgewiesen werden, z. B. hat HEINRICH¹ im karnischen Hallstätter Kalk des Feuerkogels bei Aussee größere Mengen festgestellt und in ebensolchem Kalkstein von Zill bei Hallein, sowie in norischen Kalksteinen des Hochkönigs und Reitersteinberges wurden Foraminiferen gefunden². Da auch rezente Riffe großen Anteil an Foraminiferen haben, läßt sich positiv aus ihrem Auftreten in den norischen Gesteinen nichts entnehmen. Dagegen deutet das Fehlen von Riffstruktur im Hauptdolomit auf die von Riffsedimenten verschiedene Entstehung der norischen Sedimente von Bayern-Nordtirol hin.

Ein weiterer Beweis gegen die Riffbildung dürfte auch in dem Fehlen der sog. Großoolith-Strukturen zu sehen sein. Im I. Teil dieser Beiträge habe ich erneut auf das Auftreten dieser Strukturen in allen Riffgesteinen der nord- (und süd-) alpinen Trias und auf ihre Bedeutung als Leitformen von Riffgesteinen hingewiesen, so daß die Abwesenheit solcher Bildungen auch die andersartige Entstehung von Sedimenten anzeigen dürfte.

Allerdings sind die Untersuchungen innerhalb der bis über 1000 m Mächtigkeit erreichenden Gesteinsmasse noch zu spärlich,

¹ Untersuchungen über die Mikrofauna des Hallstätter Kalkes. Verh. öst. geol. Reichsanstalt 1913.

² LEUCHS und UDLUFT, Entstehung und Bedeutung roter Kalke der Berchtesgadener Alpen. Senckenbergiana. 8. 1926.

um das Fehlen von Riffstruktur sicher behaupten zu können. Da aber die norischen Gesteine des östlich angrenzenden Berchtesgaden-Salzburger Faziesbezirkes heute noch vielfach sehr deutlich die Riffstruktur erkennen lassen, ist es höchstwahrscheinlich, daß im bayrisch-nordtiroler Bezirke keine Riffsedimentation stattfand. Schon früher wurde der östliche Faziesbezirk als Hauptriffgebiet angesehen, in dem größtenteils von der anisischen bis in die rhätische Zeit durchwegs Riffbildung erfolgte (Ramsaudolomit — Dachsteinkalk). Im Westen dagegen ist sie im wesentlichen auf die ladinische Zeit (Wettersteinkalk) beschränkt, setzt erst teilweise wieder im oberen Rhät ein (Oberrhätkalk) und verschwindet in beiden Faziesbezirken fast überall (Ausnahme: Sonnwendgebirge) vor der Liaszeit.

So lassen sich durch die Funde von Foraminiferen im Hauptdolomit und Tierbergkalk eine Reihe von Ergebnissen erzielen, die zwar wegen der Spärlichkeit im Verhältnis zur Gesamtmächtigkeit der Schichten, noch keine völlige Sicherheit über die Bildungsart dieser Gesteine geben, aber doch schon mit sehr großer Wahrscheinlichkeit auf ihre ursprüngliche Kalkschlicknatur hinweisen¹.

Damit erhebt sich die Frage nach der Bildungstiefe dieser Sedimente. Wenn natürlich auch die Funde nicht ausreichend sind zu sicherer Lösung, so dürften sich doch zusammen mit den anderen Eigenschaften der norischen Stufe schon einige Tatsachen ergeben, die einer Lösung näher bringen.

In erster Linie verweise ich hier auf die Seefelder Bitumen-Mergel. Sie liegen bei Seefeld in der oberen Abteilung des Hauptdolomites in größerer Zahl als eingelagerte Schichten. Wenn sie, wie DEECKE² annimmt, die Sedimente seichter Buchten darstellen, ergibt sich daraus öftere, wiederholte Seichtwasserablagerung im oberen Hauptdolomit. Da aber auch in der unteren Abteilung, wenn auch weniger mächtig und aushaltend, Einschaltung von stark bituminösen Kalksteinen und Asphaltmergeln vorhanden ist, waren die Ablagerungsbedingungen während der ganzen Hauptdolomitzeit keinen größeren Änderungen unterworfen.

¹ In „Bayrische Alpen“ S. 281 wurde für den Hauptdolomit noch Möglichkeit primärer Riffbildung zugelassen. Durch die vorliegenden Untersuchungen dürfte indessen dies als unzulässig erwiesen sein. Auch der starke Bitumengehalt spricht gegen Riffsediment.

² Dies. Jahrb. 1913. II.

Der häufige Wechsel der Gesteinsausbildung zusammen mit der örtlich starken Unregelmäßigkeit dieses Wechsels, wohl auch der durchgängige starke Bitumengehalt sprechen dafür, im Hauptdolomit die Ablagerungen eines im ganzen seichten, gelegentlich, örtlich und zeitlich, noch flacheren und teilweise unter stärkeren Einfluß des Landes (Pflanzenreste bei Adneth in den Mergeln) geratenen Meeresbeckens zu sehen.

Wie die Fischreste und der Bitumengehalt des Plattenkalkes beweisen, gilt das auch für die obernorische Zeit, besonders bei Berücksichtigung des Fehlens von Plattenkalk in manchen Gebieten, in denen also die Sedimentationsbedingungen des Hauptdolomites ohne jede Änderung andauerten. Und ebenso beweist das die petrographische Gleichheit von Plattenkalk und manchen Kalklagen im Hauptdolomit (Tierbergkalk z. T.).

Hier sei auch auf die jetzt noch deutlicher als früher zu erkennende genetische Gleichartigkeit des Tierbergkalkes und Plattenkalkes aufmerksam gemacht, woraus sich eine weitere Stütze der Zuteilung des Tierbergkalkes zur norischen Stufe ergibt, wie schon 1921 angenommen wurde, ebenso auch des Plattenkalkes.

Im Osten wies SPENGLER¹ an zwei Orten kleine Kohlenflöze im Hauptdolomit und den Übergang von Hauptdolomit und Plattenkalk zu Dachsteindolomit und -kalk durch Abnahme der terrigenen Trübung nach.

Damit ist ausgesprochen und durch die Kohlenflöze ist erwiesen, daß chersogene Komponenten bei der Bildung des Hauptdolomites, wenn auch in wechselnder Stärke, beteiligt sind. Für Entstehung der Gesteine in größerer Tiefe haben sich dagegen bis heute noch keinerlei Beweise auffinden lassen.

Aus den Foraminiferen lassen sich wegen ihrer schlechten Erhaltung keine Schlüsse ziehen bezüglich der Bildungstiefe der Sedimente. Wahrscheinlich sind sie aber ebenso wie die aus den Riffgesteinen angeführten Reste in geringen Tiefen sedimentiert, so daß ihr Auftreten in diesen Gesteinen nicht zur Annahme größerer Bildungstiefe nötigt und die überzeugende Kraft der anderen Kennzeichen, wozu auch der starke Bitumengehalt der Gesteine gehört, in keiner Weise vermindern kann.

Wichtig ist auch, wie schon früher erwähnt wurde, die Flach-

¹ Ein geologischer Querschnitt durch die Kalkalpen des Salzkammergutes. Mitt. Wiener Geol. Ges. 11. 1918.

wasserfazies der liegenden und hangenden Stufe (karnisch und rhätisch), die ebenfalls gegen eine starke Vertiefung des Meeresbeckens in der norischen Zeit spricht.

So führen alle Beobachtungen und Folgerungen zu der Annahme einer Flachwasserbildung auch für die norischen Sedimente, unter Ausschluß der Riffbildung, im bayrisch-nordtiroler Faziesbezirke, sowie zur Annahme teilweiser diagenetischer Dolomitisierung.

Geringe Bildungstiefe hat auch SANDER¹ schon für die Bitumenmergel angenommen. Er wies auch neben dem von Kleinfauen und Pflanzen stammenden Bitumen als weitere organische Bestandteile Kohlensubstanz nach. Deshalb bezeichnet er die Bitumenmergel als typische Gebilde lagunärer Sedimentation in stehenden Gewässern mit rhythmischer Trübung und meist eintöniger, aber reichlicher Kleinfaua (Ostracoden, Foraminiferen), als Sapropelite. Die Feinschichtung der Bitumenmergel und die gesamte unregelmäßige Wechsellagerung solcher Sedimente mit den primär kalkigeren, also der Wechsel von kalkigeren und tonigeren Sedimenten ist nach SANDER Ausdruck der Rhythmik solcher Sedimente in küstennaher Flachsee.

So gelangte SANDER zu ähnlichen Ergebnissen bezüglich der Bitumenmergel. Wenn er weiter feststellt, daß gerade innerhalb dolomitischer Schichtreihen der Bitumengehalt mit Vorliebe an kalkige Schichten gebunden ist, die größeren bituminösen Reihen nicht nur kalkiger, sondern auch toniger sind als ihre Begleiter und die bituminösen Feinschichten wieder toniger sind als ihre kalkigen Begleiter, so erklärt sich, meines Erachtens, die fehlende Dolomitisierung dieser Schichten bzw. ihre unvollständige Dolomitisierung gerade durch ihren größeren Ton- und Bitumengehalt. Dadurch wurde in ihnen stärkere Diagenese in der Richtung der Dolomitisierung hintangehalten, zugleich geht daraus auch hervor, daß die primäre Verschiedenheit der norischen Sedimente noch geringer war als heute und lediglich durch den wechselnd starken Bitumen- und Tongehalt die ungleiche Dolomitisierung hervorgebracht wurde.

So ergeben sich auch auf diesem Wege weitere Anzeichen für die Flachwasserfazies der norischen Sedimente des bayrisch-nordtiroler Gebietes.

¹ Über bituminöse Mergel. Jahrb. öst. g. Bundesanst. 71. 1921.

Erklärung der Abbildungen Tafel XXV—XXXV.

Taf. XXV.

- Abb. 1 a und b. Großoolith im Wettersteinkalk, Sonneck im Kaisergebirge. Nat. Größe.
„ 2. Großoolith im Wettersteinkalk, Hoher Winkel im Kaisergebirge. Vergr. 2 ×.

Taf. XXVI.

- Abb. 3 a und b. Großoolith im Wettersteinkalk, Leitersteig im Karwendelgebirge. Vergr. 2 ×. Beide Stücke zeigen Durchschnitte durch den Großoolith, ein schmales Zwischenstück ist durch das Zerschneiden und Schleifen ausgefallen.

Taf. XXVII.

- Abb. 4. Großoolith im Wettersteinkalk, Heuberg (Unterinntal). Nat. Gr.
„ 5. Großoolith im Wettersteinkalk, Öchselweidschneid im Kaisergebirge. Nat. Gr.

Taf. XXVIII.

- Abb. 6. Großoolith im Wettersteinkalk, Hochglückkar im Karwendelgebirge. Vergr. 2 ×.
„ 7. Großoolith im untersten Wettersteinkalk, Kaisergebirge Südseite. Nat. Gr.

Taf. XXIX.

- Abb. 8. Ramsadolomit mit Korallen und Großoolithen, Taghaube (Übergossene Alm). $\frac{2}{3}$ nat. Gr.
„ 9. Zertrümmerter Dachsteinkalk mit Großoolithen, Schönfeldspitze im Steinernen Meer. Vergr. 2 ×.

Taf. XXX.

- Abb. 10. Zertrümmerter Dachsteinkalk mit „schwimmenden Scherben“, Breithorn im Steinernen Meer. Die dunkleren Teile sind graue, gelbe und rote Kalkbrocken und -fetzen. Nat. Gr.
„ 11. Breccie im Dachsteinkalk mit großoolithischer Füllmasse, Teufelslöcher am Hochkönig. Nat. Gr.

Taf. XXXI.

- Abb. 12. Oberrhätischer Riffkalk des Sonwendgebirges mit roten Kalkbrocken und Großoolithen. $\frac{2}{3}$ nat. Gr.
„ 13. Großoolithische Spaltenfüllung im oberen Wettersteinkalk, Zugspitzplatt, Wettersteingebirge. $\frac{9}{10}$ nat. Gr.

Taf. XXXII.

- Abb. 14 a und b. Rhätischer Dachsteinkalk des Breithorns im Steinernen Meer. $\frac{1}{2}$ nat. Gr. Umlagerung roter Kalke in das Riff. Calcitlagen zwischen grauem und rotem Kalk.
- „ 14 b zeigt die Verhältnisse im Querschnitt (rechte Seitenwand von 14 a).
- „ 15. Rhätischer Dachsteinkalk des Breithorns im Steinernen Meer. Calcitlagen zwischen roten und gelbgrünen Kalkschichten. Calcitlinse mit Kern von rotem Kalk. Nat. Gr.

Taf. XXXIII.

- Abb. 16 a und b. Rhätischer Dachsteinkalk vom Breithorn im Steinernen Meer. Das größere Stück ist Breccie aus grauem und rotem Kalk, Zwischenräume mit Calcitlagen ausgefüllt, das kleinere Stück zeigt spätere Ausfüllung einer Druse aus Calcitlagen mit rotem Kalk. Nat. Gr.
- „ 17. Diploporenbank im Wettersteinkalk, oberhalb Ehrwalder Alm (Wettersteingebirge). Lagenförmige Calcitfüllung von Hohlräumen. Vergr. $2 \times$.

Taf. XXXIV.

- Abb. 18. Oberrhätischer Riffkalk mit Hohlraum, der mit geschichtetem rotem (und grauem) Kalk ausgefüllt ist. Steinplatte in der Kammerkergruppe. Die im Text beschriebenen großoolithischen Bildungen an der Unterseite des Hohlraumes sind nur undeutlich sichtbar. Das kleine Stück rechts zeigt die Schichten der Füllmasse im Anschliff. $\frac{1}{2}$ nat. Gr.
- „ 19. Rhätischer Dachsteinkalk, Hochalm am Hochkalter. Hohlraumfüllung aus rotem Kalk mit Brut von *Rhynchonellina iuvavica*. Nat. Gr.
- „ 20. Oberer Wettersteinkalk mit zertrümmerten Dolomitlagen. Große Arnspitze bei Mittenwald. $\frac{2}{10}$ nat. Gr.

Taf. XXXV.

- Abb. 21. Oberer Wettersteinkalk mit zertrümmerten Dolomitlagen. Große Arnspitze bei Mittenwald. Nat. Gr.
- „ 22. Oberer Wettersteinkalk, Wangalm im Wettersteingebirge. Breccie aus Kalkstein und Dolomit, Füllmasse aus Kalkspat und Pyrit. Nat. Gr.
- „ 23. Ramsaudolomit mit Wechsellagerung von hellen und dunklen Schichten. Südseite des Hochkönig. Nat. Gr.
-

Tafelerklärung.

Taf. XXXVI.

- Abb. 1. Breccienbank im Hauptdolomit, Lechbett bei Füssen. $\frac{3}{4}$ nat. Größe.
„ 2. Hauptdolomit mit diskordanter Paralleltextrur, östl. Krottenkopfscharte, Allgäu. $\frac{3}{4}$ nat. Größe.
„ 3. Plattenkalk mit Fließtextur und eingeschwemmtten Kalkbrocken. Eiberger Becken, Kaisergebirge. $\frac{4}{5}$ nat. Größe.
„ 4. Hauptdolomit mit welligen Lagen unregelmäßiger Schichten. Samspitze, Lechtaler Alpen. $\frac{4}{5}$ nat. Größe. Die Foraminiferen sind makroskopisch nicht sichtbar, das Stück wird abgebildet, um die Art des Gesteins im polierten und angewitterten Zustand zu zeigen.
„ 5. Plattenkalk-Schalenbreccie mit Kalkbrocken. Hinteres Sonnwendjoch, südwestlich des Gipfels. $\frac{4}{5}$ nat. Größe.
-

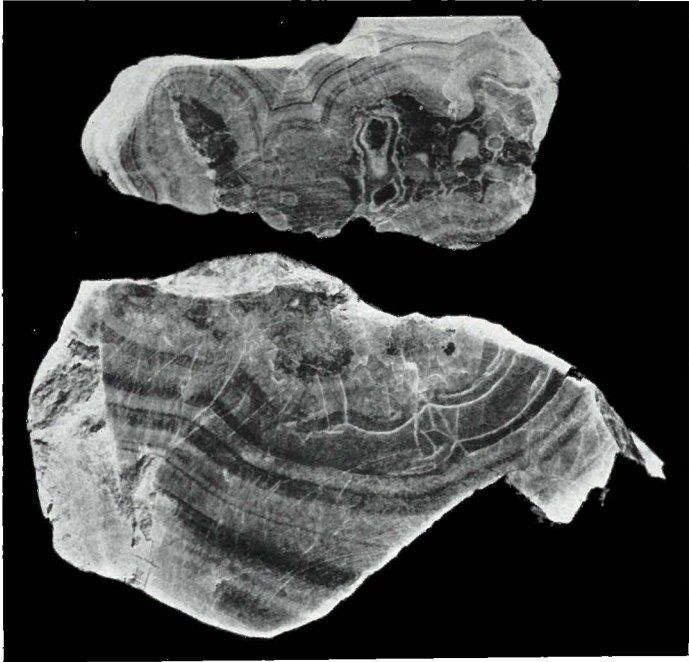


Abb. 1 a. b.

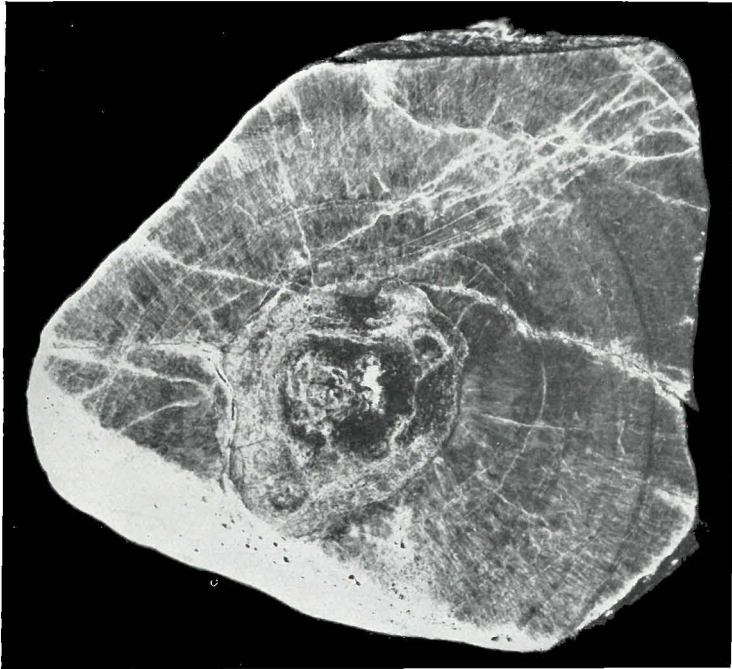


Abb. 2.

K. Leuchs: Beobachtungen an Riffgesteinen der nordalpinen Trias.

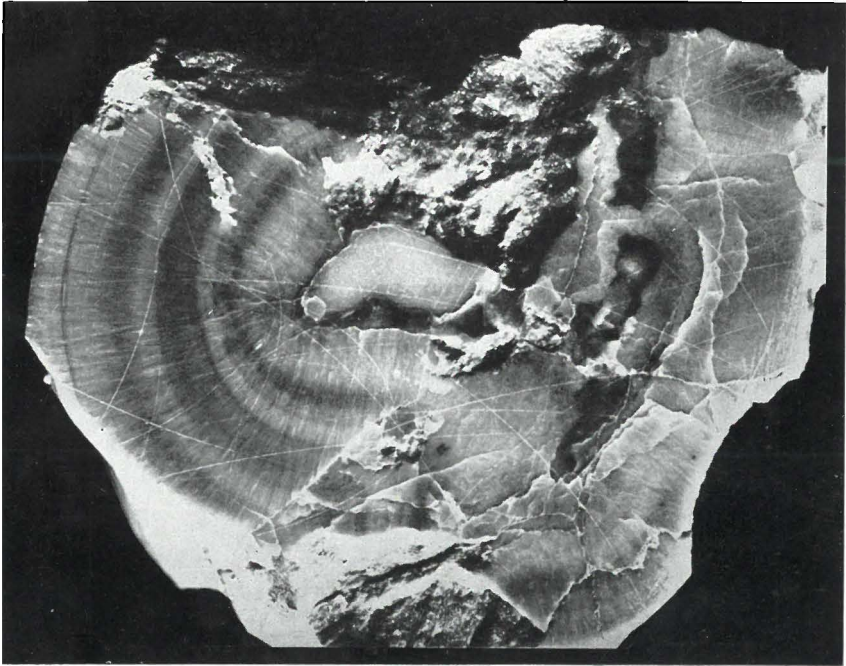


Abb. 3 b.

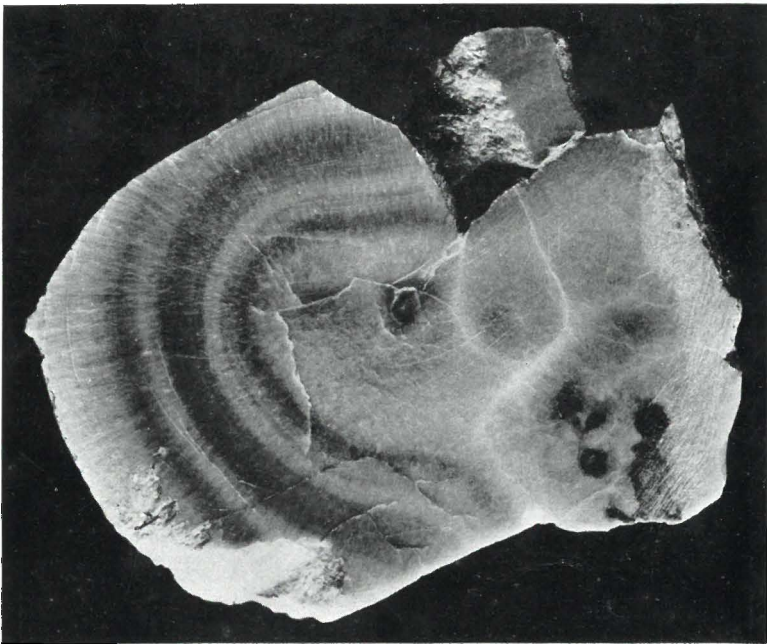


Abb. 3 a.

K. Leuchs: Beobachtungen an Riffgesteinen der nordalpinen Trias.

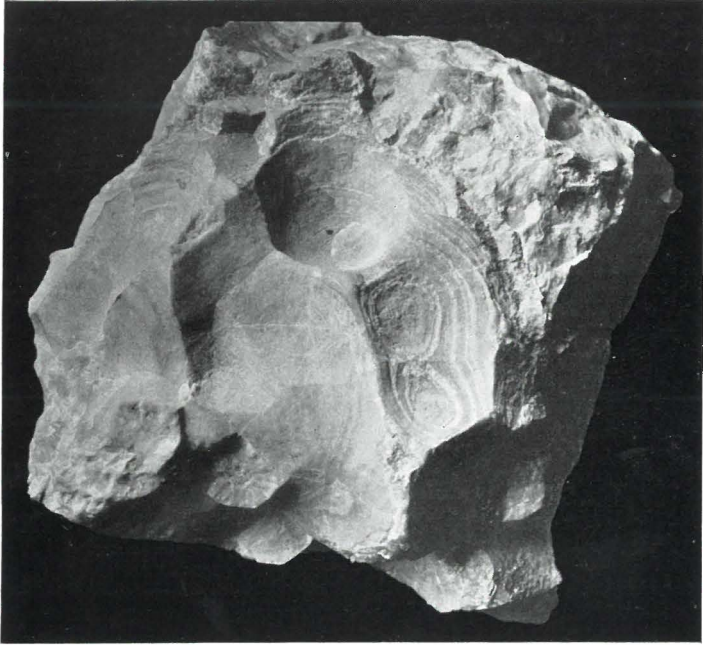


Abb. 4.

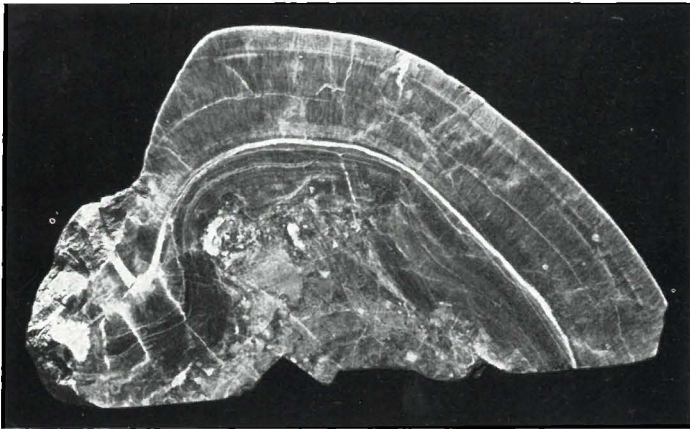


Abb. 5.

K. Leuchs: Beobachtungen an Riffgesteinen der nordalpinen Trias.



Abb. 6.

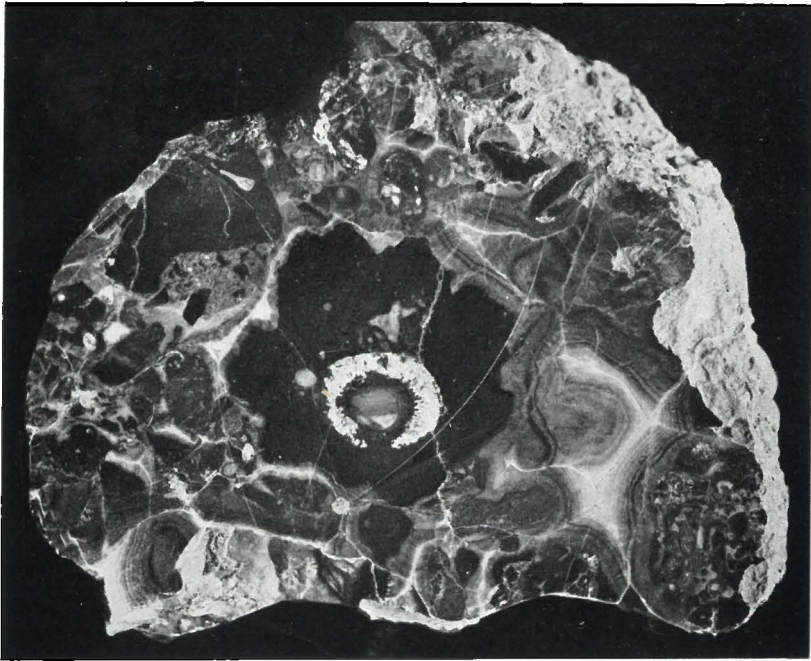


Abb. 7.

K. Leuchs: Beobachtungen an Riffgesteinen der nordalpinen Trias.

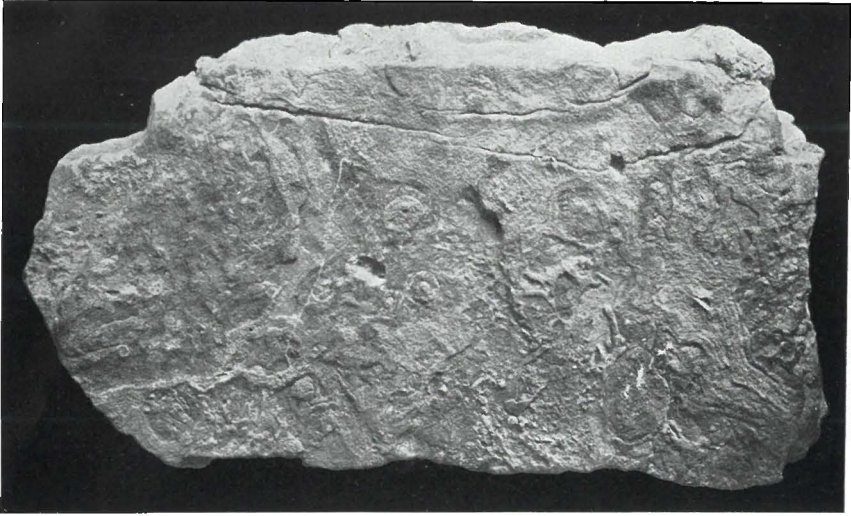


Abb. 8.

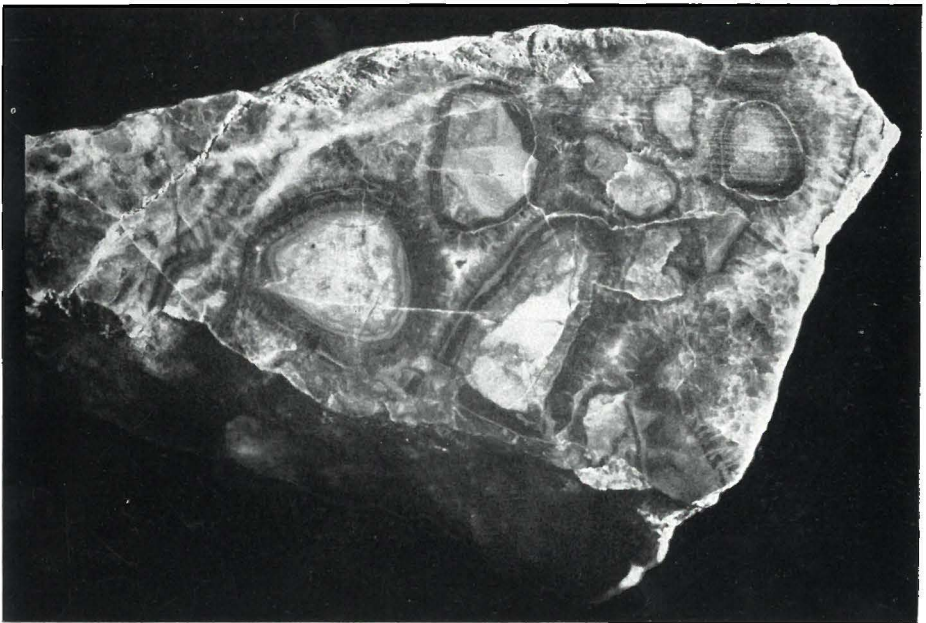


Abb. 9.

K. Leuchs: Beobachtungen an Riffgesteinen der nordalpinen Trias.



Abb. 10.

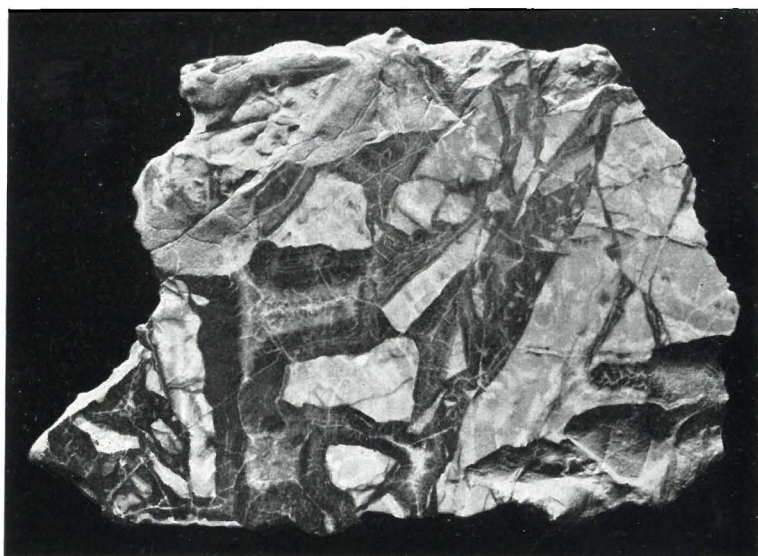


Abb. 11.

K. Leuchs: Beobachtungen an Riffgesteinen der nordalpinen Trias.

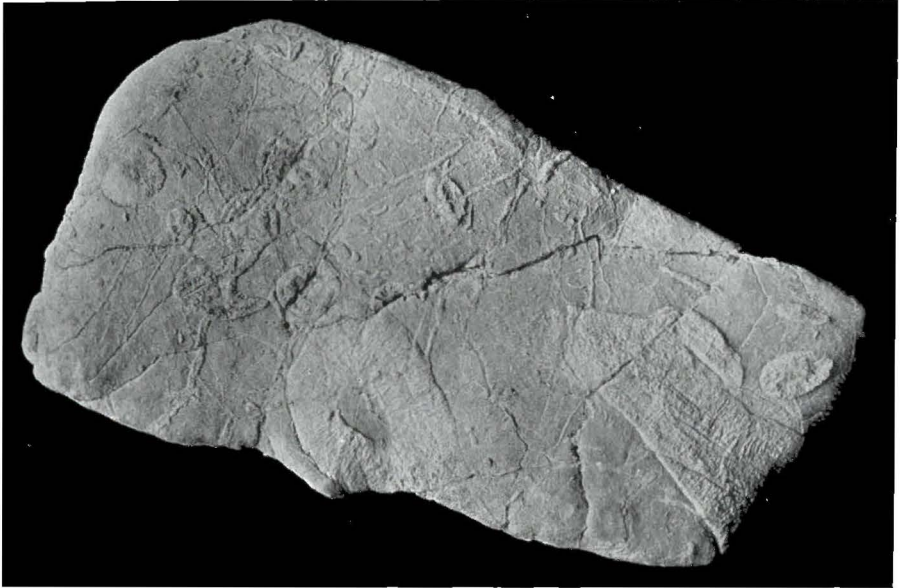


Abb. 12.



Abb. 13.

K. Leuchs: Beobachtungen an Riffgesteinen der nordalpinen Trias.

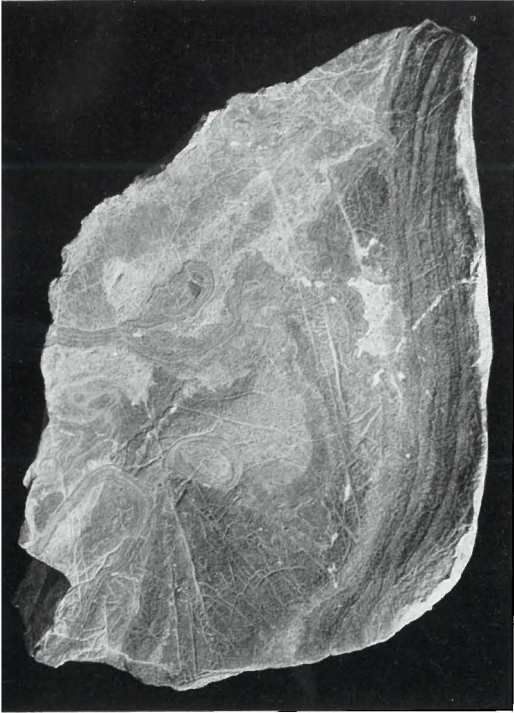


Abb. 14 a.



Abb. 14 b.

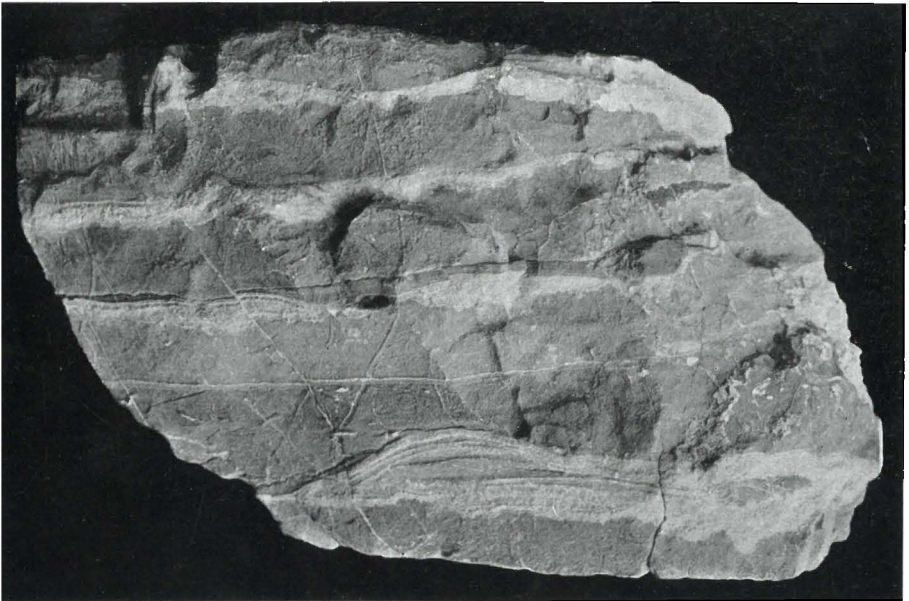


Abb. 15.

K. Leuchs: Beobachtungen an Riffgesteinen der nordalpinen Trias.

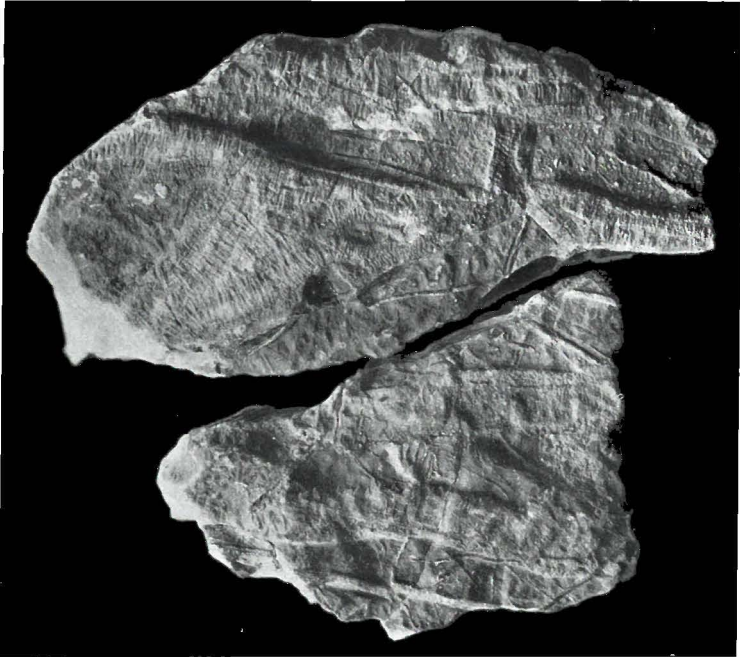


Abb. 16 a, b.

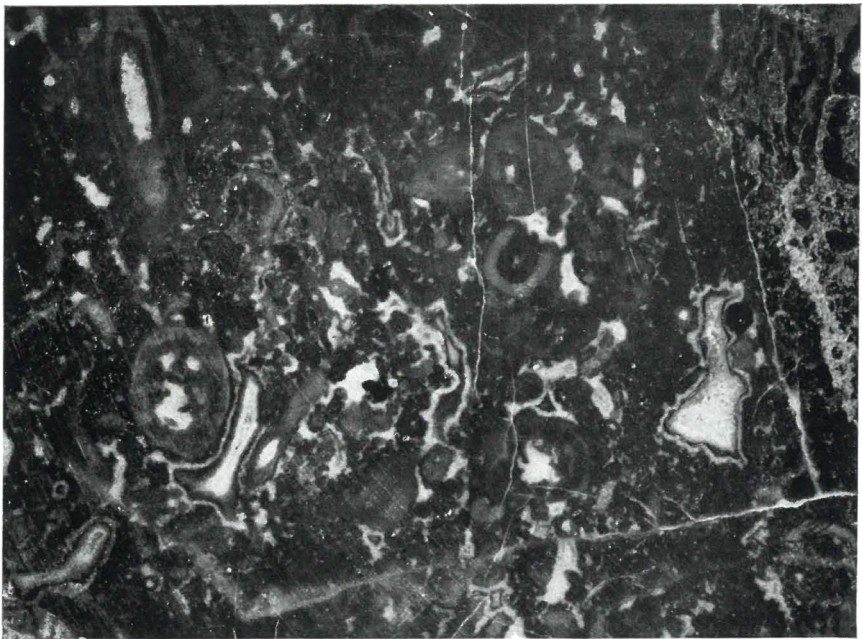


Abb. 17.

K. Leuchs: Beobachtungen an Riffgesteinen der nordalpinen Trias.

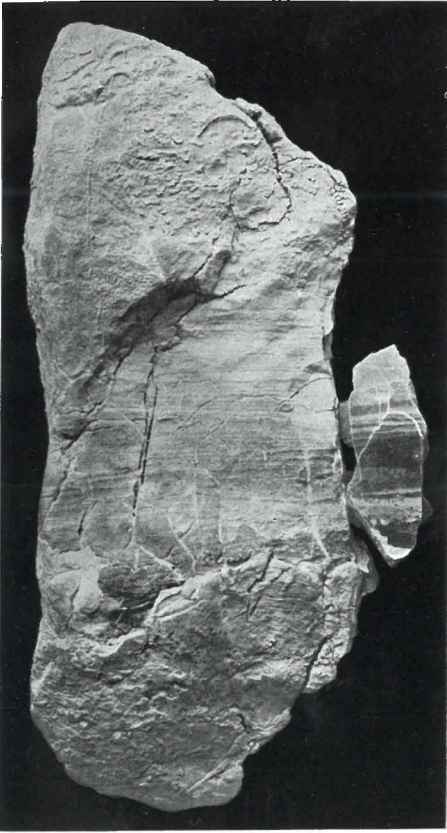


Abb. 19.

Abb. 18.

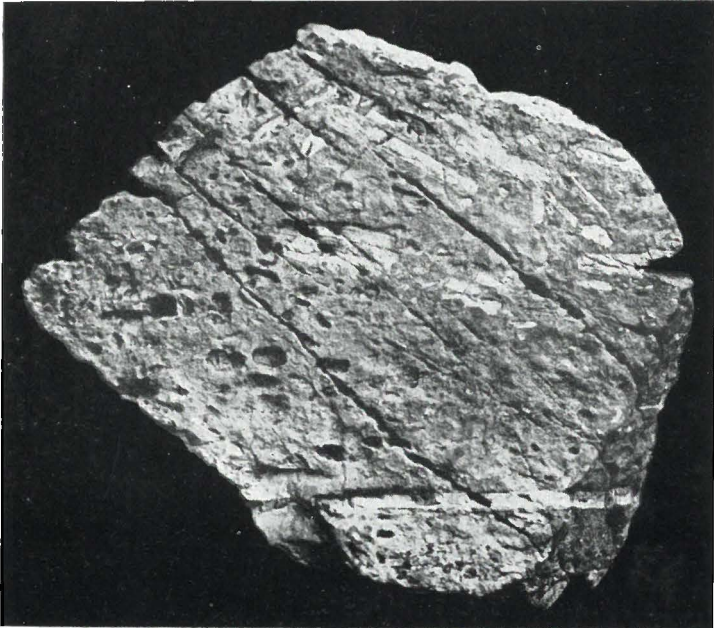


Abb. 20.



Abb. 21.



Abb. 22.

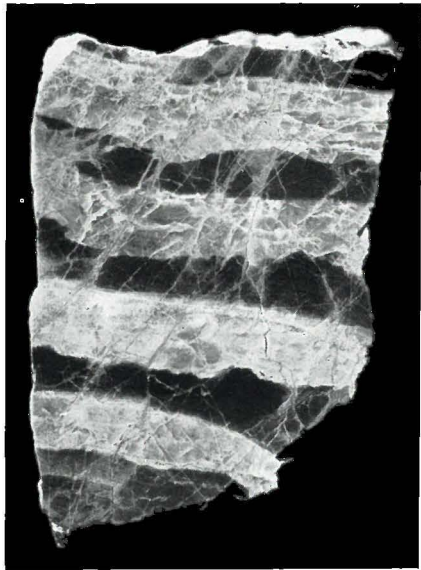


Abb. 23.

K. Leuchs: Beobachtungen an Riffgesteinen der nordalpinen Trias.

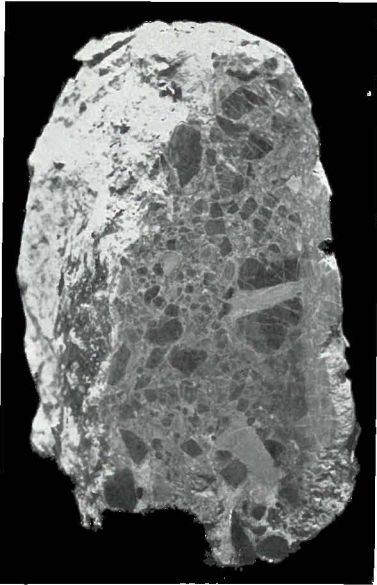


Abb. 1.

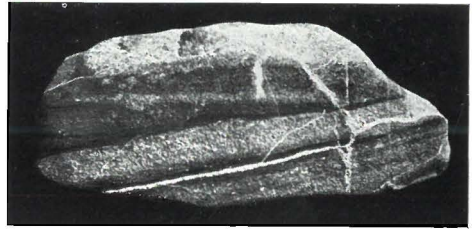


Abb. 2.

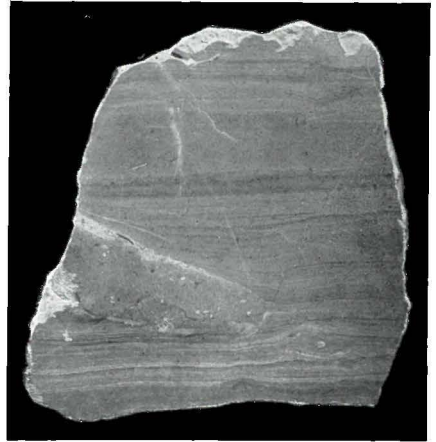


Abb. 3.



Abb. 4.

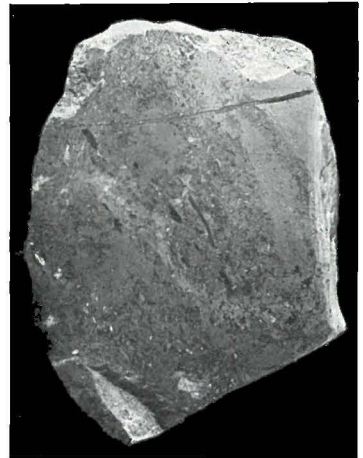


Abb. 5.

K. Leuchs: Gesteinsausbildung und Fossilien in der bayrisch-nordtiroler Fazies der norischen Trias.